

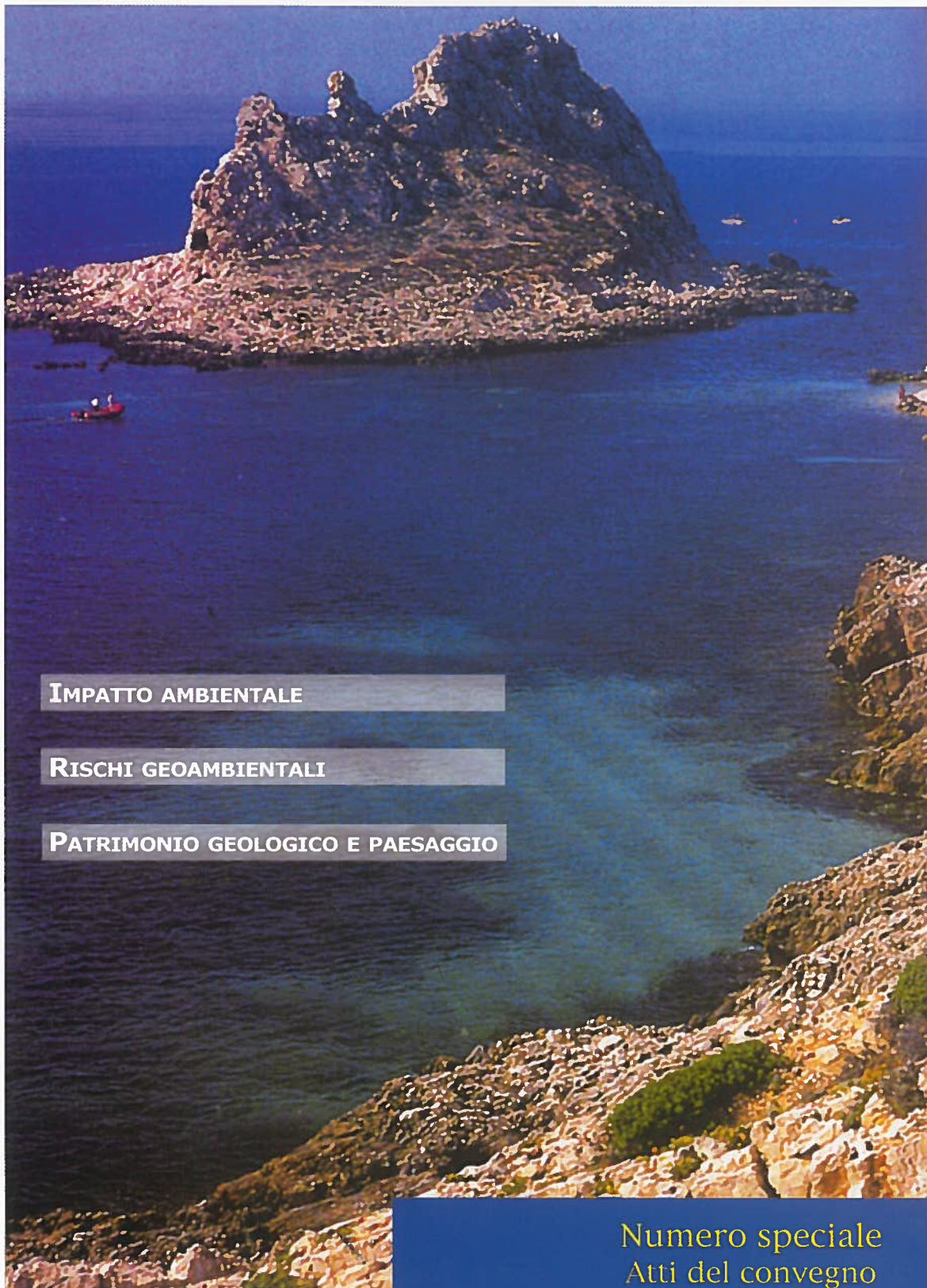
Geologia

1 / 2003

Periodico della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale
ISSN 1591-5352



dell' Ambiente



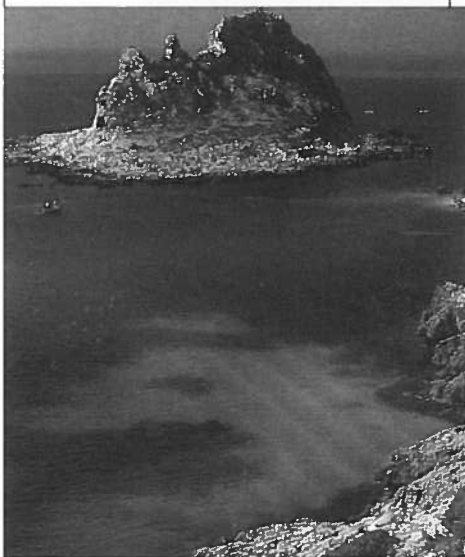
IMPATTO AMBIENTALE

RISCHI GEOAMBIENTALI

PATRIMONIO GEOLOGICO E PAESAGGIO

Numero speciale
Atti del convegno

**"LA GEOLOGIA AMBIENTALE
STRATEGIE PER IL NUOVO MILLENNIO"**



Comitato Scientifico

Giancarlo Bortolami, Francesco Biondi,
Aldo Brondi, Felice Di Gregorio,
Giuseppe Gisotti, Giancarlo Guado,
Raniero Massoli Novelli, Giancarlo Poli

Comitato di redazione

Giorgio Cardinali, Giovanni Conte,
Maria Luisa Felici, Paola Mauri,
Elisabetta Santangeli

Direttore Responsabile

Giuseppe Gisotti

Capo Redattore

Maria Luisa Felici

Redazione

SIGEA: tel. 06.5943344
fax 06.8845960

Casella Postale 15244 (00143) - Roma

E-mail: info@sigea.org

<http://www.sigea.org>

Progetto grafico e composizione

LA SINTESI S.r.l.

Pubblicità

LA SINTESI S.r.l.

Piazzale Roberto Ardigo, 31 - 00142 ROMA

tel. 06.5406964 - fax 06.233239783

E-mail: la-sintesi@la-sintesi.it

Stampa

Finito di stampare nel mese di Aprile 2003

presso Rotostampa Società Grafica S.r.l.

Via Tiberio Imperatore 23 - Roma

Abbonamento annuale € 26,00

Chiunque voglia contribuire ai prossimi
numeri, è pregato di inviare il testo nei
formati WinWord non formattato.

Le immagini vanno inviate in un file a parte
in formato Bmp, Tif, Jpg.

Tali documenti possono essere inviati tramite
dischetto o e-mail.

NOTE INTRODUTTIVE

- GIUSEPPE GISOTTI
- 9 LA GEOLOGIA AMBIENTALE. STRATEGIE PER IL NUOVO MILLENNIO
- BRUNO AGRICOLA, SALVATORE COSTABILE,
MATTEO FACCIORUSSO, ANTONIO VENDITTI
- 15 IL SISTEMA CARTOGRAFICO DI RIFERIMENTO,
UNO STRUMENTO DI SUPPORTO ALLA GEOLOGIA
AMBIENTALE
- GAIA PALLOTTINO
- 17 LA DIFESA DELLA NATURA IN ITALIA:
IL CONTRIBUTO DI ITALIA NOSTRA

IMPATTO AMBIENTALE: RELAZIONI

- MARINO ASTORRI, CLAUDIO ZOCCATELLI
- 19 LE MIGLIORI TECNOLOGIE DISPONIBILI APPLICATE
ALLA SALVAGUARDIA AMBIENTALE IN ATTIVITÀ DI
RICERCA E PRODUZIONE DI IDROCARBURI
- GIOVANNI PIETRO BERETTA
- 28 LA BONIFICA DEI SITI INQUINATI. IL CONTRIBUTO
DELLE SCIENZE DELLA TERRA
- SERGIO MALCEVSCI
- 45 LO STATO DELL'ARTE E LE PROSPETTIVE
DELLA VIA E DELLA VAS
- CLAUDIO GAMBELLI
- 48 LA RETE FERROVIARIA AD ALTA CAPACITÀ BOLOGNA-
FIRENZE: PROBLEMATICHE AMBIENTALI
- STEFANO COPPO
- 54 IMPATTO AMBIENTALE DELLE OPERE DI DIFESA
COSTIERA

IMPATTO AMBIENTALE: INTERVENTI

- ALDINO BONDESAN, V. FABBRO, V. ARDONE
- 57 L'EVOLUZIONE DEL RIPASCIMENTO ARTIFICIALE
DEL LITORALE DI PELLESTRINA. ANALISI DELLA
VARIAZIONE GRANULOMETRICA DELLE SABBIE
CONSEQUENTE L'INTERVENTO
- GIOVANNI BRAGA R. MARCHETTI, C. MELONI, GIORGIO PILLA
- 63 INDAGINI ISOTOPICHE PER LA DETERMINAZIONE
DELL'ORIGINE DI METANO NEI DINTORNI DI UNA
DISCARICA DI RSU
- ALBERTO DONI, LUCA RANFAGNI, STEFANO ROSSI
- 68 SCHEMA PROCEDURALE PER LA PREVISIONE E IL
MONITORAGGIO DEGLI IMPATTI SULLE RISORSE
IDRICHE SOTTERRANEE NELLA COSTRUZIONE DI

Foto di copertina: Isole Egadi (Sicilia): "faraglione di levanzo" foto di Alfio Garozzo

Numero speciale
Atti del convegno
"LA GEOLOGIA AMBIENTALE
STRATEGIE PER IL NUOVO MILLENNIO"

GALLERIE

- PIERO DE BONIS, FILIPPO ONORI
72 USO DEL SUOLO DEL BACINO DEL RIO GRAGNANO
(GOLFO DI NAPOLI)
GREGORIO PALUMBO
75 RECUPERO GEOAMBIENTALE DI UNA CAVA A FOSSA DI
PIROCLASTITI FLEGREE.
IDA REPOLA, LOREDANA PESIRI
81 VIA L'EOLICO NEL FORTORE

RISCHI GEOAMBIENTALI: RELAZIONI

- UBERTO CRESCENTI
84 IL DISSESTO IDROGEOLOGICO IN ITALIA
VINCENZO FERRARA
90 CAMBIAMENTI CLIMATICI. EVOLUZIONE, IMPATTI E
STRATEGIE DI RISPOSTA
GIOVANNI ORSI, SANDRO DE VITA, MAURO DI VITO, ROBERTO ISAIA
102 IL RISCHIO VULCANICO
MARINO TRIMBOLI
109 RISCHI E PATRIMONIO CULTURALE

RISCHI GEOAMBIENTALI: INTERVENTI

- ALFONSO BELLINI, GABRIELLA MINERVINI
110 RIMEDI NEI CONFRONTI DI UN IMPATTO INEVITABILE.
UN CASO RELATIVO AL PROGETTO DEL TERZO VALICO
FERROVIARIO
ALDINO BONDESAN, CECCATO R., FACCO F.,
FERRARESE F., ISNENGI E., CHIARA LEVORATO,
MOZZI P., RONCHITELLI NORBERTO G., VIO R.
113 MODELLI D'ELEVAZIONE DEL TERRENO PER LA
DEFINIZIONE DI CARTE DEL RISCHIO IDRAULICO:
UN ESEMPIO NELLA BASSA PIANURA PADOVANA
ROMOLO DI FRANCESCO, GIANNI SCALELLA
117 GEOSITI IN AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO.
IL CASO DI FAIETO NEL COMUNE DI CORTINO (TE)
L. ISELLA, E. D'ALEMA, G. FERRETTI, S. SOLARINO,
D. SPALLAROSSA, CLAUDIO EVA
122 STUDI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE IN VALLE
ARGENTINA (LIGURIA)

Numero speciale
Atti del convegno
**"LA GEOLOGIA AMBIENTALE
STRATEGIE PER IL NUOVO MILLENNIO"**

- 128 LUCA DONATI, MARIA CHIARA TURRINI
NUOVO METODO DI COSTRUZIONE DELLA CARTA DELLA SUSCETTIVITÀ ALLE FRANE. L'ESEMPIO DELLA VALNERINA (PERUGIA)
- 133 CARLO CATTUTO, LUCILIA GREGORI, LAURA MELELLI, A. TARAMELLI
IL RISCHIO DA COLATE DETRITICHE LUNGO LE VALLI INTERMONTANE DELLA CATENA APPENNINICA MERIDIONALE UMBRA
- 138 CLAUDIA MEISINA
STUDIO GEOLOGICO-TECNICO DI TERRENI ARGILLOSI PER LA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ AL RITIRO-RIGONFIAMENTO
- 143 MARTA GIACALONE, B. SCORZA
RISCHIO AMBIENTALE E GESTIONE INTEGRATA DELLE AREE COSTIERE
- 146 ADALISA TALLARICO, GIOVANNI FALCONE
VARIAZIONI SPAZIALI E TEMPORALI DELLA CONCENTRAZIONE DI GAS RADON NEI SUOLI IN RELAZIONE ALLE MAGGIORI DISCONTINUITÀ TETTONICHE ED AGLI EVENTI SISMICI
- 149 S. CASELLA, R. RASÀ, A. TRIPODO, L. VILLARI
PROTOCOLLO REALIZZATIVO DI UNA CARTA DELLA SUSCETTIVITÀ ALL'INVASIONE LAVICA NEL BASSO VERSANTE ORIENTALE DELL'ETNA

**PATRIMONIO GEOLOGICO E
PAESAGGIO: RELAZIONI**

- 154 MYRIAM D'ANDREA, M. DI LEGINIO
PROGETTO "CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO GEOLOGICO ITALIANO". I CENSIMENTI SUI SITI DI INTERESSE GEOLOGICO IN ITALIA, AGGIORNAMENTO A DICEMBRE 2002
- 164 ANNALISIA MANIGLIO
PROPOSTE OPERATIVE PER IL PAESAGGIO: CONTRIBUTO ALL'APPLICAZIONE DELLE POLITICHE EUROPEE PER IL PAESAGGIO
- 167 RANIERO MASSOLI-NOVELLI
GEOSITI, GEOTURISMO E SVILUPPO SOSTENIBILE
- 171 MARIO PANIZZA, SANDRA PIACENTE
I GEOMORFOSITI TRA RICERCA SCIENTIFICA, INTEGRAZIONE CULTURALE E ISPIRAZIONE ARTISTICA
- 174 GIANCARLO POLI, M. BINI
GEOSITI: UN LABORATORIO DI COMUNICAZIONE E VALORIZZAZIONE

Numero speciale
Atti del convegno
"LA GEOLOGIA AMBIENTALE
STRATEGIE PER IL NUOVO MILLENNIO"

**PATRIMONIO GEOLOGICO E
PAESAGGIO: INTERVENTI**

- 177 BEATRICE BARILLARO
I GEOSITI NELLE AREE MARINE PROTETTE ITALIANE.
VALORIZZAZIONE, SALVAGUARDIA ED OPPORTUNITA'
TURISTICO-EDUCATIVE PER UNA "GESTIONE
CONSAPEVOLE".
- ALDINO BONDESAN, ALESSANDRO FONTANA,
MIRCO MENEGHEL, BARBARA BERTANI, GIANCARLO BIOTTO,
PAOLA FURLANETTO, SANDRA PRIMON
- 184 CARTOGRAFIA, GIS E PALEOAMBIENTE:
LA CARTA DELLA FOTOINTERPRETAZIONE E DEI SITI
ARCHEOLOGICI DELLA PROVINCIA DI VENEZIA TRA I
FIUMI LIVENZA E TAGLIAMENTO
- ELISABETTA BENEDETTI, RICCARDO DESSI,
FRANCESCO MUNTONI, GIAN LUIGI PILLOLA
- 188 IL BACINO CARBONIFERO DI SAN GIORGIO
(SARDEGNA SUD-OCCIDENTALE). PROPOSTE DI
TUTELA E VALORIZZAZIONE
- JO DE WAELE, FELICE DI GREGORIO,
ROBERTO FOLLESA, GIUSEPPE PIRAS
- 192 I GEOSITI DELL'UOMO NEL PARCO GEOMINERARIO
STORICO AMBIENTALE DELLA SARDEGNA: ALCUNI
ESEMPI DEL SULCIS-IGLESIENTE (SARDEGNA SUD-
OCCIDENTALE)
- FELICE DI GREGORIO, MOHAMED TALBI, MARIA TERESA MELIS, GIUSEPPE
PIRAS, NABIL GASMI, ALBERTO MARINI, JO DE WAELE, ROBERTO
FOLLESA
- 198 PROGETTO DI RICERCA PER L'INVENTARIO, LA TUTELA
E LA VALORIZZAZIONE DEI GEOSITI IN AMBIENTE
ARIDO E SEMIARIDO NELLE REGIONI DI TOZEUR E DI
GAFSA (TUNISIA)
- P. FARABOLLINI, M. MATERAZZI, G. SCALELLA
- 204 I "VULCANELLI DI FANGO" DELLA REGIONE MARCHE:
PROPOSTE DI PERIMETRAZIONE, VALORIZZAZIONE,
CONSERVAZIONE E TUTELA DI AREE A RISCHIO DI
ESTINZIONE
- PIERO FARABOLLINI, M. MATERAZZI, GIANNI SCALELLA
- 208 L'AREA DEL MONTE DELL'ASCENSIONE (MARCHE
MERIDIONALI): UN GEOSITO DA TUTELARE E
VALORIZZARE
- ALFREDO BINI, ROSSANA GHIRINGHELLI, STEFANO GUSSONI,
LISA SACCHI, ANDREA STRINI
- 211 I GEOSITI NEL PIANO TERRITORIALE DI
COORDINAMENTO DELLA PROVINCIA DI MILANO

Numero speciale
Atti del convegno
"LA GEOLOGIA AMBIENTALE
STRATEGIE PER IL NUOVO MILLENNIO"

- 213 GIOVANNI C. LAVECCHIA, ROSANNA DI NARDO, T. MAGGI,
PATRIZIA MAGNOTTI, DARIO RIZZO, MARY WILLIAM
LA CONCA TETTONO-CARSICA DE "LA LAURA"
(APPENNINO MERIDIONALE): UN PATRIMONIO
GEOLOGICO E PAESAGGISTICO IN UN CONTESTO
AMBIENTALE DI NOTEVOLE PREGIO
- SILVESTRO LAZZARI
215 LA RABATANA DI TURSI: BORGO DI FIABA E GEOSITO
DI GRANDE FASCINO
- LUCILIA GREGORI, SILVIA RAPICETTA
220 IL CONTRIBUTO DELLA GEOLOGIA AMBIENTALE
NELLA LANDSCAPE ECOLOGY
- GIANCARLO GUADO
222 QUALI GEOSITI?



Società Italiana di Geologia Ambientale



Laboratorio di Geomorfologia Applicata
Dipartimento POLIS
Università degli Studi di Genova

CONVEGNO NAZIONALE - Genova, 27 - 29 giugno 2002

Aula "Edoardo Benvenuto"
Facoltà di Architettura, Genova

"LA GEOLOGIA AMBIENTALE: STRATEGIE PER IL NUOVO MILLENNIO"

La SIGEA, Società Italiana di Geologia Ambientale, associazione culturale senza fini di lucro, è nata nel 1992 allo scopo di promuovere il ruolo delle Scienze della Terra nella tutela dell'ambiente naturale e nell'uso sostenibile delle risorse del territorio. In occasione del decennale della sua fondazione, la SIGEA intende porre l'accento su alcune grandi sfide che ci attendono alle soglie del terzo millennio. Nell'ottica di uno sviluppo sostenibile e di una corretta pianificazione del territorio occorre quindi prepararsi, come società civile, come imprese, come pubblica amministrazione e come mondo tecnico-scientifico, a rivedere i modelli concettuali e fisico-matematici dei fenomeni intorno a noi e quindi, di conseguenza, le norme che ne derivano, al fine di poter gestire al meglio i cambiamenti.

COMITATO D'ONORE

Prof. Sandro Pontremoli Magnifico, Rettore dell'Università di Genova.
Prof. Annalisa Maniglio Calcagno, Preside della Facoltà di Architettura dell'Università di Genova
Prof. GianLuigi Ciotta, Direttore del Dipartimento POLIS dell'Università di Genova

COMITATO SCIENTIFICO ED ORGANIZZATORE

Dott. Giuseppe Gisotti (Presidente SIGEA)
Prof. Raniero Massoli Novelli (Vice-presidente SIGEA)
Prof. Gerardo Brancucci (Università di Genova - Consigliere Nazionale SIGEA)
Dott. Giancarlo Guado (Presidente Sez. Liguria-Lombardia-Piemonte-Valle d'Aosta)
Dott. Francesca Zarlenga (ENEA e ProGeo)
Dott. GianCarlo POLI (Regione Emilia Romagna)

CON IL PATROCINIO DI:

Università di Genova, Facoltà di Architettura, Dipartimento POLIS, ProGeo, Regione Liguria, Consiglio Nazionale dei Geologi., Ordine Regionale dei Geologi della Liguria.

SEGRETERIA ORGANIZZATIVA

Dipartimento POLIS Stradone S. Agostino, 37 16123 Genova
Tel. 0102095788 - Fax 0102095843
E-Mail convegno2002@sigea.org
<http://www.arch.unige.it/sla/geotopi/index.htm>

PROGRAMMA

MERCOLEDÌ 26 GIUGNO

15.00 Apertura segreteria - Registrazione Partecipanti

GIOVEDÌ 27 GIUGNO

ore
9.00 Registrazione Partecipanti - Caffè di benvenuto
10.30 Saluto Autorità - Prof. Sandro Pontremoli Magnifico, Rettore dell'Università di Genova. Prof. Annalisa Maniglio Calcagno, Preside della Facoltà di Architettura dell'Università di Genova. Prof. GianLuigi Ciotta, Direttore del Dipartimento POLIS dell'Università di Genova
Saluto del Presidente O. R. dei Geologi della Liguria - Dott. Agostino Ramella
11.00 La geologia ambientale: strategie per il nuovo millennio - Dr. Giuseppe Gisotti, Presidente SIGEA
11.30 La salvaguardia dell'ambiente in Italia - Gaia Pallottino, Segretario Generale di Italia Nostra

12.00 Il sistema cartografico informatizzato a supporto della geologia ambientale - Bruno Agricola, Direttore Generale, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio
12.30 Pausa Pranzo
Tema: **Impatto ambientale** Moderatore: Prof.ssa Maria Rosa Vittadini, Istituto Universitario di Architettura di Venezia
14.30 Lo stato dell'arte e le prospettive della VIA e della VAS - prof. Sergio Malcevschi, Università di Pavia, Presidente AAA
15.00 Le migliori tecnologie disponibili applicate nella salvaguardia ambientale in attività di ricerca e produzione di idrocarburi - dr. Marino Astorri, AGIP SpA
15.30 La bonifica dei siti inquinati - prof. Giovanni Pietro Beretta, Università di Milano
16.00 Impatto ambientale delle opere di difesa costiera - Dott. Stefano Coppo - Ufficio Ambiente Marino e Costiero - Regione Liguria
16.30 Le problematiche ambientali relative alla realizzazione della tratta A.C. Bologna Firenze - Ing. Claudio Gambelli, Italferr
17.00 Discussione
17.30 Pausa caffè
18.30 Visita guidata all'acquario di Genova

VENERDÌ 28 GIUGNO

Tema: **Rischi geambientali** Moderatore: Prof. Gerardo Brancucci, Univ. di Genova, Membro Consiglio Scientifico di ProGeo-Europa, Cons. Nazionale SIGEA

ore
9.30 Rischio idrogeologico in Italia - Prof. Uberto Crescenti, Presidente Soc. Geologica Italiana
10.00 Rischio Sismico - Prof. Claudio Eva, Univ. di Genova
10.30 Rischio Vulcanico - Prof. Giovanni Orsi, Osservatorio Vesuviano - I.N.G.V.
11.00 Pausa Caffè
11.30 Rischi e patrimonio culturale - Dr. Pietro De Paola, Presidente Consiglio Nazionale dei Geologi
12.00 Cambiamenti climatici: impatti e strategie di risposta - Dr. Vincenzo Ferrara, ENEA
12.30 Discussione
Pausa pranzo

Tema: **Patrimonio Geologico e Paesaggio** Moderatore: Dott. Francesco Zarlenga (ENEA -ProGeo)

ore
14.30 Concetti e metodi di ricerca sui geositi in Italia ed all'estero - Prof. Mario Panizza Università di Modena, Presidente dell'International Association of Geomorphologists

- 15.00 Proposte operative per il Paesaggio: contributo all'applicazione delle politiche europee - Prof. Annalisa Maniglio Calcagno, Preside Facoltà di Architettura di Genova
- 15.30 I censimenti dei beni geologici in Italia: stato dell'arte e prospettive - Dr.ssa Myriam D'Andrea, Servizio Geologico Nazionale
- 16.00 Geositi, Geoturismo e Sviluppo Sostenibile - Prof. Raniero Massoli-Novelli, Gruppo Lavoro Geositi SIGEA
- 16.30 Geositi. Un laboratorio di comunicazione e valorizzazione - Dr. Giancarlo Poli, Regione Emilia Romagna
- 17.00 Pausa Caffè
- 17.30 Tavola Rotonda

sunto del poster che intendono presentare.
 Il testo non dovrà superare UNA PAGINA formato A4 comprese eventuali illustrazioni o tabelle e sarà scritto in carattere Times 12, giustificato, interlinea semplice, in formato word 6 o RTF. Eventuali illustrazioni, comprese nella pagina, dovranno essere inviate in formato JPG sempre su supporto informatico in files a parte e opportunamente numerate in riferimento al testo.
 I poster dovranno essere affissi all'inizio del convegno sul supporto assegnato dall'organizzazione. Il supporto è di dimensioni 70 di larghezza x 100 d'altezza cm.
 I posters saranno raccolti e pubblicati, previo referaggio di apposita commissione, negli atti del convegno. Gli autori dovranno quindi presentare il testo definitivo in occasione del Convegno o al massimo entro il 15 luglio 2002.
 Per le norme di redazione del testo si farà riferimento a quelle della Rivista Geologia dell'Ambiente vedi sito: <http://www.sigea.org> alla voce Rivista.

SABATO 29 GIUGNO - ESCURSIONE

Escursione con guida naturalistica nel cuore del Parco Regionale del Beigua. Percorso: Genova, Sassello, Pianpaludo (Torbiera del Laione), breve escursione a piedi lungo il sentiero Natura di Prariondo lungo l'Avantia dei Monti Liguri.

NEI GIORNI 27 E 28 SARÀ ATTIVA LA SESSIONE POSTER

POSTER - Presenterò un poster nella tematica:

- S.1 **Impatto ambientale**
- S.2 **Rischi geoambientali**
- S.3 **Patrimonio Geologico e Paesaggio**

Regole per gli autori

Gli Autori dovranno inviare alla Segreteria Organizzativa, su supporto informatico (Floppy disk, CD) o come allegato E-mail entro il 15 maggio 2002, un rias-


Notizie Utili

A Genova, in giugno, inizia il flusso turistico e congressuale, si raccomanda di effettuare le prenotazioni al più presto.

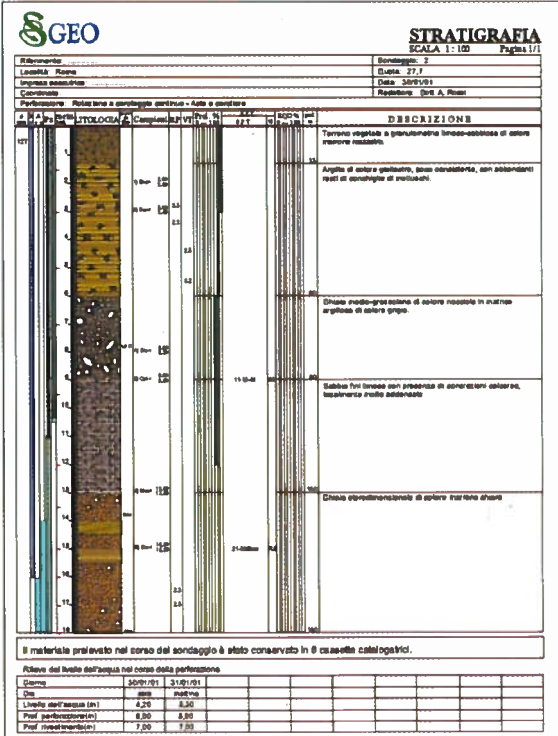
Per gli alberghi si può consultare il sito: <http://www.turismo.liguriainrete.it/> alla voce ospitalità.

L'agenzia FAROVIAGGI TEL./FAX 0102540901 - E-MAIL: info@faroviaggi.it ha provveduto a riservare un certo numero di stanze in città e negli immediati dintorni (l'opzione scade a metà aprile, contattate l'agenzia rapidamente); può inoltre essere di valido aiuto per eventuali suggerimenti in caso di difficoltà di prenotazione.

Come arrivare alla sede del convegno: il convegno si terrà presso la Facoltà di Architettura, Stradone S. Agostino, 37 nel centro storico di Genova. L'area è una ZTL (zona transito limitato) alla quale possono accedere solo i residenti. Per chi arrivasse in auto si consiglia di posteggiare nei parcheggi regolari (piuttosto cari ma il rischio contravvenzioni è altissimo) situati intorno al centro storico. In autobus qualsiasi mezzo che porta a Piazza De Ferrari o Piazza Dante va bene. Dopo essere scesi dall'autobus oltrepassare le torri di Porta Soprana (43), imboccare via di Ravecca fino a Piazza Sarzano. Si prosegue costeggiando il Museo di S. Agostino (9), la prima a destra è Stradone S. Agostino.
 Entrati in Facoltà, seguire le indicazioni.



Software di Geologia e Servizi



Stratigrafie - Fondazioni - Permeabilità - Prove di Carico su Piastra - Misure InclinoMetriche Fluidificazione in zona sismica - Meccanica delle Rocce - Penetrometriche - Programmi di elaborazione analisi di Laboratorio Geotecnico

SGEO di Garau M.Teresa - Via Enea, 77 - 00181 ROMA - tel/fax 06 789090 - cell. 348 8289410
 web : www.sgeo.net e-mail: email@sgeo.net assistenza@sgeo.net

Note introduttive

LA GEOLOGIA AMBIENTALE. STRATEGIE PER IL NUOVO MILLENNIO

GIUSEPPE GISOTTI

SIGEA SOCIETÀ ITALIANA DI GEOLOGIA
AMBIENTALE
WWW.SIGEA.ORG

Parole chiave: *Geologia ambientale, pianificazione, rischio, sviluppo sostenibile, risorse.*

INTRODUZIONE

La Geologia ambientale rappresenta l'applicazione delle scienze geologiche alla soluzione dei problemi ambientali e può essere definita come una branca dell'Ecologia che indaga sulle relazioni tra l'uomo ed il suo habitat geologico.

Questa disciplina rappresenta un allargamento del campo operativo della Geologia intesa nel senso tradizionale del termine, in quanto non è finalizzata tanto alla risoluzione di problemi geologico-tecnici o allo sfruttamento delle risorse naturali bensì alla valutazione globale delle caratteristiche geologico-ambientali di un determinato territorio, al fine di poterlo utilizzare generando il minimo possibile di impatti. In base a tale valutazione possono essere effettuate previsioni sugli effetti di attività umane nella litosfera, nell'idrosfera e nell'atmosfera e di conseguenza misure di prevenzione degli eventuali danni indotti, ma nello stesso tempo si tratta di prevedere, prevenire e mitigare le catastrofi naturali che colpiscono l'uomo stesso.

I suoi obiettivi possono essere, pertanto, riassunti come segue:

- conoscenza del territorio nei suoi aspetti fondamentali; previsione, prevenzione e riduzione dei rischi;
- gestione accorta delle risorse;
- assicurazione di adeguate condizioni del territorio per uno sviluppo sostenibile (peraltro non dobbiamo dimenticarci che la sostenibilità dello sviluppo è una accezione dei Paesi industrializzati, ma non si sa fino a che punto i cosiddetti Paesi in via di sviluppo siano d'accordo con noi su questo nostro approccio).

Come si può notare, gli obiettivi sopra descritti convergono con quelli della gestione e pianificazione del territorio; la Geologia ambientale si propone pertanto di dare un contributo, insieme alle altre discipline, alla soluzione di vari problemi della società umana.

Del resto, fin dal 1969 McHarg (ma più tardi anche Valerio Giacomini da noi) sosteneva la necessità di comprendere la natura come processo globale, che genera un sistema di valori relativi che offrono da un lato opportunità per gli usi umani e dall'altro un insieme di vincoli o di impossibilità. Ciò esprime, in sintesi, il concetto di una pianificazione ambientale quale supporto informativo necessario a descrivere le potenzialità, ma anche le compatibilità d'uso tra sviluppo socio-economico ed ambiente.

Tale orientamento nella pratica italiana è stato solo in parte recepito e questo deve invece essere uno degli obiettivi dei "decisioni" per i prossimi tempi.

Infatti, la progettazione sia a livello generale che a quello locale ha di solito seguito una serie di indirizzi monotematici e scarsamente interdisciplinari che hanno determinato distorsioni sulla pianificazione e sul suo modo di svilupparsi. I Piani finora elaborati generalmente sono stati impostati con lo scopo di controllare uno sviluppo avente il solo scopo economico e di breve periodo.

Questa impostazione ha portato ad un uso massiccio del territorio e delle sue risorse, che sono stati sfruttati intensamente senza prima essere conosciuti nelle loro potenzialità e vulnerabilità. Le conseguenze sono verificabili nei numerosi squilibri territoriali esistenti, nella congestione urbana, nel diffuso inquinamento di aria, acqua, suolo/sottosuolo e nella impermeabilizzazione di vasti territori, determinando perico-

li e costi continui ed elevati per la collettività. Inoltre lo sfruttamento incontrollato ed intenso delle risorse naturali (aria, acqua, suolo/sottosuolo) ha prodotto e produce tuttora un depauperamento progressivo delle risorse naturali, un notevole dissesto ed un conseguente aggravio economico per gli utilizzatori stessi.

L'evidenza e la gravità delle problematiche ambientali, l'accresciuta sensibilità collettiva per la protezione della natura, le notevoli trasformazioni socio-economiche e tecnologico-produttive in atto hanno reso inefficaci per il governo complessivo del territorio i Piani tradizionalmente elaborati.

Si è quindi avvertita la necessità di uno strumento più completo che deve poter indicare sia soluzioni credibili e praticabili per il controllo ed il risanamento delle situazioni di degrado, sia strategie per una corretta gestione delle risorse naturali.

Nel quadro precedentemente descritto il contributo della Geologia ambientale agli strumenti di governo del territorio e dell'economia può essere così identificato nei seguenti campi (ma non sono tutti):

- pianificazione territoriale ed economica (piani territoriali e di settore);
- procedure di VIA (valutazione dell'impatto ambientale) e di VAS (valutazione ambientale strategica) (ed altre ancora, come quella relativa alla Direttiva comunitaria 96/91/CE sulla prevenzione e la riduzione integrata dell'inquinamento, comunemente denominata IPPC);
- "contabilità" nazionale delle risorse naturali;
- Geologia urbana.

Tale contributo si esplica con l'apporto alla descrizione di alcune delle basi cono-

scitive sulle quali deve fondarsi ogni operazione di pianificazione ed in particolare:

- le caratteristiche ambientali;
- le risorse naturali;
- i rischi ambientali;
- i beni culturali.

Pertanto lo studio degli aspetti dell'ambiente, che influiscono o sono influenzati dai processi fisici della Terra, costituisce la disciplina della Geologia ambientale, che copre attività quali:

- identificazione delle risorse idriche (per uso potabile, agricolo e industriale), formulazione di indicazioni sulla loro evoluzione;
- contributi all'individuazione di tecniche per la rimozione degli inquinanti dagli acquiferi;
- assistenza nella progettazione di aree destinate alla costruzione di infrastrutture e di edifici, in modo che non siano soggetti a collasso, subsidenza, ecc.;
- contributi alla formulazione di norme di costruzione che evitino lo sviluppo edilizio in zone instabili o a rischio;
- studio dei vulcani e della paleosismicità (evidenze di antichi terremoti) al fine di comprendere i rischi e le avvisaglie di eruzioni e terremoti incombenti;
- ricerca ed estrazione di combustibili fossili e in genere di minerali e materiali di cava con il minimo danno per l'ambiente.

La natura influenza l'uomo e gli sforzi umani interagiscono con la natura in ogni regione della Terra. La distinzione tra processi naturali e processi indotti dall'attività antropica è spesso confusa. Non è sempre possibile separare gli effetti della nostra attività sull'ambiente da quelli causati dalla dinamica naturale della Terra, che avrebbero avuto luogo anche in assenza della specie umana. Alcuni esempi di processi naturali sono: l'erosione, i terremoti, l'attività vulcanica, la dissoluzione dei terreni calcarei da parte dell'acqua, le variazioni del livello marino ed infine gli effetti superficiali di movimenti che avvengono a grande profondità nella terra.

La natura non ha intensificato improvvisamente la sua attività, ma la popolazione umana è aumentata e la tecnologia, da cui la maggior parte di noi dipende, richiede sempre maggiore energia, spazio e risorse. Gli uomini stanno imponendo alla natura sollecitazioni sempre maggiori, con richieste crescenti, di cibo, acqua, minerali ed energia. I risultati sono talvolta diretti e ovvi, come ad esempio la costruzione di dighe per lo stoccaggio di acqua e la produzione di energia elettrica. Possono anche esserci conseguenze indirette e non intenzionali come, ad esempio, quando i "gas serra", rilasciati durante la combustione di idrocarburi e carbone, provocano il riscaldamento della superficie terrestre.

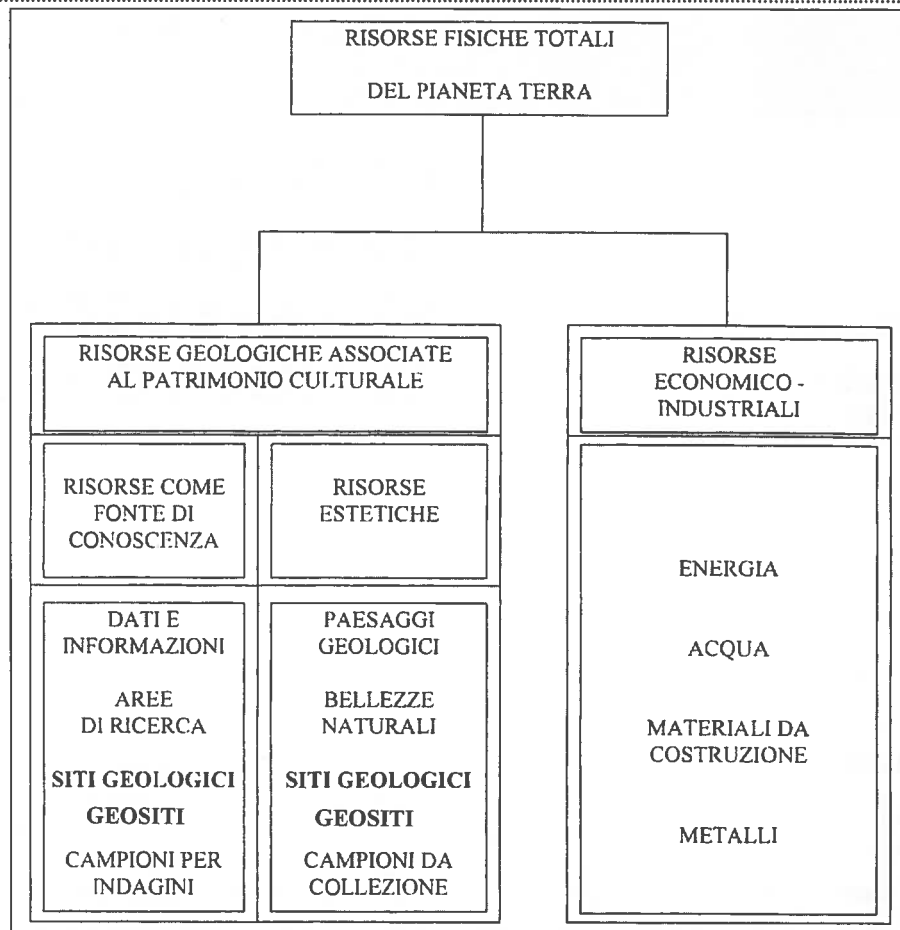


Fig. 1 - Distinzione fra risorse geologiche culturali ed economico-industriali della Terra.

LA GESTIONE DELLE RISORSE GEOLOGICHE

Considerato che nella voce risorse naturali sono comprese quelle geologiche ed in particolare quelle energetiche, quelle idriche, quelle minerarie e la risorsa suolo, la Geologia ambientale si avvale inevitabilmente delle discipline afferenti le Scienze della Terra per dare un contributo alla esatta conoscenza ed alla corretta gestione delle risorse geologiche.

Va da sé che la Geologia ambientale e le discipline specifiche ad essa connesse operano in collaborazione con le altre scienze che si occupano del territorio. Infatti i complessi problemi e le interazioni attinenti le attività umane e i parametri del territorio non possono essere più affrontati da una o pochissime discipline, ma dalle varie scienze che dovranno integrarsi tra loro per suggerire le scelte più idonee, non solo sotto l'aspetto puramente economico, ma anche sotto quello della qualità della vita. Queste ultime scelte, inoltre, risultano valide anche sotto l'aspetto economico qualora la visione dei pianificatori non si limiti alle urgenze presenti.

Lo sfruttamento delle risorse solitamente interagisce con gli altri elementi territoriali. Ad esempio, l'estrazione di acqua o di idrocarburi liquidi e gassosi può indurre od aggravare fenomeni di subsidenza, con danni anche ingenti al territorio, alle attività

economiche ed ai beni ambientali e culturali che vi insistono.

In questo come in altri casi, la Geologia ambientale dà il suo contributo, indicando sia i metodi di previsione e prevenzione che quelli di contenimento degli effetti dannosi.

La tendenza verso una sempre maggiore scarsità di risorse naturali e un progressivo cattivo uso delle stesse, alla quale si accompagna una sempre crescente degradazione ambientale, può essere combattuta solamente con una razionale politica di pianificazione territoriale.

Questa deve essere basata su due fondamentali azioni parallele, da cui dipende la futura disponibilità delle risorse:

- di conservazione, attraverso il freno dei consumi e la preferenza ai modelli di consumo che richiedono bassi impieghi di energia;
- di innovazione, attraverso l'individuazione di nuove tecnologie sia per la produzione con un minimo grado di spreco, sia per il riciclaggio dei rifiuti ("tecnologie pulite").

La conoscenza dei beni culturali e di quelli ambientali è uno strumento fondamentale per acquisire coscienza del loro valore e quindi per inserirli correttamente in una pianificazione territoriale.

Da alcuni anni anche in Italia si sta affermando - seppure lentamente - il concetto di salvaguardia di Patrimonio della Terra (Earth

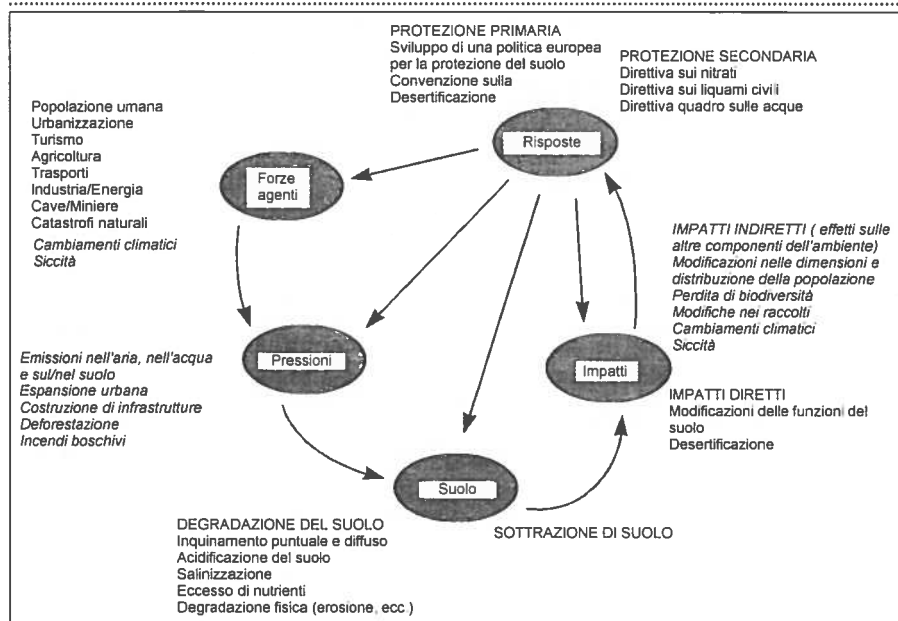


Fig. 2 - Schema che rappresenta le forze agenti, le pressioni, lo stato delle componenti ambientali, gli impatti e le risposte (il cosiddetto DPSIR, Driving forces, Pressures, States, Impacts, Responses).

Heritage) costituito dall'insieme delle risorse geologiche di tipo culturale e da quelle di tipo economico-industriale. La figura 1 sintetizza la distinzione fra le risorse geologiche culturali e quelle di tipo economico.

I geositi rappresentano una parte fondamentale delle risorse geologiche di tipo culturale e ambientale. La lentezza e le difficoltà dell'inserimento di un tale concetto nell'immaginario collettivo risultano probabilmente dovute a più fattori; si ritiene tuttavia che un motivo fondamentale risieda nella mancanza di un adeguato insegnamento delle Scienze della Terra nelle scuole superiori e quindi, in senso lato, alla minore conoscenza che il pubblico ha, fino ad oggi, delle pur fondamentali problematiche geologiche.

Analogamente a quanto accaduto negli ultimi decenni in Italia per il settore biotopi, considerati importanti e talvolta essenziali negli strumenti di pianificazione territoriale, anche i geositi debbono essere interpretati come elementi necessari di qualsiasi piano di uso del territorio, insieme alle tradizionali componenti geologiche di tali piani (sismicità, presenza di faglie, franosità, qualità del substrato roccioso, presenza/profondità/vulnerabilità di falde acquifere, tipi di suolo, ecc).

Il valore di tutti i beni naturali abiotici è dato soprattutto dal loro significato di testimonianza di vicende geologiche e dal loro valore scientifico.

Alcuni tra questi beni sono peraltro molto diffusi ed a volte spettacolari, e possono essere considerati come vere e proprie componenti del paesaggio, come i geositi.

Strumento di conoscenza fondamentale per questi beni è il rilevamento sistematico e la successiva rappresentazione su cartografia tematica, ovvero il loro censimento. Tale operazione di studio deve poi essere seguita da prescrizioni di tutela e regole d'uso. Ma non basta, perché la sfida per i prossimi tem-

pi è quella di utilizzare anche il patrimonio geologico come bene non solo da conoscere e tutelare ma anche da fruire, allo scopo di permettere alla gente un godimento spirituale delle stesse risorse e la possibilità di lavoro a chi gestisce tale fruizione.

Un approccio particolare merita la risorsa suolo, che sembra destinata ad essere sempre più rara se la vogliamo non inquinata e quindi capace di fornirci prodotti alimentari sani. Il concetto di funzioni multiple del suolo e della competizione fra le varie attività umane per poter gestire i suoli migliori è cruciale per comprendere gli attuali problemi di protezione di questa risorsa.

Il problema della degradazione e della sottrazione di suolo è provocato principalmente da attività quali l'agricoltura intensiva, le emissioni nell'aria/nell'acqua/sul suolo di prodotti inquinanti, lo sviluppo urbano, la deforestazione. Ma se è la società umana ("forze agenti") che è causa di queste "pressioni" su una particolare componente ambientale, appunto la "situazione" del suolo, che produce a sua volta "impatti" sul suolo stesso e su altre componenti ambientali, è la stessa società civile che prepara delle contropartite, delle "risposte", attraverso la legislazione (internazionale, comunitaria, nazionale, regionale) che si avvale di studi, ricerche, raccomandazioni di organismi tecnico-scientifici nazionali e internazionali, quali l'Onu, la Fao, l'Ocse.

Uno schema che rappresenta le forze agenti, le pressioni, lo stato delle componenti ambientali, gli impatti e le risposte (il cosiddetto DPSIR, Driving forces, Pressures, States, Impacts, Responses) (fig. 2) è stato adottato dalla EEA - Agenzia Europea dell'Ambiente (ma era già stato sviluppato dall'Ocse), allo scopo di poter contare su un modello concettuale sul quale poter lavorare al fine di preparare le risposte ai problemi

citati. La figura 2 rappresenta lo schema di valutazione dei rapporti intercorrenti per quanto riguarda la risorsa suolo, ma si applica anche alle altre componenti ambientali.

LA GESTIONE DEI RISCHI GEOAMBIENTALI, OVVERO IL PROBLEMA DELLA NATURA VERSUS L'UOMO

Strettamente legato con il precedente è il campo del rischio geoambientale, che viene definito come "la probabilità che le conseguenze economiche e sociali di un certo fenomeno di pericolosità superino una determinata soglia".

La valutazione del rischio ambientale si basa sull'analisi delle interrelazioni tra vari fattori di vulnerabilità e le diverse forme di pericolosità presenti in un certo territorio.

Tali analisi comprendono:

- confronto tra abitanti e ciò che esiste per opera dell'uomo con i vari eventi di pericolosità prevedibili e con il loro grado di intensità e di frequenza;
- tipo di attività economiche presenti nella zona;
- rapporto tra eventuali situazioni di pericolosità e le caratteristiche sociali di educazione ambientale, protezione civile;
- tecniche di prevenzione e di controllo.

Inoltre, la valutazione del rischio deve essere attuata anche nella prospettiva di nuove costruzioni, di nuove infrastrutture e di nuove attività, attraverso un confronto tra la vulnerabilità legata alla programmazione e i vari aspetti della pericolosità.

Poiché il rischio geoambientale può essere mitigato intervenendo nei confronti della pericolosità, della vulnerabilità e della esposizione, ne deriva che una volta acquisite le basi di conoscenza, esso dovrà essere valutato in sede politica al fine di operare le scelte di pianificazione territoriale. Si dovranno individuare livelli di garanzia e protezione sia per l'uomo che per l'ambiente; in alcuni casi si tratterà di scegliere una soglia di rischio, in altri si dovrà stabilire una scala di priorità.

Una rassegna, peraltro non esaustiva, delle catastrofi geoambientali che colpiscono e continueranno a colpire l'uomo nei prossimi tempi è presentata nella tabella 1. Alcune di tali catastrofi sono destinate a crescere, almeno questo è quanto ci dicono le previsioni attuali (ci si riferisce ad esempio alla avanzata dei deserti, all'arretramento delle coste).

Un discorso a parte meritano i problemi geologici nelle aree urbane, già adesso rilevanti e che sono destinati a crescere nei prossimi tempi, per cui si parla sempre più di geologia urbana.

Le autorità cittadine stanno cominciando a riconoscere l'importanza delle applicazioni della geologia a problemi urbani quali ad esempio lo smaltimento dei rifiuti e le co-

struzioni su pendii potenzialmente instabili o in aree esondabili. Tali problemi nascono dall'inarrestabile tendenza alla crescita dei grandi insediamenti urbani.

Prima del 1900 non esistevano nel mondo città con cinque milioni di abitanti, nel 1950 ce n'erano sei e per i prossimi anni ne sono previste più di 60 (fonte Nazione Unite), di cui quelle a crescita più rapida saranno localizzate nei paesi in via di sviluppo. Circa metà della popolazione mondiale di oltre 7 miliardi di persone vivrà allora nelle aree urbane. Il tremendo impatto delle attività umane in queste città modifica l'ambiente fisico, ponendolo in molti casi in disequilibrio con la natura.

Honk Kong, Katmandu (Nepal) e Medellin (Colombia) soffrono enormemente per le frane e altri movimenti di massa, a causa dell'estendersi delle costruzioni su versanti instabili. Lo smaltimento in sicurezza dei rifiuti solidi urbani è uno dei maggiori problemi nelle città di tutto il mondo, a causa della mancanza di spazi inutilizzati dove collocare i rifiuti senza contaminare il suolo o le risorse idriche. Città del Messico e San Paolo del Brasile sono solo due esempi in cui le risorse idriche potabili sono inquinate da rifiuti industriali. Molte città del mondo sono cresciute tanto rapidamente che è stato necessario trasportare per grandi distanze i materiali da costruzione come la ghiaia e la sabbia, perché le aree dove erano localizzate le risorse locali sono state edificate e quindi rese inutilizzabili.

L'emungimento eccessivo di acque sotterranee ha causato subsidenza del terreno, con conseguenti allagamenti da parte

del mare nelle aree subsidenti costiere: a parte i noti casi italiani, sono numerose tali situazioni in altre parti del mondo, come a Shangai (Cina) o a Bangkok (Thailandia).

In numerosi casi, il ritorno della falda freatica ai livelli primitivi determinato dal minore prelievo di acque sotterranee, ha provocato danni gravi ai fabbricati che non erano stati costruiti per rimanere in acqua, come è il caso di Milano e di almeno una dozzina di grandi città in tutto il mondo.

I tipi di rischio sono legati alle condizioni geologiche locali e alla pressione antropica. Alla scala locale è possibile adottare una serie di misure per attenuare molti problemi indotti dall'uomo: ad esempio per combattere la subsidenza si può regolamentare il prelievo delle acque di falda, per evitare l'inquinamento delle falde acquifere si possono contenere i rifiuti e impedire l'infiltrazione del percolato, si può realizzare una cartografia del sottosuolo usando moderne tecniche geofisiche. In alcune città sono stati installati dei sistemi di allarme precoce per avvertire la popolazione in caso di rischio di terremoti o di eruzioni vulcaniche. Comunque, occorre prima di tutto identificare i potenziali pericoli e fare un inventario di tutti i dati geologici disponibili, al fine di individuare le aree dove le informazioni mancano; a questo punto occorre individuare e rendere operativi gli esperti nelle discipline appropriate.

In conclusione, un grosso problema è sempre quello relativo alle interazioni fra attività umane e ambiente geologico nei luoghi in cui la concentrazione della popolazione umana è massima: le città. In seguito

ad una recente indagine del gruppo di lavoro GEURBAN dell'Associazione dei Servizi Geologici europei EUROGEOSURVEYS, è stata sintetizzata la tabella 2 che mostra i principali problemi geologici delle città dell'Unione europea.

I Servizi Geologici dell'Unione europea hanno evidenziato 15 questioni-chiave, o geoproblemi, nei quali le situazioni geologiche possono avere effetti negativi sulle città europee. La tabella indica che le città dell'Europa mediterranea soffrono di più per i rischi legati alla geologia e alla morfologia, rispetto alle città del nord-Europa (a parte la Svezia). L'impatto delle attività umane sulle condizioni naturali geologiche nelle città (inquinamento, degrado chimico-fisico) mostra una distribuzione geografica meno distinta: le città della Grecia, Francia, Portogallo ne sono interessate in modo significativo, ma anche le città della Svezia, Regno Unito e Finlandia. La diminuzione di risorse naturali è molto forte in Lussemburgo, Portogallo, Austria, Spagna, Francia, Italia e Olanda. Se confrontiamo i geoproblemi complessivi delle città di questi Paesi, ci accorgiamo che le città che soffrono di più sono quelle del Portogallo e della Francia, seguite da quelle della Svezia, Italia, Grecia e Spagna.

GLI EFFETTI DELLE ATTIVITÀ UMANE SULL'AMBIENTE GEOLOGICO, OSSIA UOMO VERSUS NATURA

Non vi sono parti del nostro pianeta senza situazioni ambientali che non richiedano attenzione, e un inventario globale sarebbe quindi un'impresa troppo ardua. La pressione antropica e la scarsa pianificazione hanno spesso trasformato quelli che per piccole comunità erano problemi ambientali minori in catastrofi reali o potenziali per un gran numero di persone. Non è possibile arrestare questi processi, tuttavia lo scopo della Geologia ambientale è quello di migliorare il modo di pianificare e di supportare le comunità umane.

Gli abitanti delle città dell'America settentrionale e dell'Europa si preoccupano riguardo allo smaltimento dei rifiuti e alla possibilità di disporre di acqua e aria pulita. Dalla parte opposta dello spettro economico, i residenti delle megalopoli sovraffollate del Terzo Mondo affrontano continuamente, con rischi per la loro vita, la scarsità di acqua, le condizioni di instabilità del terreno e persino la distruzione a causa di forti terremoti e di eruzioni vulcaniche, fenomeni in parte dovuti alle norme di costruzione carenti e alle abitazioni inadeguate.

Agricoltori e abitanti delle campagne in molte parti dell'Europa e dell'America settentrionale devono sopportare l'inquinamento delle loro risorse idriche a causa di fertilizzanti e pesticidi (gli agrichemicals), e l'inquinamento dell'aria che respirano a causa di in-

EROSIONE	Vento	- uragani, cicloni, e altre tempeste - tempeste di polvere	
		- avanzata dei deserti	
	Fiumi	- indesiderate variazioni della dinamica fluviale - evoluzione dei delta e delle pianure costiere - inondazioni	
	Pendii instabili	- valanghe - frane	
	Linee di costa	- maremoti e onde di tempesta - arretramento delle coste - deposizione eccessiva	
	Carsificazione e dissoluzione sotterranea del substrato roccioso		
	Desertificazione		
	PROBLEMI RELATIVI AI SUOLI	Suoli espandibili e compressibili	
		Suoli salini	
		Loess	
Permafrost			
RISCHI PER LA SALUTE	Emissione di radon		
	Altre rocce e componenti di suoli particolarmente pericolosi		
SUBSIDENZA ACCELERATA NATURALE			
CAMBIAMENTI DEL LIVELLO MARINO			
TERREMOTI			
VULCANISMO			
DISTRUZIONE DELLA BARRIERA CORALLINA			

Tab. 1 - Rischi geoambientali dominanti (natura versus uomo) (a livello mondiale).

dustrie, quali fonderie, raffinerie e trasporti. Le popolazioni originarie delle regioni artiche devono sopportare la contaminazione del cibo per i loro animali causata dai pericolosi inquinanti trasportati dall'aria e dall'acqua provenienti dalle regioni industrializzate. Alcune comunità costiere, ad esempio negli Stati Uniti sud orientali o nelle isole del Pacifico, devono convivere con la minaccia di inondazioni dovute all'innalzamento del livello del mare o all'erosione costiera.

Nel passato la ricerca e lo sfruttamento di risorse minerali, energetiche e idriche è sempre stato l'obiettivo delle Scienze geologiche che ha dato lavoro alla maggior parte dei geologi. Tuttavia le vecchie attività di estrazione di minerali, petrolio e acqua si sono evolute scientificamente e tecnologicamente, prima che l'uomo si rendesse conto della necessità di conservare

e proteggere l'ambiente. Molti geologi potrebbero essere criticati per aver mancato di sensibilità alle problematiche ambientali. Molto resta da fare per modificare il modo di pensare e sviluppare pratiche più sostenibili per lo sfruttamento di queste risorse, senza le quali la società moderna non può funzionare.

In molti settori della Geologia ambientale esiste un considerevole patrimonio di conoscenze. Infatti i fenomeni naturali come i terremoti e l'attività vulcanica sono stati studiati a lungo dai geofisici, dai vulcanologi e dagli specialisti degli aspetti non geologici delle catastrofi. Anche sulla prevenzione e previsione delle frane va progressivamente aumentando la "conoscenza" e quindi la competenza, specialmente nel campo della geologia applicata e nelle discipline affini.

In altri settori invece è necessario acquisire ed approfondire nuove conoscenze e nuovi approcci. Oggi questioni come i cambiamenti climatici, il controllo dell'inquinamento e lo sviluppo e la gestione delle risorse naturali richiedono sempre più frequentemente un approccio interdisciplinare. Ad esempio è normale trovare matematici, climatologi e geologi lavorare insieme per definire le caratteristiche del clima del passato e formulare previsioni per il futuro. Nello stesso modo è necessaria la collaborazione di geochimici, mineralogisti e ricercatori medici per la comprensione dell'influenza che le rocce, i suoli e le acque sotterranee hanno sulla salute delle popolazioni locali.

Nella tabella 3 sono illustrati alcuni esempi di interferenze negative fra attività umane ed ambiente geologico e va da sé che gli effetti indesiderati o dannosi sull'ambiente geologico si ripercuotono a loro volta sulle stesse comunità umane, a dimostrazione delle strette interrelazioni fra le componenti naturali ed antropiche degli ecosistemi (anche se c'è ancora molta gente, peraltro istruita, che nega tali rapporti).

IL RUOLO DELLE SCIENZE DELLA TERRA NELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E NELLO SVILUPPO SOSTENIBILE

GLI OBIETTIVI PER I PROSSIMI TEMPI

La geologia ha un ruolo essenziale nell'identificazione dei problemi ambientali, nella comprensione delle cause, nella previsione delle conseguenze future e nello sviluppo di soluzioni. Tuttavia non può né risolvere tutti questi problemi né gestire da sola gli effetti dei rischi naturali. Gli obiettivi per tutto ciò che si riferisce alla pianificazione e alla gestione dell'ambiente devono includere:

- la comprensione delle condizioni naturali facendo migliore uso delle conoscenze già disponibili.

Molto può essere fatto per risolvere i problemi e perseguire gli obiettivi ambientali utilizzando in modo più efficiente le conoscenze e le tecnologie correnti;

- imparare di più sui processi naturali della Terra.

C'è ancora molto da scoprire sui processi naturali come ad esempio la migrazione dei fluidi, i cambiamenti climatici, la sismicità, il vulcanismo e la pedogenesi. Occorre incoraggiare la ricerca nei settori appropriati e supportarla nell'acquisizione di nuove conoscenze;

- comunicare in modo più efficiente.

E' essenziale una più stretta collaborazione e cooperazione tra il pubblico, i responsabili della pianificazione e gli organi decisionali. Ciò significa ridurre le incomprendimenti tra ingegneri, geologi, economisti, sociologi, legislatori, pianificatori e comu-

Rilevanza del rischio: 0 nessuno; 1 basso; 2 medio; 3 elevato

Questioni-chiave	Abbreviazione dei Paesi																Statistiche
	A	B	D	DK	E	F	FI	G	IR	I	LU	NL	N	P	S	UK	
Geologia e Morfologia																	
Cedimenti di terreni di fondazione e di infrastrutture sotterranee	2	3	1	1	3	3	3	1	1	2	1	2	1	2	3	3	2,00
Collasso del terreno	2	3	1	1	2	3	0	2	2	3	2	2	0	2	3	3	1,94
Frane e crolli di roccia	3	2	1	1	3	2	1	3	1	2	3	0	3	2	2	1	1,88
Perdita di terre, erosione e interrimento	1	2	1	2	2	1	1	2	3	1	1	2	0	3	1	0	1,44
Terremoti ed eruzioni vulcaniche	1	1	1	0	3	2	0	3	0	3	0	0	0	3	0	0	1,06
Radiazioni naturali (radon, ecc.)	1	2	1	2	0	1	2	1	2	2	2	0	1	2	3	1	1,44
Alluvioni e inondazioni della costa	1	2	3	2	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	2	1	2,44
Sub-totale (massimo 21 punti)	11	15	9	9	16	15	10	14	12	16	11	9	8	17	14	9	media: 1,74
Influenze antropiche																	
Terreni degradati	2	2	2	2	3	3	2	3	2	3	2	3	3	2	3	3	2,50
Terreni/siti abbandonati ("derelict land")	1	2	2	0	1	3	2	2	1	2	0	0	2	2	2	2	1,50
Inquinamento acque sotterranee	3	2	2	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2,75
Inquinamento acque superficiali	2	2	2	3	2	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	1	2,50
Scarico di rifiuti solidi urbani	3	2	2	3	3	3	2	3	2	2	2	1	1	3	3	3	2,38
Sub-totale (massimo 15 punti)	11	10	10	11	11	15	12	14	11	11	10	9	12	13	14	12	media: 2,33
Risorse naturali																	
Scarsità di materiali da costruzione naturali	3	0	2	1	3	2	1	2	1	2	3	2	0	1	3	2	1,75
Scarsità di risorse idriche	2	1	1	2	2	2	1	2	2	2	2	1	0	3	1	1	1,56
Diminuzione di terre verdi ed arabili	1	1	2	0	1	2	1	1	2	2	2	3	3	3	1	1	1,63
Sub-totale (massimo 9 punti)	6	2	5	3	6	6	3	5	5	6	7	6	3	7	5	4	media: 1,65
Totale per Paese	28	27	24	23	33	36	25	33	28	33	28	24	23	37	33	25	

Tab. 2 - Impatto di 15 geo-problemi sulle città dell'Unione Europea e della Norvegia. Approccio indicativo compilato gruppo di lavoro GEURBAN di EuroGeoSurveys

rità. E' necessaria una formazione sui principi dello sviluppo sostenibile, anche se questo richiede sostanziali modifiche nei piani di studio superiori;

assicurare soluzioni sostenibili alle problematiche ambientali.

Capire il nostro ambiente e i processi che lo governano è solo una parte della soluzione, e la scienza da sola non può fornire tutte le risposte. Essa è solo una parte del mosaico, non una "soluzione tecnologica". Soluzioni sostenibili devono provvedere alle attuali esigenze sociali, economiche e culturali senza compromettere quelle delle future generazioni.

Alcune "risposte" della società civile alla soluzione dei problemi geoambientali stanno nella attività delle comunità scientifiche e dei Servizi Tecnici (ivi inclusi i ministeri "tecnici" come quello dell'Ambiente) dei vari Paesi: questi stanno preparando censimenti locali e regionali delle pericolosità geologiche, con particolare riguardo a quelli che coinvolgono le aree urbane, e delle risorse geologiche. "scarse", con lo scopo di assistere i "decisori" nella direzione di programmi speciali di assistenza diretti alla risoluzione di questi problemi.

Però ciò non è ancora sufficiente ed è necessario creare un collegamento efficiente tra geologia, pianificazione e gestione dell'ambiente, ed è importante anche far crescere la consapevolezza di quanto sia essenziale il contributo delle conoscenze geologiche ad una accurata pianificazione e gestione ambientale.

Le comunità scientifiche ed i Servizi Tecnici stanno anche lavorando per applicare alla cartografia e alla valutazione ambientale le tecniche più aggiornate di acquisizione, elaborazione e analisi spaziale dei dati (un esempio è il Sistema Cartografico di Riferimento del Ministero dell'ambiente). Altri settori in cui si sta operando sono la definizione di standard comuni per la cartografia, la valutazione e la mitigazione dei problemi legati all'uso del suolo, la valutazione delle conseguenze economiche e sociali dell'applicazione della geologia alla pianificazione e alla gestione dell'ambiente, lo sviluppo di modelli di evoluzione dei sistemi naturali a seguito degli interventi antropici.

Alla luce di quanto è stato sopra espresso, si può affermare che la Geologia ambientale offre ed è destinata ad offrire sempre più:

- ai pianificatori

La conoscenza dell'ambiente fisico e delle modalità per valutare le potenzialità e le limitazioni per l'uso del territorio;

- ai politici

La comprensione delle motivazioni che hanno portato alle decisioni che interessano l'ambiente, la quale permetterà di incrementare la loro abilità per soddisfare la sempre maggiore richiesta dei loro elettori e permetterà loro di costruire un approccio a lungo termine per un futuro sostenibile;

- agli imprenditori

La comprensione del sempre maggiore impatto dei fattori ambientali sulle decisioni imprenditoriali e sulle potenzialità economiche concernenti la bonifica e la protezione ambientale;

- agli studenti

Una carriera appassionante in un settore in crescita e di grande importanza per la società civile;

- ai cittadini

La comprensione degli aspetti fisici, delle cause e degli effetti dei processi naturali e delle attività umane, che permetterà di sviluppare la loro capacità di contribuire alla salvaguardia e alla gestione dell'ambiente.

I geologi hanno una conoscenza indirizzata ad impostare idonee azioni di "risposta" nei riguardi delle catastrofi geologiche, quali ne siano le cause immediate e le cause recondite, e nei riguardi dei meccanismi con i quali le attività umane colpiscono negativamente l'ambiente; il loro sforzo deve essere duplice: 1 - da una parte formare le nuove leve e aggiornare gli altri (aggiornamento continuo), compito della comunità scientifica, degli Ordini professionali ma anche delle Associazioni, magari creando sinergie (esempi tra Sigea e il Cng e alcuni Ordini regionali); 2- dall'altra informare in modo scientificamente e tecnicamente corretto e aggiornato sia il pubblico che le istituzioni, le Pubbliche amministrazioni, i politici, i cosiddetti "decisori", degli aspetti concreti relativi alle varie problematiche geoambientali.

In questo settore la categoria dei geologi deve, almeno a parere di chi vi parla, aggiornarsi in quanto si nota una diffusa tendenza ad occuparsi dei fenomeni e dei problemi naturali sotto un'ottica "professionalmente" egoistica in quanto si tende a fare discorsi quasi esclusivamente nel nostro ambito di addetti ai lavori e raramente usciamo fuori dal nostro solco.

Questo sono i compiti prioritari degli ordini regionali, del Cng, da svolgere con l'ausilio delle associazioni, poiché queste ultime sono specializzate nell'ambito formativo e divulgativo e quindi coprono un ventaglio di problematiche molto ampio e inoltre sono diffuse in tutto il territorio nazionale; pertanto la sinergia fra gli organi istituzionali e le associazioni è non solo auspicabile ma anche obbligatoria.

ATTIVITA' UMANE	EFFETTI SULL'AMBIENTE GEOLOGICO	
AGRICOLTURA E FORESTE	Contaminazione del suolo	
	Salinizzazione	
	Erosione accelerata e ruscellamento dovuti a :	- sovrasfruttamento dei pascoli (<i>overgrazing</i>) - deforestazione - pratiche agricole carenti
ATTIVITA' MINERARIA	Movimenti di terra:	- miniere a cielo aperto e attività di cava
		- attività sotterranee
		- sfruttamento di giacimenti alluvionali
	Contaminazione di suolo e acqua con reflui minerari	
	Subsidenza, dissesti dei versanti (collasso di cave e miniere)	
	Esalazione di gas pericolosi in miniera	
ESTRAZIONE DI PETROLIO E GAS	Sversamenti ed esplosioni	
	Subsidenza accelerata	
	Contaminazione delle acque sotterranee	
RAFFINERIE, FONDERIE, IMPIANTI CHIMICI, ECC.	Inquinamento di aria, acqua e suolo	
PRELIEVO DI ACQUE SOTTERRANEE	Subsidenza dovuta ad emungimento eccessivo (es. Ravennate)	
	Abbassamento del livello della falda	
	Intrusione di acque salate e contaminazione di quelle dolci	
	Innalzamento del livello di falda (e danni ai fabbricati nelle città, come a Milano)	
SMALTIMENTO DEI RIFIUTI SOLIDI E DEI LIQUAMI	Inquinamento suolo, acque, aria	
CANALIZZAZIONE DEI FIUMI	Modifiche negative della dinamica fluviale	
GRANDI GALLERIE AUTOSTRADALI E FERROVIARIE	Interferenze tra scavo ed acquiferi (es. gallerie del tratto Firenze-Bologna del Treno A. V.)	
SERBATOI ARTIFICIALI	Cattura dei sedimenti e diminuzione degli stessi in carico ai fiumi	
	Diminuito ripascimento naturale delle spiagge ed arretramento delle stesse (numerosissimi esempi)	

Tab. 3 - Alcuni esempi di effetti delle attività umane sull'ambiente geologico (uomo versus natura) (a livello mondiale).

IL SISTEMA CARTOGRAFICO DI RIFERIMENTO, UNO STRUMENTO DI SUPPORTO ALLA GEOLOGIA AMBIENTALE

**BRUNO AGRICOLA
SALVATORE COSTABILE
MATTEO FACCIORUSSO
ANTONIO VENDITTI**

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA
DEL TERRITORIO
EMAIL: VENDITTI.ANTONIO@MINAMBIENTE.IT

Parole chiave:

Geologia ambientale, cartografia, GIS, ortoimmagini, Modello Digitale del Terreno.

La Geologia ambientale rappresenta il punto di incontro di varie discipline delle Scienze della Terra per affrontare i "problemi che si pongono con l'uso della terra e le reazioni della terra stessa a questo uso" (Flawn, 1977).

La Geologia Ambientale è quella scienza che si interessa delle interazioni esistenti tra le attività dell'uomo e l'ambiente fisico. In pratica la Geologia ambientale si occupa, ad esempio, di tutti i problemi connessi alla pianificazione territoriale, ed alla scelta dei siti più idonei per le attività umane, tenendo in considerazione tutti i rischi geologici. E' evidente che questo comporta un'analisi approfondita di tutti gli elementi geologici ed

una loro rappresentazione accessibile, e quindi utile a tutti gli utenti interessati.

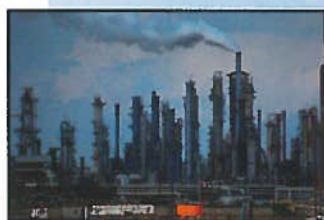
Il compito di questa branca della Scienza è quello di risolvere conflitti, attenuare la degradazione, e controllare l'inquinamento dell'ambiente, e trarre tutti i possibili vantaggi nell'uso del territorio; in definitiva è lo strumento che mette le scienze geologiche al servizio della società.

Le discipline geologiche che si interessano di assetto del territorio sono: la Geologia economica che si occupa dell'individuazione delle risorse naturali e della loro stima per l'estrazione, la Geologia tecnica che permette di individuare i materiali più appropriati durante e dopo l'uso nel-

le costruzioni, la Geomorfologia che studia i fenomeni e i processi di trasformazione del territorio, la Geofisica e la Vulcanologia per la valutazione del rischio, la Geo-chimica che consente di studiare la distribuzione areale degli elementi chimici, l'idrogeologia fondamentale per l'individuazione delle risorse idriche e la loro gestione e per l'assetto idrogeologico.

E per finire tra le più recenti discipline troviamo i **Sistemi Informativi Geografici** (Gis-Sit) che utilizzano tecniche di cartografia e gestione dei dati informatizzati per la creazione di cartografia tematica, oggi di grande attualità per la gestione del territorio; partendo sia da dati acquisiti che

BONIFICHE DI SITI INQUINATI



**INDAGINE PRELIMINARE
CARATTERIZZAZIONE DEL SITO
MESSA IN SICUREZZA E/O BONIFICA**

Il Cosmari è in grado di progettare e realizzare indagini preliminari, caratterizzazioni e bonifiche o messa in sicurezza attraverso soluzioni diversificate, tramite tecniche in situ o off site, utilizzando le metodologie più moderne.



Numero Verde
800 949 512

www.cosmari.it

rilevandoli ex novo, e con restituzioni sia in formato cartaceo che digitale compatibili con i più comuni software dedicati che sono oramai in uso nella società civile.

A tal proposito è necessario un lavoro di coordinamento, a vari livelli, di tutte le Amministrazioni centrali e periferiche, che producono e/o utilizzano dati territoriali, a causa della vastità e complessità nelle attività relative alla informatizzazione dei dati geografici.

Con l'Accordo Integrativo sul Sistema Cartografico di Riferimento, approvato dalla Conferenza Stato-Regioni nell'ottobre dello scorso anno (2001, n.d.r.), il ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio si è fatto promotore di un vasto progetto che ha come obiettivi strategici la gestione, la certificazione, la pubblicazione e la diffusione del supporto cartografico topologico necessario alla georeferenziazione dei dati ambientali e territoriali.

L'Accordo pone pertanto in particolare rilievo l'aspetto relativo alle basi cartografiche cui correlare i dati alfa-numeric, per ottenere rapidità ed efficacia nella rappresentazione e comprensione e da parte di tutti gli utenti, dei fenomeni ambientali e territoriali.

Grazie a tale progetto, che prevede un totale di risorse disponibili pari a circa 47 mld al quale il Ministero dell'Ambiente contribuisce con circa 40 mld., è stato possibile predisporre la Base Cartografica di Riferimento, comprendente una serie di strati informativi a copertura nazionale, che costituisce il nucleo iniziale delle informazioni necessarie per poter costruire un sistema di cartografia integrato idoneo a realizzare le attività di analisi e sintesi territoriali, sia per i livelli di attività regionale che per quelli nazionali.

Tale base cartografica è costituita da ortoimmagini sia in bianco e nero che a colori con risoluzione di 1m X 1m sul terreno e il Modello Digitale del Terreno e cartografie raster in scala al 25.000, 100.000, 250.000, 500.000, 1.000.000.

Inoltre la Base Cartografica di Riferimento comprende diversi strati informativi in formato vettoriale tra i quali:

limiti amministrativi, reticolo idrografico e relativi bacini, reti di comunicazione ferroviaria e stradale, Modello TIN del terreno, Toponomastica, Carta geologica, Carta ecopedologica, Corine Land Cover.

Inoltre, si è pensato di realizzare un modello digitale del terreno attraverso l'algoritmo TIN (triangular irregular network), il quale presenta facce triangolari irregolari i cui vertici hanno coordinate note poiché coincidono con i dati della Cartografia Tecnica Regionale, e per le Regioni che risultano sprovviste di CTR con l'orografia dell'IGM 1: 25.000. La copertura è a livello nazionale con un taglio di 10 km X 10 km nel sistema di riferimento geodetico UTM WGS'84 fuso 32 e 33.

La scelta di utilizzare una struttura di questo tipo deriva dal fatto che un TIN è più verosimile nella rappresentazione del territorio, che un modello digitale del terreno a maglia regolare, consentendo una migliore approssimazione dell'andamento della morfologia del territorio e quindi i calcoli dei parametri morfologici più attinenti alla realtà.

In collaborazione con il Cnr di Pisa si è sviluppato una variante dell'algoritmo tradizionale per la creazione del TIN; la peculiarità di questo modello è che ovvia all'inconveniente dei terrazzamenti come ad esempio, nel caso in cui i punti dei vertici dei triangoli appartengano ad una stessa curva di livello.

Come detto all'inizio, per rendere gestibili i dati, il TIN è stato diviso in tagli 10 km X 10 km per tutto il territorio nazionale. I vari tagli possono essere ricongiunti senza che il modello digitale finale presenti discontinuità o vuoti: infatti sono state corrette le disgiunzioni tra vettori adiacenti in modo tale che non si abbiano distorsioni al bordo.

Attualmente il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, avvalendosi del contributo della Segreteria Tecnica della Difesa del Suolo, ha raccolto i dati informatizzati presenti presso le autorità di Bacino e li ha riorganizzati e strutturati nel proprio database per tutta la copertura nazionale. Ciò è stato possibile poiché tutte le Autorità di Bacino hanno adottato o predisposto i Progetti di Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico (Pai) ai sensi dell'art. 1 del D.L. 180/98. La procedura per la redazione dei piani è disciplinata dalla legge che prevede, tra l'altro, l'individuazione e la perimetrazione delle aree soggette a pericolo e a rischio da alluvione, da frana e da valanga.

I risultati degli studi condotti dalle Autorità di Bacino hanno permesso di distinguere quelle porzioni di territorio dove esistono situazioni di dissesto e di classificarle in funzione dei loro livelli di gravità.

Sulla base delle informazioni reperite ed opportunamente omogeneizzate è stata prodotta una cartografia di sintesi che evidenzia tutte le situazioni di dissesto più critiche presenti sul territorio nazionale. Tutto il materiale è disponibile sul sito Internet del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, le aree critiche perimetrate distinte in funzione della tipologia del dissesto sono visualizzabili su una base di ortoimmagini e di limiti amministrativi. L'ottima risoluzione dei dati informatizzati e la struttura del sito Internet consentono una facile consultazione e una chiara individuazione del rischio rappresentato.

Per meglio comprendere l'attività di diffusione dei dati cartografici presenti presso la Direzione Difesa del Territorio partiamo da una breve panoramica sulla ti-

pologia di applicazioni utilizzate.

Il Servizio Sistemi Informativi si muove su due direttrici parallele: da una parte lo sviluppo di strumenti per la gestione dei dati, dall'altra l'implementazione di un'architettura che permetta la pubblicazione sul Web delle informazioni ed il loro aggiornamento da remoto da parte degli enti locali.

La gestione delle informazioni relative a tutti gli strati informativi che pervengono presso il nostro servizio è affidata ad un'applicazione, Catalogo Gis, che ne permette l'archiviazione e, contemporaneamente, costruisce il metadato associato allo strato.

Il metadato costruito viene gestito da un'altra applicazione, denominata "Gestione Progetti", che permette l'organizzazione degli strati informativi sotto forma di "progetti".

L'analisi, la consultazione e l'elaborazione dei dati vengono gestite attraverso diversi software GIS tra cui "ArcView" personalizzato dal nostro servizio.

Per quel che riguarda la pubblicazione Internet dei dati, si è pensato di realizzare due applicazioni Web, per ora sperimentali, una che pubblica solo dati Raster (ortofoto) ed un'altra entrambi i dati sia Raster che Vettoriali. Così mettendo a disposizione degli utenti, sia interni che esterni al Ministero dell'Ambiente, il patrimonio cartografico nazionale.

I dati utilizzati dai due sistemi sono archiviati localmente sui server del Ministero dell'Ambiente e i due applicativi Web sono sviluppati uno con tecnologia Esri l'altro con Ermapper.

Per migliorare le prestazioni client-server si sono inseriti i dati Raster in un database "Sqlserver" sfruttando le funzioni di mosaicatura e di compressione piramidale di "ArcSDE".

L'accesso al sistema avviene tramite web browser sia Internet Explorer che Netscape.

La peculiarità del sito risiede nell'interfaccia che presenta le caratteristiche proprie di un GIS. Infatti consente all'utente sia la navigazione territoriale che la consultazione e l'interrogazione dei dati mediante strumenti di ricerca. In futuro è previsto lo sviluppo di un cliente "ArcIMS" completo degli strumenti di analisi Gis tipici di "ArcIMS". In questo modo si realizzerà un'effettiva interfaccia che consentirà agli utenti abilitati l'integrazione dei dati.

BIBLIOGRAFIA

FLAWN P.T. (1970) ENVIRONMENTAL GEOLOGY: CONSERVATION, LAND USE PLANNING AND RESOURCES MANAGEMENT, HARPER AND ROW, NEW YORK.

LUMSDEN G.I. (1992) GEOLOGY AND THE ENVIRONMENT IN WESTERN EUROPE. A COORDINATED STATEMENT BY THE WESTERN EUROPEAN GEOLOGICAL SURVEYS, CLARENDON PRESS, OXFORD.

GAIA PALLOTTINO

ITALIA NOSTRA - ONLUS
ASSOCIAZIONE NAZIONALE PER LA TUTELA
DEL PATRIMONIO STORICO ARTISTICO E
NATURALE DELLA NAZIONE

INFO@ITALIANOSTRA.ORG
HTTP://WWW.ITALIANOSTRA.ORG

LA DIFESA DELLA NATURA IN ITALIA: IL CONTRIBUTO DI ITALIA NOSTRA

Parole chiave: *patrimonio naturale, aree naturali, beni storico-artistici, pianificazione, legislazione ambientale.*

Ringrazio a nome della Presidente Desideria Pasolini dall'Onda gli organizzatori del congresso della Sigea, che hanno voluto in esso la presenza di Italia Nostra, quasi a suggerire antichi rapporti di amicizia e di collaborazione tra i due organismi.

Il mio intervento avrà ovviamente un taglio piuttosto diverso da quello di molti altri oratori: non vengo qui come tecnico, ma come Segretario generale della più antica e gloriosa Associazione di tutela del nostro paese, a riferire sul ruolo da essa svolto in quasi cinquant'anni di vita nella difesa della natura in Italia.

Infatti nonostante l'impegno di Italia Nostra sia stato a partire dal 1955 maggiormente legato alla tutela dei beni storico-artistici del paese, era chiaro fin dall'inizio ai suoi fondatori, che il patrimonio della nazione fosse inscindibilmente costituito da risorse culturali e naturali ed essi vollero quindi che questo dato fosse sottolineato nella definizione stessa del nome dell'associazione, e cioè Italia Nostra Associazione per la tutela del patrimonio storico, artistico e naturale della nazione.

D'altra parte se è vero che essa è nata nel corso della battaglia contro l'ennesimo sventramento del centro storico di Roma e il tema della tutela del territorio e dei centri storici è stato quello più ampiamente sviluppato e approfondito in questi anni, è opportuno ricordare che da subito essa ha profuso le sue energie anche nel campo della difesa della natura, dando importanti contributi di idee per la definizione e l'approvazione di leggi quali la 431 sul paesaggio, la 183 per la difesa del suolo e la 394 sulle aree naturali protette e portando avanti innumerevoli battaglie per la difesa del verde (in particolare per la tutela dei giardini e delle pinete storiche), per la tutela della montagna, delle paludi, delle coste, del mare, contro la caccia e l'uccellazione, contro il proliferare indiscriminato di cave, contro la cementificazione e i prelievi nei letti fluviali, contro l'inquinamento delle acque, dei suoli e dell'aria, per un corretto smaltimento dei rifiuti, contro l'energia nucleare e per una politica energetica basata sul risparmio e su fonti rinnovabili, contro l'elettrosmog.

Questo variegato impegno è stato portato avanti in quasi cinquant'anni di storia

attraverso campagne di stampa, convegni di studio, azioni giudiziarie, progetti formativi nelle scuole e più recentemente anche con progetti di ripristino e gestione di territori degradati o addirittura di gestione di piccole aree protette.

Nonostante l'azione di Italia Nostra, alla quale si sono più recentemente affiancate numerose altre associazioni ambientaliste, abbia contribuito a sventare molti scempi, non ci si può dire certo soddisfatti dello stato di salute del nostro paese.

Tuttavia fino a qualche anno fa sembrava evidente che grandi passi avanti fossero stati fatti almeno nella direzione della costruzione di una coscienza ambientalista nel paese e della condivisione da parte di gran parte dei cittadini italiani dell'importanza della certezza del diritto e del rispetto delle regole.

Negli ultimi anni invece il paese sembra indirizzarsi verso una nuova stagione di "sviluppo" anarchico e basato sulla crescita quantitativa. Si cerca di smontare ogni regola, vista come vincolo negativo, di cui sbarazzarsi al più presto. Il sottotitolo del II Titolo secondo della legge Obiettivo: "Ognuno

padrone a casa sua" la dice lunga sul cambiamento di mentalità messo in atto.

Tutto questo sembra particolarmente grave soprattutto alla luce del fatto che mentre la corsa allo sviluppo degli anni 1950-'60 poteva essere giustificato da una parte dalla condizione di oggettiva arretratezza nella quale si trovava il Paese, appena uscito dalla guerra e dall'altra dalla non conoscenza delle risposte che l'ambiente avrebbe dato alle sollecitazioni alle quali veniva sottoposto, oggi abbiamo adeguati strumenti per valutare e prevedere le conseguenze del dissesto idrogeologico, della cementificazione diffusa, del consumo di territorio, della progressiva riduzione delle aree agricole, ecc.

Eppure non si sa far altro che riproporre la ricetta di sempre: sviluppo = rilancio dell'edilizia e delle grandi opere. Come disinvoltamente dice l'attuale presidente della Commissione territorio e ambiente della Camera on. Armani "Quand le batiment va, tous va".

Verrà proposta qui di seguito una breve analisi dei recenti provvedimenti legislativi approvati e in via di approvazione e le drammatiche conseguenze che essi rischiano di produrre sull'ambiente naturale e antropico del nostro paese. Essi sono apparsi di una tale gravità da indurre l'Associazione per la prima volta nella sua storia a scendere in piazza, per informare i cittadini di ciò che sta accadendo e raccogliere firme per una petizione indirizzata al Presidente della Repubblica.

E' doveroso comunque sottolineare che il cambio di mentalità cui si faceva riferimento precedentemente non è ascrivibile al solo governo attualmente in carica, tanto che alcuni dei provvedimenti che verranno illustrati sono almeno in parte uno sviluppo di provvedimenti assunti negli ultimi anni di governo di centro sinistra. Mi sembra comunque di poter affermare che mai precedentemente in così breve lasso di tempo si era operato con tanta determinazione contro l'ambiente e quindi anche contro la salute dell'uomo.

Legge 383/2001 Tremonti. Legge finalizzata a fare cassa. In cambio dell'emersione fiscale si offre causa estintiva dei reati ambientali, proprio a chi fino a quel momento ha inquinato operando nell'illegalità. Il provvedimento non mancherà di essere impugnato da coloro che non saranno premiati perché hanno operato legalmente.

Finanziaria 2002. Prevede tra l'altro tagli ai finanziamenti per attuare nel nostro paese il protocollo di Kyoto, tagli ai finanziamenti alle aree protette, tagli ai finanziamenti al Decreto "Sarno", resosi necessario dopo la drammatica frana del 1998, a causa delle lentezze nell'attuazione delle Legge sulla difesa del suolo. Credo siamo tutti consapevoli dei rischi connessi con l'inter-

ruzione delle operazioni di risanamento della montagna a monte dell'abitato di Sarno.

Art.34 collegato alla Finanziaria. Sventata in seguito alla battaglia portata avanti dagli ambientalisti la svendita del demanio marittimo, prevista nell'art. 71 della Finanziaria, ricompare nel collegato la svendita del demanio non marittimo (fiumi, laghi, boschi, ecc.).

Legge delega per il riordino della legislazione in materia ambientale A.C. 1798. Il Governo chiede al Parlamento una delega per istituire una commissione di 24 persone, i cui titoli non sono definiti, chiamata a riordinare, ma anche a sostituire e ad integrare la legislazione vigente in materia di ambiente (rifiuti, acque, inquinanti, aree protette, ecc.). Il Parlamento si farebbe espropriare così il proprio diritto/dovere a legiferare; per due o tre anni in attesa di nuove regole sarebbe molto probabile una totale anarchia ambientale; è fondato il timore della cancellazione dei diritti faticosamente acquisiti negli ultimi anni in materia di tutela ambientale. Dal breve articolato si evince il rischio dell'abolizione dei vincoli paesaggistici nei parchi, di una sanatoria e dell'introduzione della caccia nelle aree protette.

Legge 443/2001. Il Primo titolo costituisce un grande rilancio delle opere pubbliche in Italia, alcune delle quali necessarie, altre sicuramente superflue se non dannose. Basti pensare al M.O.S.E. (laguna di Venezia) e al Ponte sullo stretto di Messina. Si tratta prevalentemente di un grande rilancio della viabilità, insistendo quindi su trasporto privato e su gomma. E' difficile accettare come realistica la valutazione di 250 opere strategiche per il paese. In nome di un malinteso liberismo viene aperta la partecipazione dei privati, estensori del progetto in discussione, alla Conferenza dei Servizi, mentre da essa viene esclusa la società civile (comitati, associazioni, ecc.). Per sveltere le procedure per la realizzazione delle opere pubbliche previste, viene eliminato il potere di veto delle Soprintendenze, viene svuotata delle valutazioni tecniche la Via, che in parte viene affidata al Cipe, viene anche effettuato un ulteriore ridimensionamento della legge "Merloni" sugli appalti, nata per contrastare Tangentopoli. Il Secondo titolo della legge riguarda le costruzioni edilizie e introduce la così detta "Superdia", che consente di operare trasformazioni notevoli nei centri storici, anche l'abbattimento di un intero edificio e la sua ricostruzione, purché se ne mantengano i volumi, con una semplice dichiarazione di inizio di attività rivolta al Comune di competenza. Anticipa e peggiora il Testo unico per l'edilizia, approvato dal governo Amato. Il Terzo titolo riguarda le innovazioni in tema di monitoraggio e controllo degli inquinanti dall'emissione allo smaltimento. Le sempli-

fizzazioni introdotte renderanno impossibile seguire l'iter nella sua completezza ed avere la certezza che lo smaltimento sia fatto correttamente per tutti. Per legge le terre da scavo non potranno più essere definite rifiuti, nonostante si sappia che contengono sostanze dannose alla salute.

Legge 401/2001. E' stata estesa ai grandi eventi la possibilità di dichiarare lo stato di "emergenza nazionale" (che prevede la deroga alle normative vigenti). Ci si interroga per esempio, visto che il semestre di presidenza italiana alla Unione europea è stato normato come grande evento, se tutto ciò che avverrà in quel periodo, potrà godere di siffatta deroga. Tale strumento intanto è stato impropriamente usato nei mesi scorsi per riaprire una cartiera inquinante a Tolmezzo, la cui chiusura aveva prodotto le proteste dei lavoratori.

Legge 22/2002. Qualcosa di simile è avvenuto a Gela, dove la magistratura aveva chiuso l'impianto che produceva energia elettrica, bruciando, caso unico in Italia, il "pet coke", prodotto di scarto del petrolio. L'Agip ha ritenuto di dover chiudere l'intero apparato produttivo di Gela, cosa che ha prodotto la discesa in piazza dei lavoratori. Per risolvere il problema la legge 22/2002 opera la trasformazione di un rifiuto pericoloso in prodotto da raffineria e combustibile e abilita eventualmente altri a produrre energia elettrica a costi così competitivi.

D.d.I. Disposizioni in materia ambientale A.S. 1121. In Italia i siti da bonificare dopo la dismissione di attività industriali altamente inquinanti sono molto numerosi. Con l'entrata in vigore di questa legge i privati potranno bonificare con soldi pubblici siti da loro stessi contaminati, senza particolari controlli e per di più potranno in seguito disporre delle stesse aree per edificare.

D.d.I. Misure urgenti per garantire la sicurezza del sistema energetico nazionale n. 7. Nell'ambito del generale rilancio delle grandi opere si prevede anche la costruzione di numerose centrali elettriche da 300 MW. L'individuazione del sito avverrebbe a livello centrale, eliminando automaticamente controlli e vincoli urbanistici.

D.d.I. n. 63 Tremonti, poi approvata come 112/2002. Istituzione della Patrimonio s.p.a. e della Infrastrutture s.p.a.. Alla prima, strettamente di proprietà pubblica, passa tutto il demanio e il patrimonio disponibile e indisponibile dello Stato. Alla seconda, di proprietà pubblico-privata, finalizzata a reperire fondi necessari per la realizzazione delle grandi opere pubbliche, può passare una parte del patrimonio della prima. I meccanismi non sono molto chiari, ma fanno pensare ad una ipoteca del patrimonio storico e naturale del paese per finanziare il piano delle opere pubbliche previste dalla legge Obiettivo.

LE MIGLIORI TECNOLOGIE DISPONIBILI APPLICATE ALLA SALVAGUARDIA AMBIENTALE IN ATTIVITÀ DI RICERCA E PRODUZIONE DI IDROCARBURI

MARINO ASTORRI
CLAUDIO ZOCCATELLI

ENI - DIV. AGIP

Parole chiave: ambiente, idrocarburi, remote sensing, sondaggio, ripristini ambientali.

1 - PREMESSA

Negli ultimi 20 anni, l'industria petrolifera ha fatto passi da gigante nella messa a punto di sofisticate tecnologie per far fronte a condizioni operative di crescente difficoltà in aree di frontiera come acque ultraprofonde e mari artici. Tale sviluppo tecnologico è stato espresso, inoltre, dalle maggiori compagnie petrolifere qualificando sempre di più le loro attività attraverso investimenti nella ricerca scientifica finalizzata all'ambiente ed alla sua protezione; obiettivo che viene costantemente valorizzato al fine di migliorare la reputazione dell'azienda nonché l'impegno verso la sostenibilità dei propri progetti nel rispetto dell'ambiente e del contesto sociale di riferimento.

Tramite l'utilizzo di tecnologie d'avanguardia è oggi possibile assicurare e garantire il massimo grado di tutela e protezione dell'ambiente nelle operazioni di ricerca e produzione di idrocarburi.

Nuovi sistemi di perforazione diminuiscono l'impatto ambientale di tali attività attraverso la riduzione dei volumi dei reflui di perforazione, la possibilità di riutilizzo degli stessi, l'impiego di fluidi più eco-compatibili, la riduzione dei tempi operativi, un minor utilizzo del suolo nonché la riduzione del rumore associato.

Speciali immagini di *remote sensing* vengono utilizzate per caratterizzare siti contaminati o tratti di costa ad alta sensibilità ambientale.

Strumenti informatici del tipo Gis mi-

gliorano il supporto informativo in caso di risposta ad emergenze causate da incidenti o da sversamenti di idrocarburi.

Nel campo della previsione, monitoraggio e controllo della subsidenza, ed operando in prossimità di aree sensibili come la costa ravennate ed il Delta del Po, sono state adottate tecnologie altimetriche satellitari radar e Gps di alta precisione.

Nell'ambito del futuro "decommissioning" delle piattaforme offshore si sta valutando la fattibilità tecnico-economica di tutti i possibili scenari di riutilizzo di tali strutture ai fini di produzione di energie alternative, telecomunicazioni, stazioni scientifiche, stazioni meteorologiche ed oceanografiche, centri di maricoltura, supporto alla sicurezza della navigazione marittima, etc.

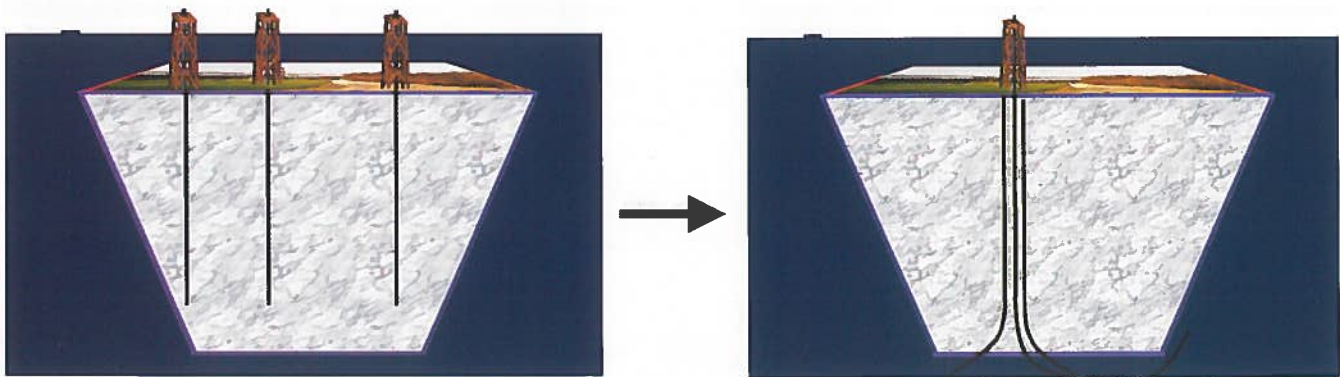


Figura 1 - Clusterizzazione

Allo scopo di fornire un quadro sintetico del passaggio dall'ambito delle intenzioni e delle affermazioni a quello delle applicazioni concrete fino alle varie attività operative, presentiamo in questa sede una panoramica delle esperienze più significative, in relazione ai processi di perforazione dei pozzi, di ripristino delle aree, di monitoraggio e di gestione di alcuni aspetti ambientali rilevanti.

2 - PERFORAZIONE

I nuovi sistemi di perforazione riducono l'impatto ambientale di tali attività attraverso la riduzione dei volumi dei reflui di perforazione, la possibilità di riutilizzo degli stessi, l'impiego di fluidi più eco-compatibili, l'impiego di nuove tecnologie di perforazione, la riduzione dei tempi operativi, un minor utilizzo del suolo nonché la riduzione del rumore associato.

2.1 - POZZI DA CLUSTER

Per sviluppare un campo a gas o ad olio, invece di perforare vari pozzi verticali ad una certa distanza uno dall'altro, vengono perforati due o più pozzi dalla stessa postazione (fig. 1). Questo sistema applicato originariamente in offshore per ridurre il numero delle piattaforme, è stato progressivamente esteso ad altre realtà più complesse anche in terraferma. Tale metodologia, non praticabile in alcune realtà geologiche complesse con gli impianti di perforazione tradizionali, è stata resa possibile con lo sviluppo di un'attrezzatura automatica di perforazione denominata *Straight-hole Drilling Device* (SDD) che consente la correzione continua in modo automatico della direzione di avanzamento per garantire l'assoluta verticalità fino alla profondità programmata. Con la "clusterizzazione" viene ridotto il numero delle postazioni necessarie allo sviluppo di un giacimento, e quindi le conseguenze visive ed acustiche dell'attività mineraria sul territorio, con notevoli vantaggi dal punto di vista ambientale.

2.2 - TECNOLOGIA "LEAN PROFILE"

La tecnologia SDD accennata al punto precedente, garantendo la verticalità del foro, ha permesso anche di ridurre lo spazio (clearance) tra il diametro del foro ed il diametro esterno del rivestimento (fig. 2). Con questo profilo di tubaggio più snello "lean", vengono ridotti in modo significativo sia il consumo dei materiali (fango, cemento, acciaio), sia la produzione dei reflui.

Con tale tecnologia anche i tempi di perforazione hanno subito una drastica riduzione (fig. 3).

2.3 - TECNOLOGIA MULTILATERAL

Un altro aspetto innovativo delle tecnologie della perforazione è il cosiddetto sistema "multilateral" che consiste nella

perforazione entro lo stesso pozzo di due o più rami a differente profondità e direzione (fig. 4).

Oltre ai conseguenti benefici di natura ambientale, con tale tecnologia si ha una sensibile riduzione dei costi potendosi man-

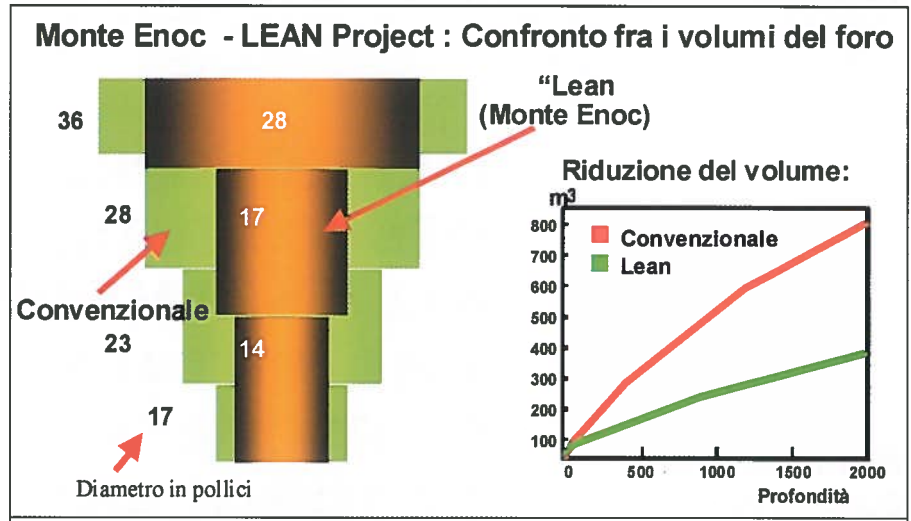


Figura 2 - Profilo Lean.

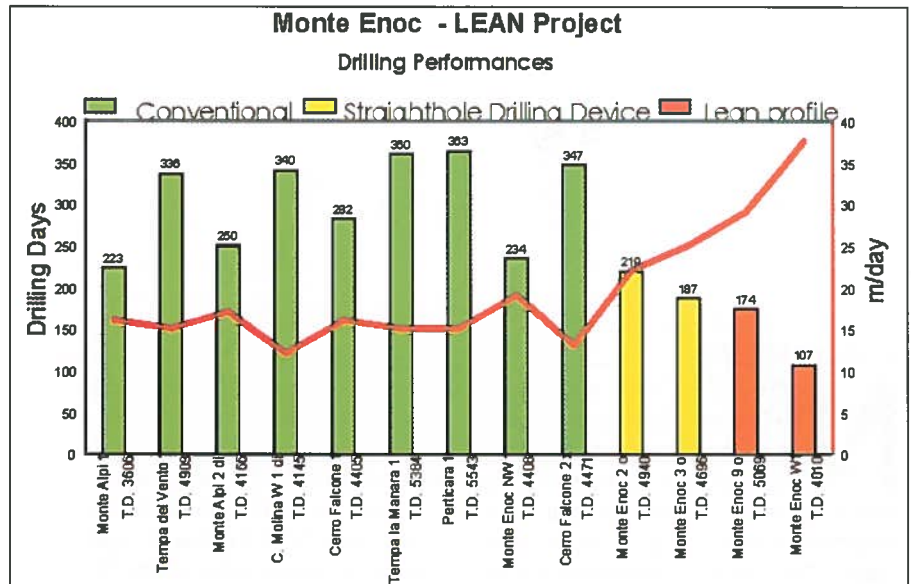


Figura 3 - Risultati dell'attività di perforazione del Lean Project Monte Enoc (drilling days=giorni di perforazione, m/day=metri di avanzamento di perforazione al giorno).



Figura 4 - Schema applicativo della tecnologia multilateral.

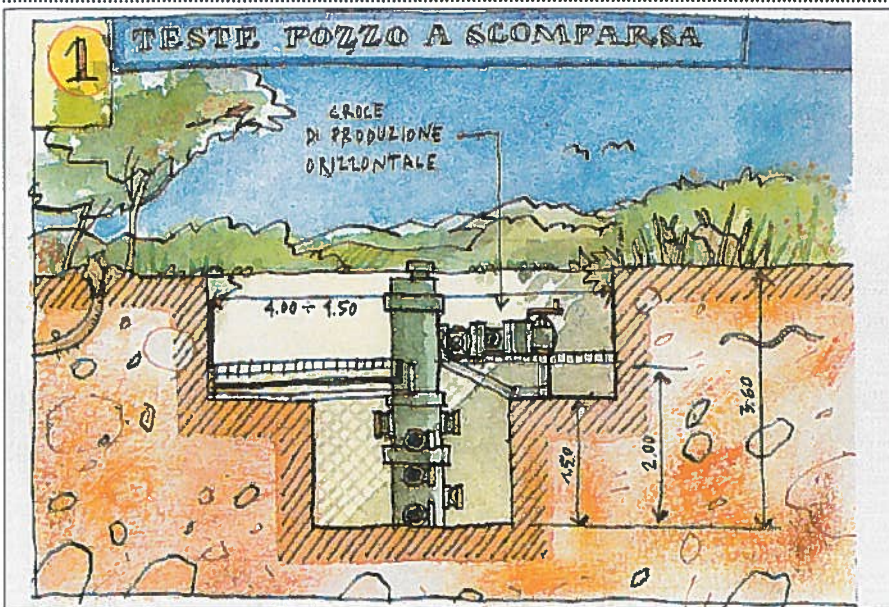


Figura 5 - Pozzo a scomparsa con croce di produzione orizzontale.

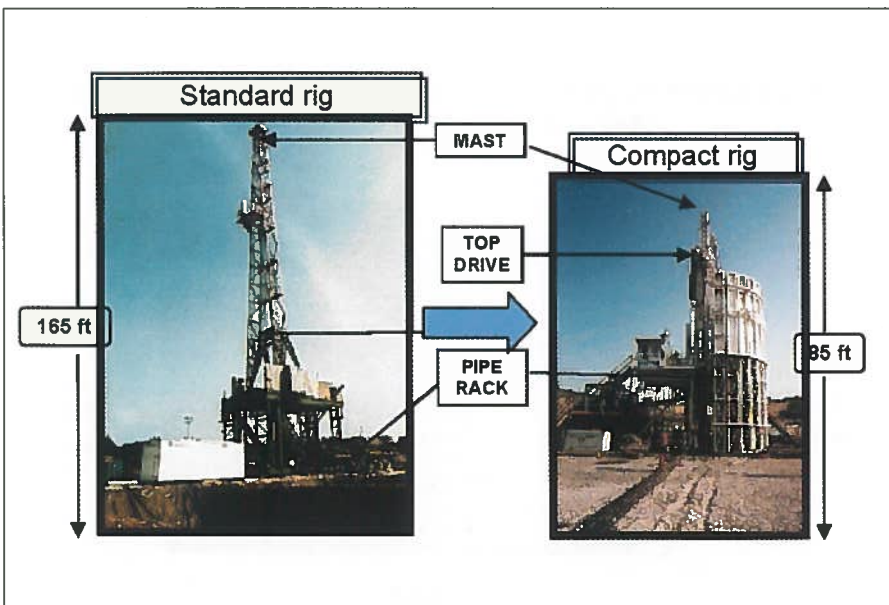


Figura 6 - Confronto fra impianto di perforazione standard e impianto di tipo compatto.

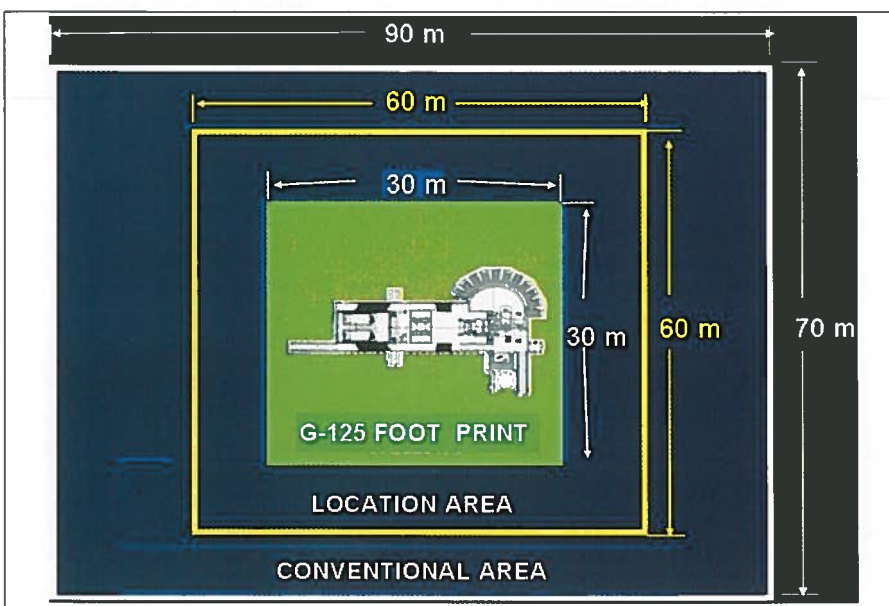


Figura 7 - Confronto fra l'area occupata dalla postazione di un impianto di perforazione standard (70x90) e quella di un impianto di tipo compatto (60x60).

tenere le stesse potenzialità produttive di un giacimento attraverso un minor numero di pozzi.

2.4 - TESTE POZZO COMPATTE E CROCI DI PRODUZIONE ORIZZONTALI

Per migliorare la sicurezza operativa, semplificare la gestione del pozzo nelle varie fasi operative e ridurre l'impatto visivo del sistema pozzo, sono state ideate ed adottate le teste pozzo compatte e le croci di produzione orizzontali (fig. 5). Con la configurazione orizzontale si ottiene anche un risparmio dei tempi negli interventi di manutenzione e si rende praticamente nullo l'impatto visivo.

2.5 - SONDE DI PERFORAZIONE COMPATTE

Dove tecnicamente possibile, vengono anche utilizzate attrezzature e sonde di perforazione compatte e di ridotte dimensioni, come evidenziato in figura 6, dove vengono messi a confronto le dimensioni di un impianto di perforazione standard con quelle di uno compatto.

Anche l'area occupata dall'impianto con l'utilizzo di tali sonde viene significativamente ridotta (fig. 7).

2.6 - SISTEMA CLOSE-LOOP

Una tecnologia innovativa che ha consentito di ridurre in modo apprezzabile l'impatto delle attività di perforazione sul territorio, anzi con dei vantaggi concreti per l'operatore, è quella del *close loop*, che consiste nel trattamento a ciclo chiuso di fanghi e detriti di perforazione.

In pratica i rifiuti prodotti durante l'attività di perforazione, quali fanghi, detriti, acque di lavaggio, imballaggi, inerti da opere civili, etc, invece di essere conferiti in massa a discariche autorizzate, senza possibilità di riduzione del volume e di eventuale riutilizzo, vengono riutilizzati lavando il fango dai detriti con l'acqua riciclata. Il fango ed i detriti, disidratati, vengono successivamente inviati a forni o a cementifici per produrre laterizi o cemento (fig. 8).

Le attrezzature ed i processi utilizzati nel sistema del *close loop* sono standard e già in uso presso altre industrie.

La riduzione della quantità di rifiuti prodotti viene evidenziata in modo inequivocabile nel diagramma che segue (fig. 9), in cui viene confrontata la quantità di tonnellate di rifiuto per metro perforato senza e con l'impiego del sistema del *close loop*.

2.7 - REINIEZIONE DELLE ACQUE DI PRODUZIONE

Un altro sistema impiegato per ridurre l'impatto delle attività di perforazione consiste nel reiniettare in acquiferi profondi (fig. 10) le acque di produzione, cioè le acque salate associate all'idrocarburo (gas o olio) durante la normale vita produttiva del giacimento.

Lo smaltimento con metodi tradizionali di tali acque richiederebbe onerosi trattamenti per renderle compatibili e un aumento delle disponibilità di trasporto e stoccaggio.

2.8 - CONSIDERAZIONI SULLE TECNOLOGIE INNOVATIVE MESSE A PUNTO PER LE ATTIVITÀ DI PERFORAZIONE

Quanto evidenziato non copre tutti gli aspetti tecnologicamente innovativi messi in atto da Eni-Agip per ridurre gli impatti dell'attività di perforazione sul territorio, ma fornisce un quadro significativo dei risultati perseguiti e ottenuti negli ultimi anni: un impatto sonoro minore, un utilizzo del suolo ridotto, un maggior risparmio di risorse idriche ma in particolare un minor volume di detriti e fanghi di perforazione e di acque di produzione.



Figura 8 - Detriti lavati e vagliati pronti per l'invio a fornaci o cementifici.

3 - REMOTE SENSING

Un tecnologia adottata di recente in Eni-Agip per la caratterizzazione ambientale in aree di attività di esplorazione e produzione di idrocarburi consiste nell'applicazione di tecniche iperspettrometriche (immagini da satellite dotato di speciali sensori) a siti contaminati o tratti di costa ad alta sensibilità ambientale.

Ad esempio per l'incidente (blow-out) di Trecate (No) nel 1994, per il quale una vasta area è stata ricoperta da idrocarburi fuoriusciti in eruzione da un pozzo ad olio (fig. 11), l'iperspettrometria ha fornito nell'immediato uno strumento utile al processo di valutazione dei danni e successivamente all'individuazione delle strategie di recupero.

Un'altra interessante applicazione industriale dell'iperspettrometria è risultata quella relativa allo studio della costa sicula meridionale per individuare l'area più idonea all'approdo del gasdotto Trans-Med in modo da non interferire con la distribuzione delle praterie di Posidonia Oceanica, nelle quali nidificano e si riproducono molte specie marine.

In seguito a complesse ricerche ed alla messa a punto di sistemi di riconoscimento delle caratteristiche spettrali che potessero individuare tali praterie, ai progettisti del gasdotto sono state indicate alcune aree alternative idonee all'approdo con morfologia costiera dolce, scarsa antropizzazione e assenza di aree a Posidonia (fig. 12).

4 - RIPRISTINI AMBIENTALI ED INGEGNERIA NATURALISTICA

La restituzione totale o parziale di un'area su cui sono terminate le attività di esplorazione o produzione (perforazione, interramento di pipeline, decommissioning di un impianto) richiede interventi di ingegneria naturalistica per il ripristino dell'area stessa allo stato primitivo o anche per il suo miglioramento. Un adeguato reinserimento del

Comparazione tra gli anni 1998 senza impiego di close loop e 1999 con impiego di close loop

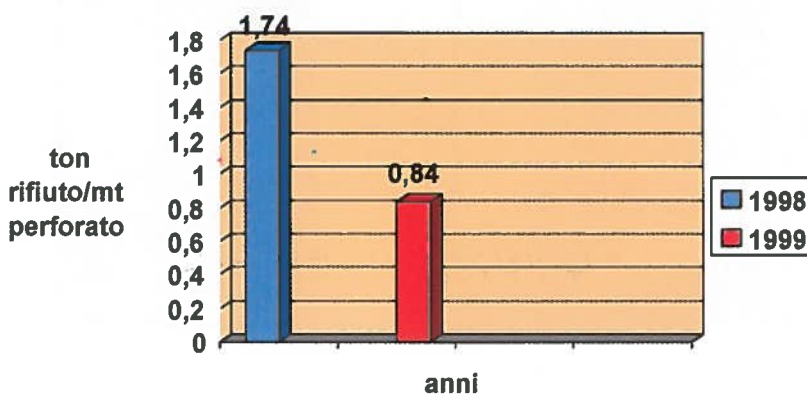


Figura 9. - Confronto delle quantità di rifiuti prodotti con e senza tecnologia close loop.

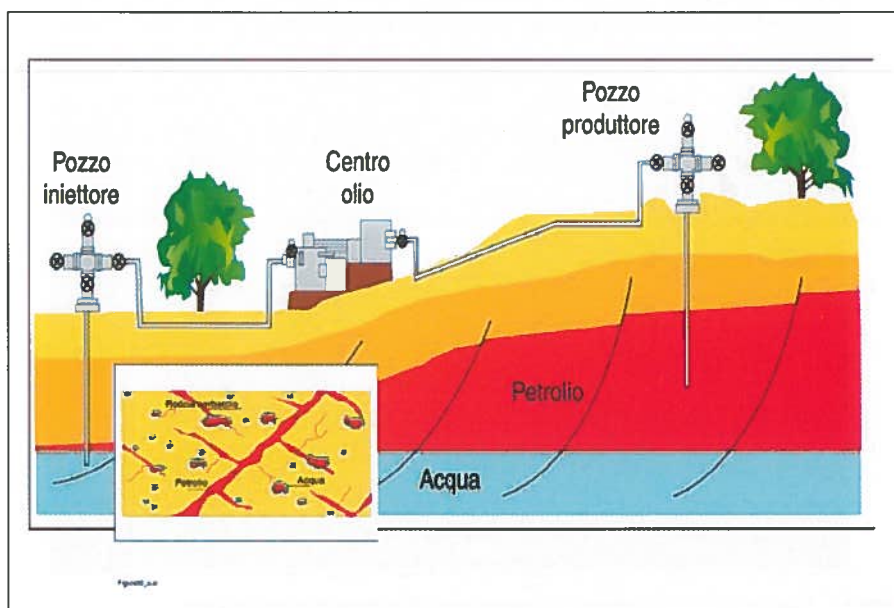


Figura 10 - Schema di reiniezione delle acque di produzione

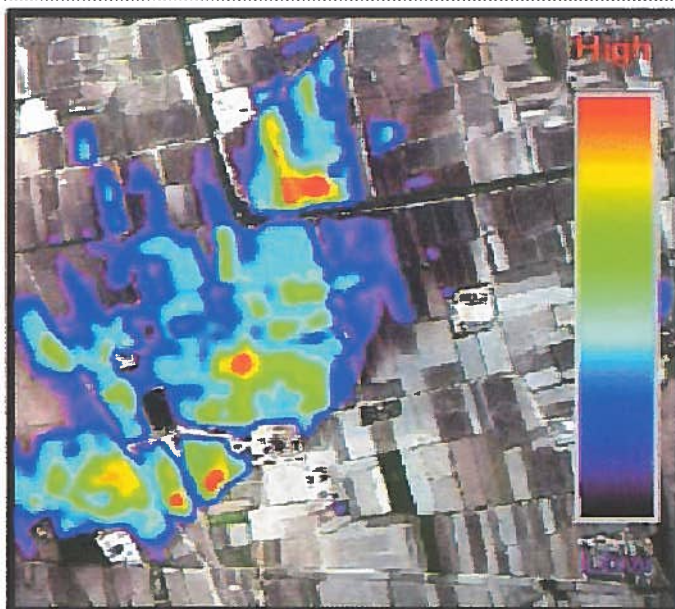


Figura 11 - Pozzo Trecate 24, 1994: valutazione dell'inquinamento conseguente al blowout.

sito dismesso nel paesaggio circostante richiede il ripristino geomorfologico e logistico dell'area (fig. 13), la piantumazione di essenze tipiche autoctone, attrattive faunistiche per il ripopolamento delle specie e piani di monitoraggio per un controllo dell'efficacia degli interventi effettuati.

Circa la dismissione delle piattaforme marine, al contrario, anche in considerazione del-

l'interessamento della Pubblica Amministrazione, in luogo della loro asportazione e del conseguente ripristino del fondo mare, si sta valutando la fattibilità tecnico-economica di tutti i possibili scenari di riutilizzo di tali strutture ai fini di produzione di energie alternative, telecomunicazioni, stazioni scientifiche, stazioni meteorologiche ed oceanografiche, centri di maricoltura, supporto alla sicurezza della navigazione marittima, etc.

5 - PREVISIONE, PREVENZIONE E MONITORAGGIO DELLA SUBSIDENZA

L'estrazione di fluidi dal sottosuolo, come nel caso dell'attività di coltivazione di giacimenti a olio e gas, può indurre in alcuni casi un abbassamento della superficie del terreno o del fondale marino (subsidenza) sovrastante l'area mineralizzata.

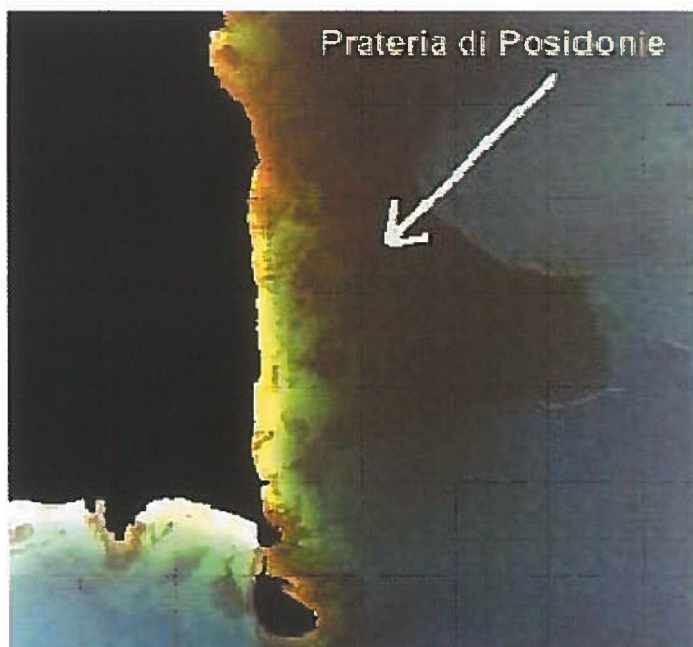


Figura 12 - Individuazione delle praterie di Posidonie Oceaniche per l'approdo del Trans-Med.



Figura 13 - Ripristino dell'area dopo l'interramento di una condotta (a sinistra subito dopo l'interramento, a destra a ripristino ambientale avvenuto).

La subsidenza rappresenta un aspetto particolarmente delicato nel quadro dell'impatto geomorfologico delle attività di Esplorazione e Produzione di idrocarburi sul territorio, specialmente se il fenomeno si manifesta in corrispondenza di aree costiere ed in concorso con altre cause del fenomeno (emungimenti idrici).

Per prevedere il fenomeno, seguirne l'evolversi nel tempo ed indicare possibili metodologie di mitigazione, sono state individuate le migliori tecnologie al momento disponibili, delle quali si riporta una panoramica di sintesi.

5.1 MODELLISTICA

Per la previsione del fenomeno della subsidenza, prima ancora del suo manifestarsi, vengono utilizzati modelli analitici e modelli ad elementi finiti (fig. 14).

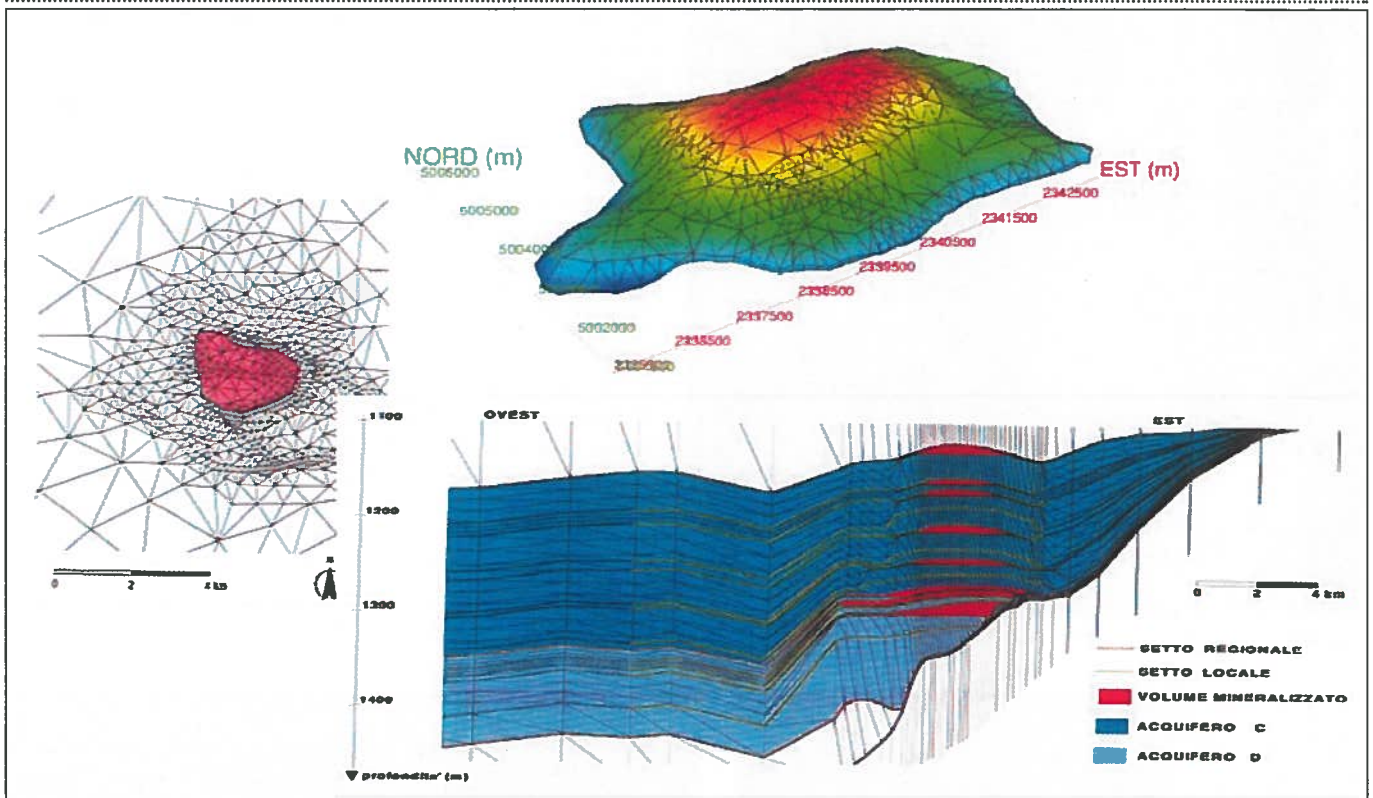


Figura 14 - Modelli previsionali ad elementi finiti: rappresentazione geometrica di un giacimento (profilo, pianta e 3d).

Con questi strumenti e con i valori delle variazioni nel tempo delle pressioni nei vari livelli fornite dai modelli dinamici di giacimento e dei coefficienti di compressibilità C_m delle rocce che contengono gli idrocarburi, è possibile effettuare delle previsioni (generalmente secondo uno scenario ottimistico ed uno pessimistico) dell'andamento del fenomeno subsidenziale.

5.2 MISURA DELLA COMPATTAZIONE SUPERFICIALE

Allo scopo di poter quantificare e attribuire i fenomeni di subsidenza ai molteplici

meccanismi che ne sono causa, vengono effettuate misure della compattazione superficiale.

In speciali pozzi, chiamati "assestimetri" (schema di figura 15) viene misurata la compattazione del pacco dei livelli geologi-

ci superficiali inglobanti gli acquiferi soggetti ad emungimento idrico.

La compattazione determinata dagli assestimetri viene sottratta dalla subsidenza totale misurata in superficie.

Lungo la costa ravennate sono operati-

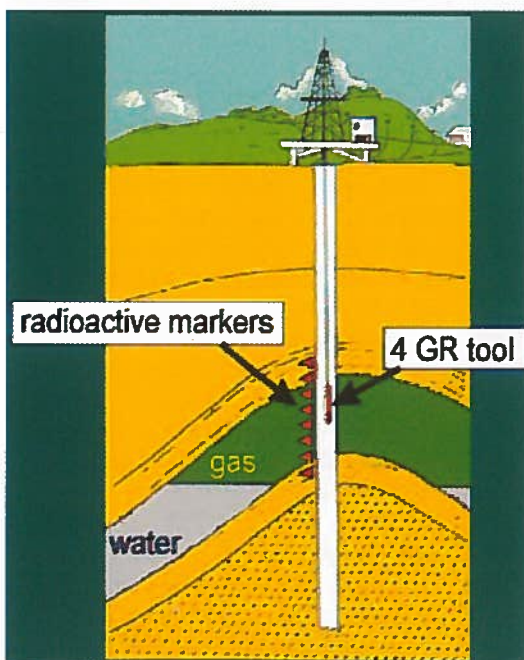


Figura 16 - Schema di pozzo con markers e sonda FSMT

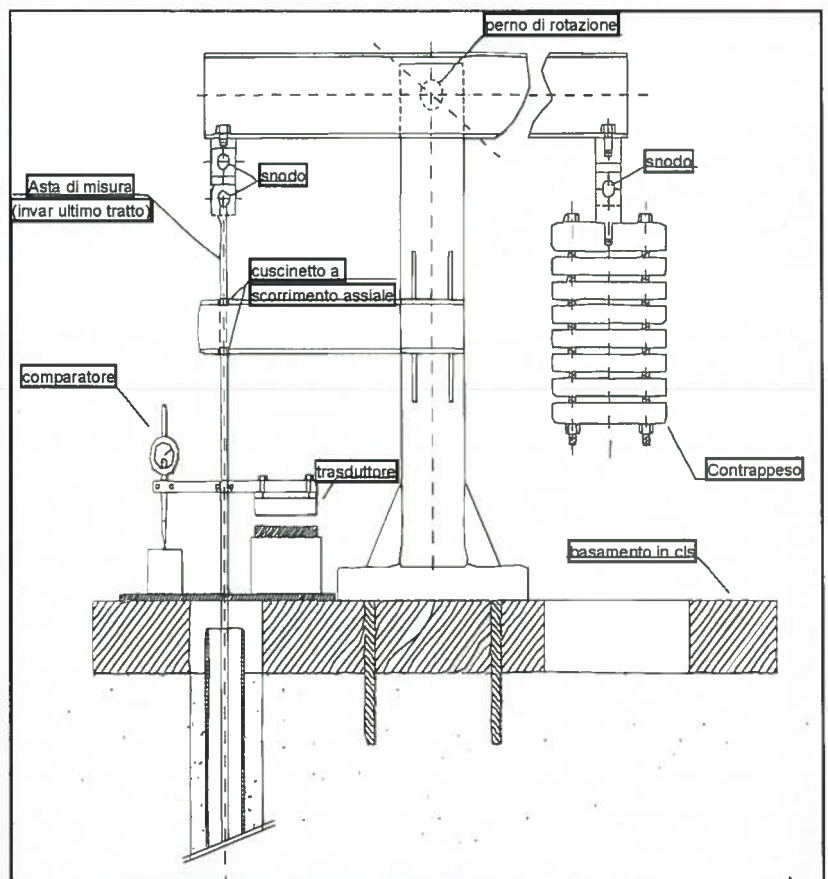


Figura 15 - Rappresentazione schematica di un assestmetro. La barra rigida ancorata in profondità e tesa dal bilanciere, viene estrusa in superficie dal processo di compattazione degli strati da essa attraversati.

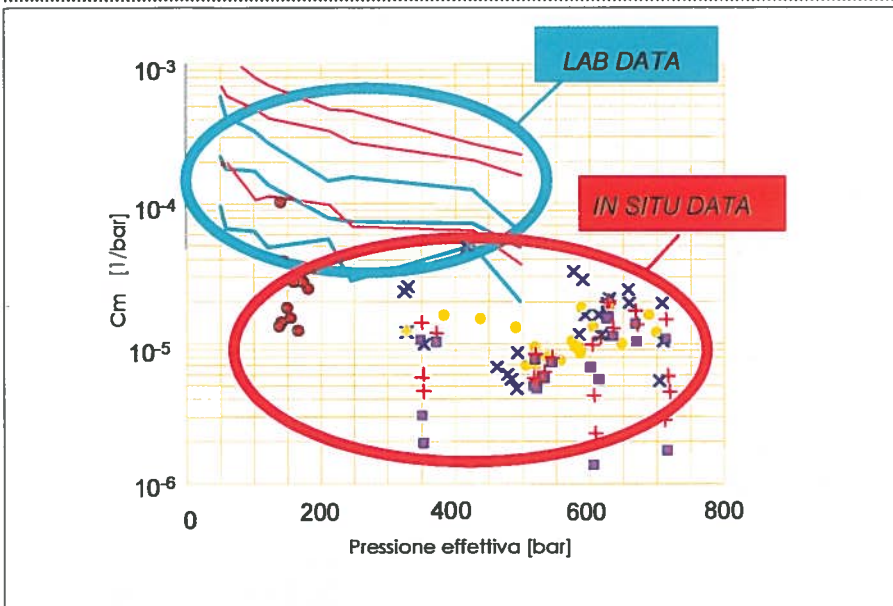


Figura 17 - Valori di Cm da test di laboratorio (curve rosse: 1° ciclo, curve azzurre: 2° ciclo) confrontati con valori di Cm (valori singoli contrassegnati da simboli) rilevati in sito.

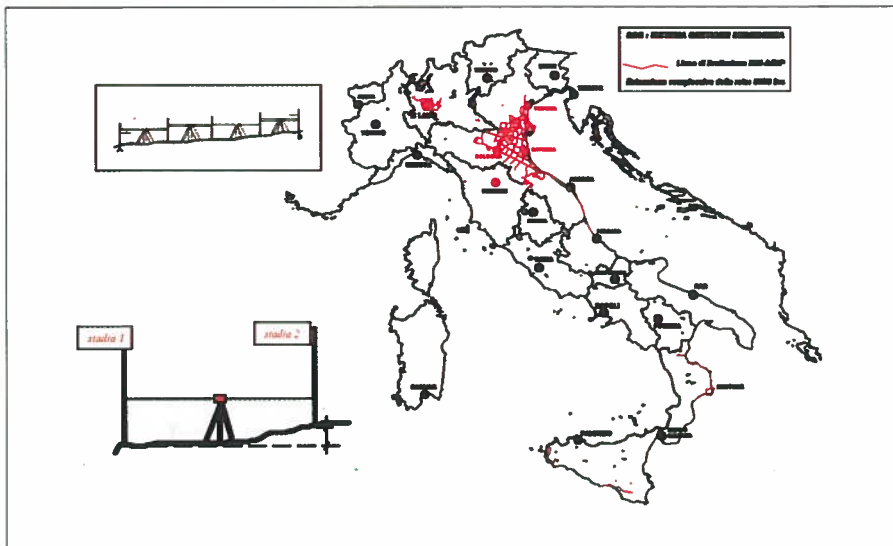


Figura 18 - Linee di livellazione ENI in Italia.

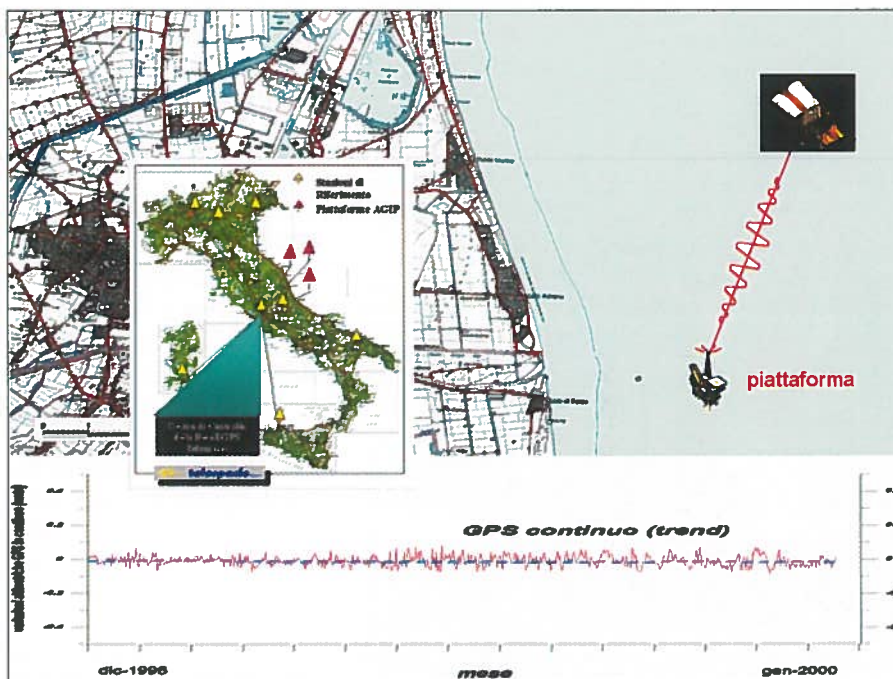


Figura 19 - Rilievo altimetrico offshore con metodologia GPS continuo.

vi dal 1995 tre pozzi assestometrici con relativi piezometri.

5.3 MISURA DELLA COMPATTAZIONE PROFONDA

Per una previsione il più possibile accurata della subsidenza che può essere indotta dal declino di pressione dei livelli mineralizzati dai quali viene estratto il gas, è necessario conoscere le caratteristiche di compressibilità della roccia di cui sono formati i livelli medesimi.

Tale caratteristica viene rilevata, oltre che con test di laboratorio effettuati su campioni di carote prelevate durante la perforazione, anche direttamente in pozzo tramite pallottole radioattive (fig. 16) sparate lungo il foro a distanza regolare di circa 10.5 metri.

Misurando nel tempo con grande precisione le distanze tra due pallottole adiacenti e conoscendo le variazioni di pressione intervenute nel livello in cui esse sono ubicate, è possibile determinarne le caratteristiche di compressibilità (coefficiente Cm).

Nell'Adriatico, a partire dal 1992, sono operativi sei pozzi con markers.

Con tale tecnologia è stato possibile determinare la compressibilità reale in giacimento ed evidenziare come i test di laboratorio forniscano risultati generalmente sovrastimati (almeno per le curve del 1° ciclo di carico) rispetto a quelli determinati direttamente in sito (fig. 18).

5.4 MONITORAGGI ALTIMETRICI

Il monitoraggio delle variazioni altimetriche in corrispondenza delle aree in cui Eni esercita le proprie attività di produzione di idrocarburi viene effettuato con le classiche livellazioni geometriche di alta precisione e con le più recenti tecnologie che utilizzano i rilievi altimetrici satellitari: il Gps in continuo e l'interferometria da immagini radar satellitari (Sar).

Le livellazioni geometriche di alta precisione vengono effettuate secondo gli standard Igm e generalmente controllate e validate da Enti esterni (Università, Cnr).

La rete italiana di Eni si estende per oltre 5500 km di lunghezza, per la maggior parte nella pianura padana orientale (fig. 18).

Per le strutture offshore, le cui variazioni altimetriche non possono essere misurate con le livellazioni geometriche, è stata adottata la tecnologia del rilievo satellitare Gps in continuo, il cui trend annuale raggiunge precisioni del millimetro (fig. 19).

Il più recente sistema di misura delle variazioni altimetriche adottato da Eni consiste nell'elaborazione delle foto radar satellitari (interferometria Sar). Con tale sistema, oltre alla possibilità di misurare in certe aree le variazioni altimetriche verificatesi a partire dal

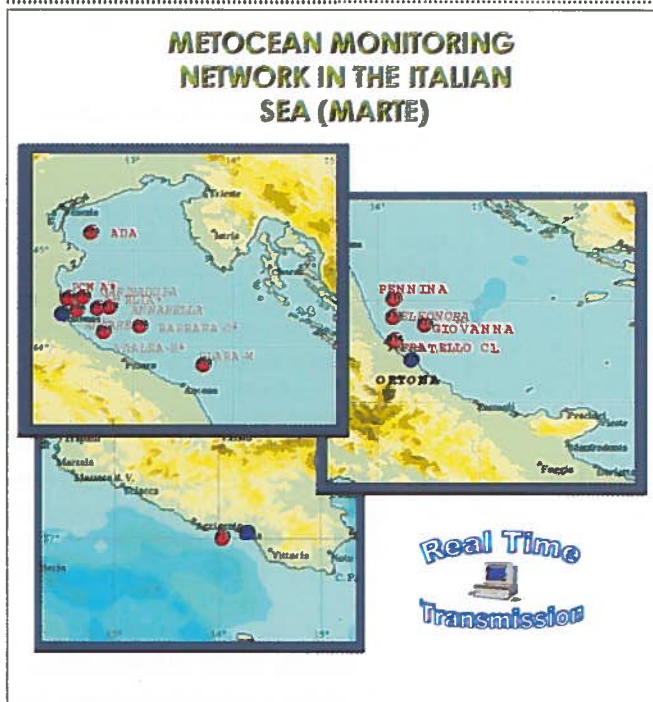


Figura 20 - Rete delle piattaforme del sistema MARTE.

1992 (anno di lancio dei satelliti Ers), si opera con la massima precisione attualmente raggiungibile (millimetro).

6 - MONITORAGGIO METEOCEANOGRAFICO

La necessità di operare in mare sia durante la fase esplorativa (campagne sismiche offshore) sia specialmente durante la fase di perforazione dei pozzi (esplorativi e di sviluppo dei giacimenti) ha richiesto l'installazione di una rete di monitoraggio e previsione delle condizioni meteomarine.

I dati meteomarine trasmessi in tempo

stema Marte anche il comune di Venezia, per le previsioni dell'acqua alta, il comune di Ravenna, per la previsione di eventi di intensità tale da poter allarmare la Protezione Civile ed infine l'Istituto Idrografico della Marina (Roma) con il

reale da alcune piattaforme (fig. 20) ad un centro di raccolta a terra (sistema Marte), vengono utilizzati nel breve periodo per la movimentazione dei mezzi navali ed aerei, nel lungo periodo (serie statistica) per i parametri di progetto nella costruzione di strutture offshore (piattaforme).

Sono inoltre collegati direttamente al si-

quale vengono scambiati dati oceanografici rilevati dalle boe.

Dati meteomarine spot validati vengono ceduti gratuitamente anche ad altri Enti per studi vari (Università di Bo, Fi, Aq, Pd, Na, Urbino, Cnr, Arpa Emilia-Romagna, ecc.).

Il sistema Marte fornisce anche un supporto fondamentale alle emergenze per eventuali oil-spill (sversamenti accidentali di idrocarburi in mare) che dovessero verificarsi in Adriatico. Sulla base dei dati degli ondometri, dei correntometri e degli anemometri ubicati sulle piattaforme, viene attivato un modello idrodinamico (fig. 21).

I risultati del modello idrodinamico, unitamente alle previsioni meteorologiche for-

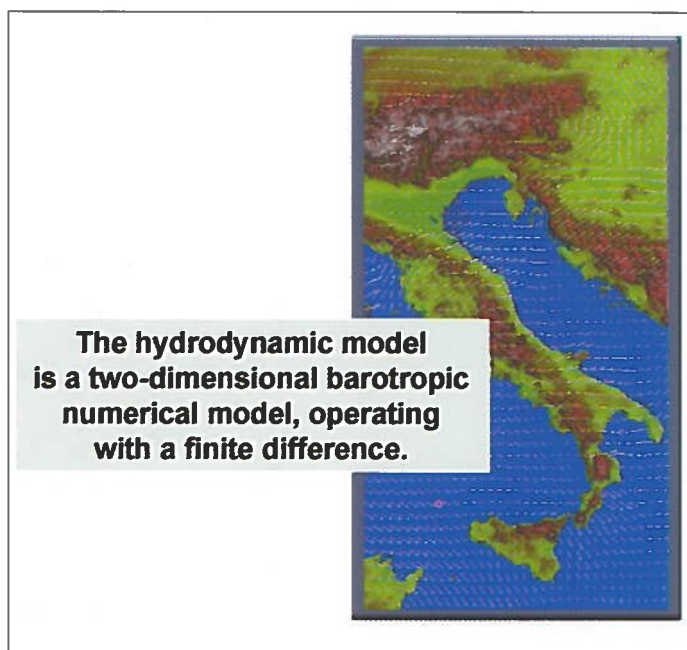


Figura 21 - Modello idrodinamico dell'Adriatico.

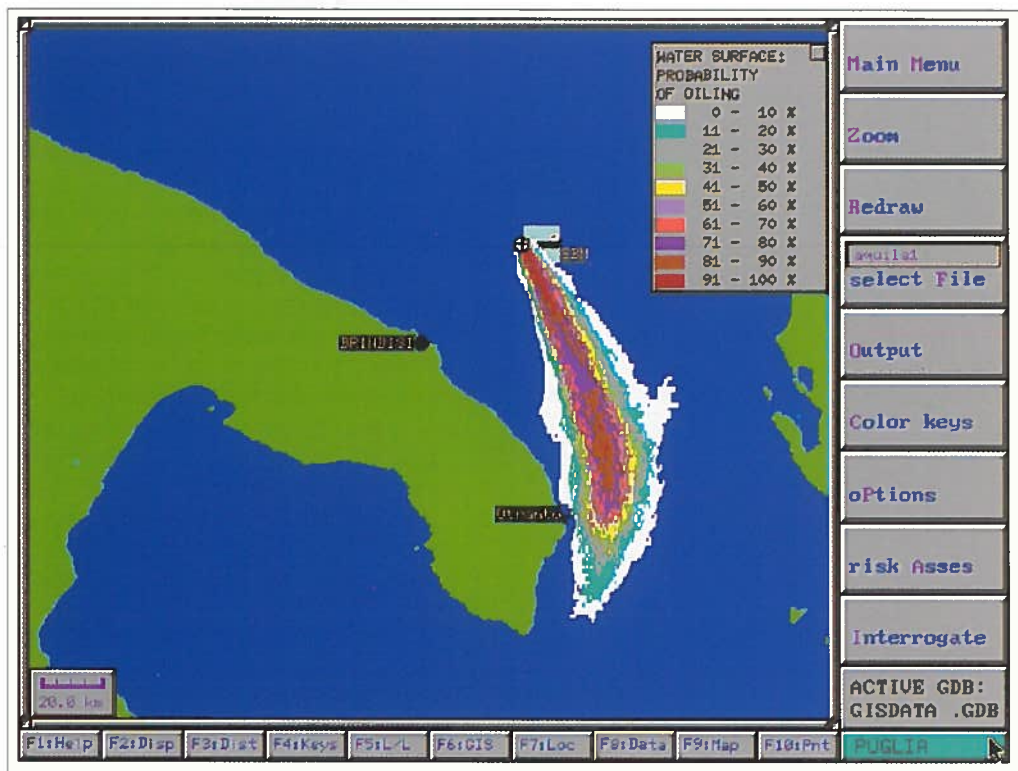


Figura 22 - Modello di oil-spill (OILMAP) : simulazione ed evoluzione di un'oil-spill nel basso Adriatico.

nite dai servizi meteo delle Regioni Toscana ed Emilia-Romagna, vengono utilizzati dai modelli di Oil-Spill (Oilmap, Oscar) per prevedere l'evoluzione (direzione, sfrangiamenti, ecc.) della macchia di idrocarburo (fig. 22).

7 - SISTEMI INFORMATICI ED UTILIZZO DEL GIS NELLA GESTIONE DELLE ATTIVITÀ AMBIENTALI

Le attività di esplorazione e produzione di idrocarburi sono strettamente connesse ad elementi che hanno una precisa collocazione territoriale (linee sismiche, pozzi, centri olio e gas, concessioni, piattaforme, ecc.).

Tutti questi elementi sono stati "georeferenziati" attraverso lo sviluppo di un Gis che si è

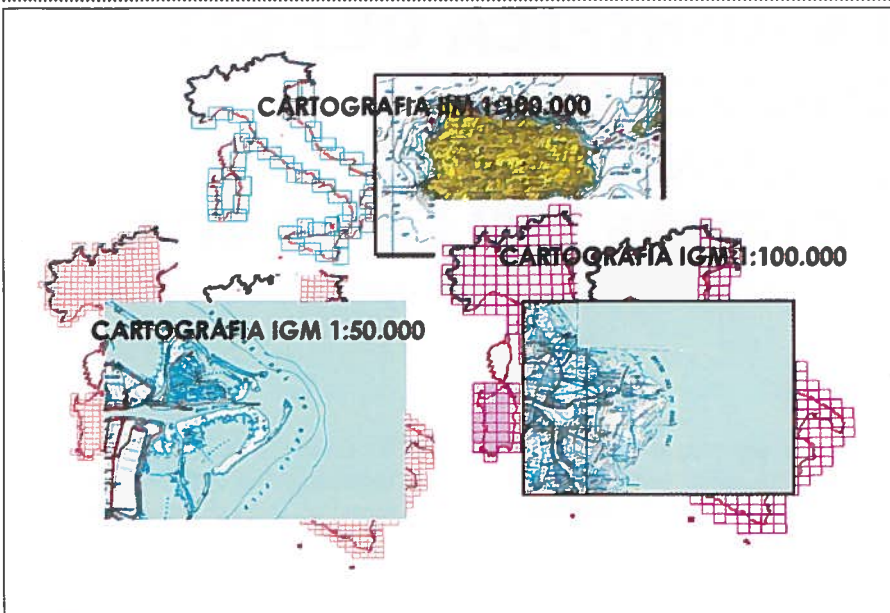


Figura 23 - GIS ENGIS: Base cartografica del GIS.

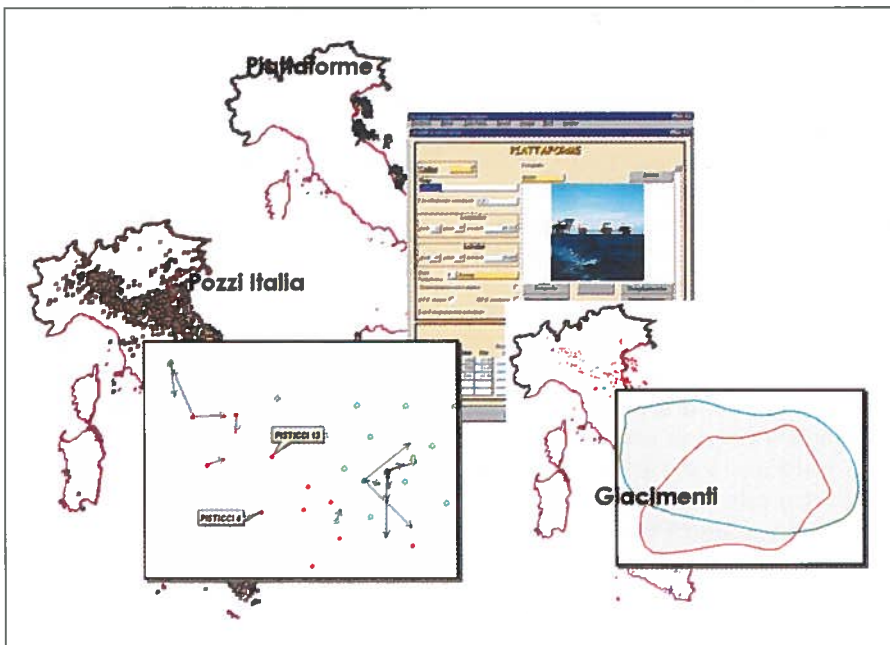


Figura 24 - GIS ENGIS: layers di alcuni dei SITI AGIP.

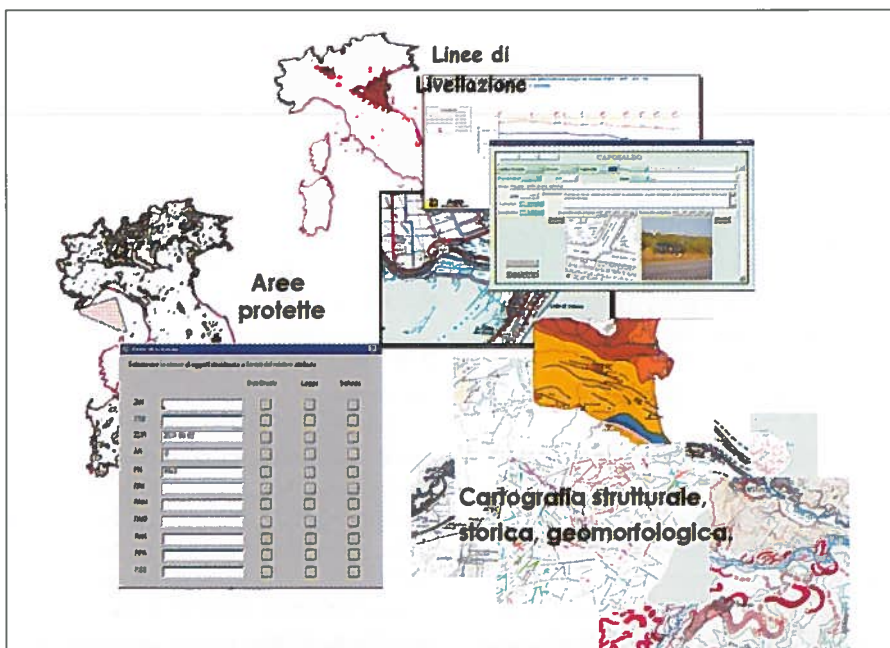


Figura 25 - GIS ENGIS: alcuni dei layers tematici.

progressivamente espanso con la creazione di una completa ed articolata base topografica impostata su cartografia terrestre e marina Igm e Iim (fig. 23).

Sono stati poi via via implementati i layers dei siti Agip quali ad esempio pozzi, piattaforme, giacimenti, concessioni (fig. 24) e successivamente i layers tematici quali aree protette, reti di monitoraggio altimetrico, microsismico, assestometrico, carte strutturali, sedimentologiche, della vegetazione, storiche, ecc. (fig. 25).

Questo strumento, denominato Engis (ENvironmental GIS), già correntemente utilizzato per alcune tematiche ambientali (subsidenza), ha come obiettivo la costituzione di una base informatica per tutte le attività che hanno come comune punto di riferimento i Siti della Divisione Agip e la possibilità di rendere disponibile l'intero patrimonio informativo già acquisito per l'analisi dei fenomeni ambientali e della loro evoluzione, su di una piattaforma completa, coerente, aggiornata e condivisa per agevolare lo scambio fra gli utilizzatori e migliorare l'efficienza operativa.

In Engis è stato recentemente sviluppato anche il progetto Sga (Sistema di gestione ambientale).

Dal punto di vista gestionale infatti è ormai divenuta pratica consolidata tra tutte le compagnie petrolifere l'operare applicando un Sistema di gestione ambientale certificato Iso 14001 a garanzia di integrità sulla conduzione delle operazioni in conformità con le norme nazionali, europee ed internazionali.

8 - CONCLUSIONI

L'industria petrolifera, nell'ultimo ventennio, si è trovata nella necessità da un lato di operare in vicinanza di aree densamente popolate o di alto valore naturalistico o turistico, dall'altro a dover far fronte a condizioni operative di elevata difficoltà come acque ultraprofonde o mari artici. Tali esigenze hanno richiesto l'adozione delle migliori tecnologie disponibili a livello mondiale, una maggior qualifica delle attività e cospicui investimenti nella ricerca scientifica finalizzata all'ambiente ed alla sua protezione.

Con l'utilizzo delle tecnologie d'avanguardia è oggi possibile assicurare e garantire il massimo grado di tutela e protezione dell'ambiente nelle operazioni di ricerca e produzione di idrocarburi.

Come già avvenuto in passato ed oggi sempre di più, la stretta collaborazione tecnico-scientifica con le pubbliche autorità nazionali e regionali e con gli istituti universitari, l'informazione e la comunicazione nel territorio rappresentano gli elementi fondamentali per esprimere la compatibilità e la sostenibilità delle attività di ricerca e produzione di idrocarburi in un quadro di sviluppo armonico del territorio.

LA BONIFICA DEI SITI INQUINATI. IL CONTRIBUTO DELLE SCIENZE DELLA TERRA

GIOVANNI PIETRO BERETTA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
"ARDITO DESIO", UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI MILANO
E-MAIL: GIOVANNI.BERETTA@UNIMI.IT

Parole chiave: *bonifica, riqualificazione, ripristino ambientale, sicurezza, inquinamento.*

1. PREMESSA

Negli anni novanta si sono intraprese azioni di bonifica di aree contaminate, alcune delle quali conosciute da anni, che rivestono una notevole importanza per estensione e grado della contaminazione.

Il notevole impegno tecnico-economico di queste iniziative, che vedono stanziamenti per circa 550 milioni di Euro per i soli siti di interesse nazionale, costituiscono una occasione per la riqualificazione del territorio in ambiti urbani e di pregio naturalistico.

Nell'ambito di detti interventi riveste notevole importanza l'apporto delle Scienze della terra che, come verrà di seguito illustrato, comporta l'applicazione delle sue diverse discipline, dalla caratterizzazione del sito fino alla certificazione finale di avvenuta bonifica o messa in sicurezza.

Dati gli interessi economici in gioco e di tutela ambientale e della salute umana, nelle attività connesse alla bonifica intervengono aspetti:

- intradisciplinari: in quanto sono utilizzate le metodologie tecnologicamente più avanzate di indagine;
- interdisciplinari: in relazione all'apporto delle diverse professionalità (Geologia, Biologia, Chimica, Ingegneria, Medicina, etc.) necessarie per affrontare un tema molto complesso.

Un corretto utilizzo delle procedure e la complessità di alcune situazioni di interesse nazionale possono determinare l'acquisizione di notevoli esperienze in merito, costituendo i campi prova sperimentali del "Superfund italiano" che potranno essere utili nel futuro per l'applicazione di idonee tecniche di indagine e di intervento, contribuendo quindi a fornire un supporto all'utilizzo delle pur sempre limitate risorse economiche in gioco se commisurate alle effettive necessità.

2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

I problemi di bonifica di insediamenti industriali, aree dismesse, discariche abusive, etc. hanno determinato l'esigenza di definire situazioni e parametri di riferimento per poter raggiungere gli obiettivi di risanamento.

Mentre per alcune componenti ambientali (aria e acqua) esistevano a vario titolo normative statali di riferimento, per quanto riguarda i suoli, in assenza di riferimenti specifici alcune amministrazioni locali avevano introdotto proprie regolamentazioni

In particolare le regioni Emilia-Romagna, Liguria, Lombardia, Piemonte e Toscana avevano proposto vari provvedimenti nei quali venivano definiti i valori di riferimento.

Il D.M. del 25 ottobre 1999, n.471 ha stabilito i valori limite di riferimento per i suoli (a seconda del loro destino ad uso residenziale-parco o industriale-commerciale) e per le acque sotterranee che sono stati riassunti rispettivamente nelle Tabelle 1 e 2 dell'Allegato 1 al D.M..

E' stato anche considerato nella normativa un criterio relativo ai valori di fondo, per gli elementi e i composti inorganici, che possono modificare i valori tabellari e la possibilità di applicare valori specifici in presenza di un ambiente sensibile e vulnerabile.

Sulla base delle prime esperienze realizzate, quasi a livello sperimentale, si sono individuate difficoltà nell'applicazione di criteri schematici, previsti in semplici valori numerici, per i seguenti motivi:

- scarsità di conoscenze locali;
- caratteristiche di eterogeneità ed anisotropia del mezzo geologico;
- variabilità dei valori di classificazione della qualità dei suoli;
- disponibilità di siti e di tecnologie idonee al raggiungimento degli scopi;
- incertezza sulla pericolosità effettiva dei composti inquinanti;
- numero di sostanze da classificare;
- differenti condizioni di esposizione agli effetti dei contaminanti;
- oneri economici sostenibili di risanamento.

Considerando pertanto queste ed altre limitazioni, come ad esempio quella che in assenza o inattività dei responsabili i costosi interventi sono a carico della comunità, è stato previsto un approccio su due livelli:

- a) applicazione preliminare dei valori di riferimento (approccio "tabellare puro");
- b) eventuale valutazione delle effettive

condizioni del sito e dell'esposizione ai contaminanti in caso di difficoltà di rispetto dei valori di riferimento (approccio della "valutazione di rischio"), pur applicando le migliori tecnologie disponibili a costi sostenibili.

La normativa riguardante le bonifiche definisce i seguenti concetti generali che devono essere necessariamente considerati per poter progettare e realizzare gli interventi sul territorio italiano.

2.1 SITI CONTAMINATI

Sito: area o porzione di territorio, geograficamente definita e delimitata, intesa nelle diverse matrici ambientali e comprensiva delle eventuali strutture edilizie ed impiantistiche presenti.

Sito inquinato: sito che presenta livelli di contaminazione o alterazioni chimiche, fisiche o biologiche del suolo o del sottosuolo o delle acque superficiali o delle acque sotterranee tali da determinare un pericolo per la salute pubblica o per l'ambiente naturale o costruito. Ai fini del presente decreto è inquinato il sito nel quale anche uno solo dei valori di concentrazione delle sostanze inquinanti nel suolo o nel sottosuolo o nelle acque sotterranee o nelle acque superficiali risulta superiore ai valori di concentrazione limite accettabili di cui all'articolo 3.

Sito potenzialmente inquinato: sito nel quale, a causa di specifiche attività antropiche pregresse o in atto, sussiste la possibilità che nel suolo o nel sottosuolo o nelle acque superficiali o nelle acque sotterranee siano presenti sostanze contaminanti in concentrazioni tali da determinare un pericolo per la salute pubblica o per l'ambiente naturale o costruito.

2.2 TIPOLOGIA DI INTERVENTI DI BONIFICA

Bonifica: l'insieme degli interventi atti ad eliminare le fonti di inquinamento e le sostanze inquinanti o a ridurre le concentrazioni delle sostanze inquinanti presenti nel suolo, nel sottosuolo, nelle acque superficiali o nelle acque sotterranee ad un livello uguale o inferiore ai valori di concentrazione limite accettabili stabiliti dal presente regolamento;

Bonifica con misure di sicurezza: l'insieme degli interventi atti a ridurre le concentrazioni delle sostanze inquinanti nel suolo, nel sottosuolo, nelle acque sotterranee o nelle acque superficiali a valori di concentrazione superiori ai valori di concentrazione limite accettabili stabiliti per la destinazione d'uso prevista dagli strumenti urbanistici, qualora i suddetti valori di concentrazione limite accettabili non possano essere raggiunti neppure con l'applicazione, secondo i principi della normativa comunitaria, delle migliori tecnologie disponibili a costi sopportabili. In tali casi per l'uso del sito devono essere previste apposite misure di sicurezza, di monitoraggio ed eventuali limitazioni rispetto alle previsioni degli strumenti urbanistici, e i valori di concentrazione residui di sostanze inquinanti devono comunque essere tali da garantire la tutela della salute pubblica e la protezione dell'ambiente naturale o costruito;

Misure di sicurezza: gli interventi e gli specifici controlli necessari per impedire danni alla salute pubblica o all'ambiente derivanti dai livelli di concentrazione residui di inquinanti nel suolo, nel sottosuolo, nelle acque sotterranee e superficiali o dalla presenza di rifiuti stoccati sottoposti ad interventi di messa in sicurezza permanente, nonché la azioni di monitoraggio idonee a garantire, in particolare, il controllo nel tempo dell'efficacia delle limitazioni d'uso, qualora, pur applicando, secondo i principi della normativa comunitaria, le migliori tecnologie disponibili a costi sopportabili, la bonifica ed il ripristino ambientale non consentono di rispettare i valori di concentrazione limite accettabili stabiliti dal presente regolamento per la destinazione d'uso prevista dagli strumenti urbanistici o non sia possibile rimuovere la fonte inquinante costituita dai rifiuti stoccati.

Ripristino ambientale: gli interventi di riqualificazione ambientale e paesaggistica, costituenti complemento degli interventi di bonifica nei casi in cui sia richiesto, che consentano di recuperare il sito alla effettiva e definitiva fruibilità per la destinazione d'uso conforme agli strumenti urbanistici in vigore, assicurando la salvaguardia della qualità delle matrici ambientali.

Messa in sicurezza permanente: insieme degli interventi atti a isolare in modo definitivo le fonti inquinanti rispetto alle matrici ambientali circostanti qualora le fonti inquinanti siano costituite da rifiuti stoccati e non sia possibile procedere alla rimozione degli stessi pur applicando le migliori tecnologie disponibili a costi sopportabili, secondo i principi della normativa comunitaria. In tali casi devono essere previste apposite misure di sicurezza, di monitoraggio ed eventuali limitazioni rispetto alle previsioni degli strumenti urbanistici, e i valori di concentrazione di sostanze inquinanti nelle ma-

trici ambientali circostanti non devono superare nel suolo, sottosuolo, acque sotterranee e acque superficiali i valori previsti nell'allegato 1.

2.3 INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE

Qualora la fonte inquinante sia costituita da rifiuti stoccati ed il progetto preliminare di cui all'articolo 10 dimostri che, nonostante l'applicazione delle migliori tecnologie disponibili a costi sopportabili, secondo i principi della normativa comunitaria, non sia possibile la rimozione dei rifiuti stessi, l'autorità competente può autorizzare interventi di messa in sicurezza permanente, eventualmente prevedendo interventi di ingegneria naturalistica.

I siti sottoposti ad interventi di messa in sicurezza permanente non possono essere utilizzati per lo smaltimento di rifiuti diversi da quelli che costituiscono la fonte inquinante e dai residui originati dal loro trattamento.

Ai siti sottoposti ad interventi di messa in sicurezza permanente si applicano le disposizioni che disciplinano il controllo e la gestione delle discariche dopo la chiusura.

Le misure di sicurezza e le limitazioni temporanee o permanenti o le particolari modalità previste per l'utilizzo dell'area devono risultare dal certificato di destinazione urbanistica di cui all'articolo 18, comma 2, della legge 28 febbraio 1985, n. 47, nonché dalla cartografia e dalle norme tecniche di attuazione dello strumento urbanistico ge-

nerale del Comune ed essere comunicati all'Ufficio Tecnico Erariale competente.

Gli interventi di messa in sicurezza permanente devono privilegiare, ove possibile, il ricorso a tecnologie di trattamento di rifiuti e di riduzione del volume dei rifiuti stessi al fine di limitare la superficie e il volume complessivi del sito interessato da tali interventi.

E' fatto comunque salvo l'obbligo di procedere alla bonifica ai sensi degli articoli 4 e 5 qualora nell'area influenzata dalla fonte inquinante costituita dai rifiuti stoccati i valori di concentrazione nel suolo, nel sottosuolo, nelle acque sotterranee e nelle acque superficiali risultino superiori ai valori di concentrazione limite accettabili di cui all'Articolo 3 comma 1.

3. ULTERIORI ASPETTI NORMATIVI ED IMPEGNI FINANZIARI

Il D.M. dell'8 settembre 2001, n.468 ha previsto un programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale. I contenuti di tale programma sono in sintesi i seguenti:

- 1 - Individuazione dei siti
- 2 - Definizione delle priorità di intervento
- 3 - Criteri per individuare i soggetti beneficiari dei finanziamenti
- 4 - Modalità di finanziamento degli interventi e di trasferimento delle risorse
- 5 - Modalità di monitoraggio e di controllo dell'attuazione degli interventi
- 6 - Modalità di revoca e riutilizzo dei finanziamenti

Regione	Finanziamento (10 ⁹ Lire)
Abruzzo	5.6
Basilicata	7.8
Calabria	18.8
Campania	106.8
Emilia Romagna	39.6
Friuli Venezia-Giulia	42.8
Lazio	7.8
Liguria	111.4
Lombardia	70.4
Marche	2.8
Molise	2.8
Piemonte	88.6
Puglia	119.8
Sardegna	63.6
Sicilia	92.2
Toscana	62
Umbria	15.6
Valle d'Aosta	7.8
Veneto	144.4
Provincia autonoma di Bolzano	7.8
Provincia autonoma di Trento	29.6
Totale regioni	1048
ICRAM	11.3
TOTALE GENERALE	1059.8

Tab. 1 - Ripartizione generale dei finanziamenti previsti dal Programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale (D.M. del 18 settembre 2001, n.468).

7 - Fonti di finanziamento

8 - Ripartizione delle risorse

Le risorse disponibili e la loro ripartizione sono illustrate in tabella 1.

La recente Legge 31 luglio 2002, n. 179 ha introdotto, oltre a nuovi siti di bonifica di interesse nazionale, anche una nuova procedura di bonifica, diversa rispetto a quella ordinaria prevista dal D.M. 18 settembre 2001 n.468. Infatti all'art. 18 è previsto che, in caso di inerzia del proprietario o del gestore delle aree industriali da bonificare, che abbia avviato o assunto impegni nell'ambito di attuazione del programma degli interventi di bonifica, il ministro dell'Ambiente e del Territorio provveda ad individuare il soggetto a cui affidare gli interventi suddetti tramite procedura ad evidenza pubblica.

Le aree sulle quali sono vigenti accordi di programma, che sono stati sottoscritti dalle amministrazioni interessate e dai privati proprietari, che comprendano interventi di risanamento e le procedure per l'approvazione dei relativi progetti sono escluse dagli interventi previsti dall'art. 18. Il soggetto affidatario può disporre delle aree bonificate (in proprio o cedendole a terzi) secondo le direttive fissate dal piano di sviluppo urbanistico, al fine di recuperare i costi di esproprio, bonifica e riqualificazione ambientale, nonché l'utile di impresa.

Le finalità di quanto sopra esposto vengono raggiunte mediante l'acquisizione con esproprio al patrimonio disponibile dello Stato o degli enti territorialmente competenti delle aree da bonificare i cui costi saranno sostenuti dal soggetto affidatario delle attività di bonifica e riqualificazione ambientale.

La procedura alternativa prevista nell'articolo in esame può essere adottata anche dalle Regioni per la bonifica dei siti di loro competenza.

In generale risulta necessario approfondire dal punto di vista normativo l'argomento sulla base dell'emanazione di specifici regolamenti di attuazione.

Un commento giuridico-amministrativo su questi aspetti è peraltro riportato in De Cesaris A.L. (2002).

Sono stati poi ulteriormente definiti i siti nazionali che devono essere interessati dagli interventi (tab. 2), mentre permangono anche altri siti che devono essere oggetto di intervento (tab. 3).

In precedenza la Legge del 21 dicembre 2001, n. 443 ha cercato di regolamentare il problema delle terre e rocce di scavo in risposta anche a problemi emergenti. In particolare, a commento del D.Lgs 22/97, si riporta nella legge che "le terre e rocce da scavo, anche di gallerie, non costituiscono rifiuti e sono, perciò, escluse dall'ambito di applicazione del medesimo decreto legislativo, anche quando contaminate, durante il ciclo produttivo, da sostan-

Sito di bonifica di interesse nazionale	Regione
Area del litorale vesuviano	Campania
Area industriale della Val Basento	Basilicata
Aree industriali di Porto Torres	Sardegna
Balangero	Piemonte
Brescia-Caffaro	Lombardia
Brindisi	Puglia
Broni	Lombardia
Casale Monferrato	Piemonte
Cengio-Saliceto	Liguria-Piemonte
Falconara Marittima	Marche
Gela e Priolo	Sicilia
Laghi di Mantova e polo chimico	Lombardia
Litorale Domizio-Flegreo e Agro Aversano	Campania
Manfredonia	Puglia
Massa e Carrara	Toscana
Napoli Bagnoli-Coroglio	Campania
Napoli orientale	Campania
Orbetello area ex Sitoco	Toscana
Pieve Vergonte	Piemonte
Pioltello-Rodano	Lombardia
Piombino	Toscana
Pitelli	La Spezia
Serravalle Scrivia	Piemonte
Sesto San Giovanni (aree industriali e relative discariche)	Lombardia
Taranto	Puglia
Venezia (Porto Marghera)	Veneto

Tab. 2 - Primi interventi di interesse nazionale (Legge 31 luglio 2002, n. 179).

ze inquinanti derivanti dall'attività di escavazione, perforazione, costruzione, sempre che di composizione media della massa non presenti una concentrazione di inquinanti superiori ai limiti massimi previsti dalle norme vigenti."

Il rispetto dei limiti "viene verificato mediante accertamento sui siti di destinazione dei materiali da scavo" e tali valori sono quelli della colonna B dell'Al.1 al D.M. 471/99., salvo diversa destinazione urbanistica del sito di destinazione.

I materiali interessati dalla legge si intendono "per effettivo utilizzo per reinterri, riempimenti, rilevati e macinati anche la destinazione a differenti cicli di produzione industriale, ivi incluso il riempimento delle cave coltivate, nonché la ricollocazione in altro sito, a qualsiasi titolo autorizzato dall'autorità amministrativa competente" a condizione che siano rispettati i limiti del D.M. 471/99 e "la collocazione sia effettuata secondo modalità di rimodellazione ambientale del territorio interessato."

Come si osserva la regione con più alto numero di siti è la Lombardia con 7, seguita dal Piemonte con 6, dalla Campania, Puglia e Toscana con 4, Liguria con 3; con 2 siti si hanno Basilicata, Emilia Romagna, Friuli Venezia-Giulia, Sardegna, Sicilia (anche se trattati insieme) e Veneto, mentre un solo sito è presente nelle rimanenti regioni o province autonome.

4. IL CONTRIBUTO DELLE SCIENZE DELLA TERRA NELLA CARATTERIZZAZIONE DEI SITI

La prima attività che viene intrapresa quando si deve studiare lo stato di qualità ambientale di un sito che potrebbe essere

eventualmente interessato da interventi di bonifica è costituito dalla caratterizzazione del sito che vede coinvolta in modo esteso le varie discipline delle scienze della terra.

Oltre alla ricostruzione delle attività produttive svolte sul sito, svolgono un importante ruolo di indagine ambientale l'acquisizione delle informazioni sulla geologia del sito, l'esame delle foto aeree per evidenziare fenomeni esogeni e l'evoluzione nel tempo del territorio.

Una volta disponibile un primo quadro di riferimento si procede alla predisposizione di un Piano di caratterizzazione.

All'interno delle attività previste dal piano sono utilizzate tecniche di esplorazione geologica del sottosuolo, mineralogiche, geochemiche, idrogeologiche e geotecniche che vengono richiamate di seguito, al fine di rappresentare la natura del suolo e sottosuolo e lo stato di qualità ambientale riferito ai valori tabellari definiti nel D.M. 471/99 per il suolo e le acque sotterranee.

4.1 METODI INDIRECTI DI CARATTERIZZAZIONE

Di seguito sono considerate le specifiche metodologie di caratterizzazione di un sito interessato da un degrado ambientale che può richiedere interventi di bonifica e che deve quindi essere caratterizzato per quanto riguarda le tre componenti: sorgente, percorsi e bersagli.

Risultano molto importanti le indagini da effettuare per la definizione delle caratteristiche del suolo, del sottosuolo e delle acque sotterranee che possono essere indizzate alla misura di parametri fisici collegati alla presenza di matrici contaminate; tali indagini vengono eseguite con i cosiddetti metodi indiretti.

4.1.1 METODI INDAGINE GEOFISICA

I metodi geofisici possono essere utilizzati nell'ambito della caratterizzazione del sito principalmente per tre ragioni: definire la struttura del sottosuolo in abbinamento ai metodi diretti di indagine (tab. 4), localizzare eventuali bidoni, rifiuti, etc. sepolti ed individuare eventuali matrici ambientali contaminate (tab. 5).

4.1.2 METODI DI INDAGINE SUL GAS INTERSTIZIALE

Con questa tecnica (*soil gas survey*) viene analizzato il gas presente negli interstizi del terreno non saturo, ricavando indicazioni circa la presenza di suolo o acque sotterranee contaminati che rilasciano nel terreno soprastante una fase vapore.

In effetti l'applicabilità delle tecniche di *soil gas survey* sono condizionate dai seguenti fattori:

1 – Chimico-fisici

- Indicatore di volatilità dei composti: pressione di vapore > 0.5 mm Hg
- Indicatore della tendenza di partizione tra l'acqua e il vapore: costante di Henry: > 0.1

2 – Geologici

- Indicatore della presenza di acqua nel sottosuolo: grado di saturazione < 80%
- Indicatore della permeabilità del sottosuolo: assenza di argilla nelle zone di campionamento.

Inoltre devono essere assenti percorsi preferenziali per i gas nel sottosuolo di origine naturale o antropica (fratture, radici, condotti, etc.).

Possono essere misurati con questa tecnica i composti organici volatili (Voc) mentre per quelli semivolatili (Svoc) possono essere individuati indirettamente mediante la misura di gas influenzati dall'attività microbiologica quali O₂, CO₂, H₂S e CH₄.

Le determinazioni in sito del gas interstiziale, che hanno il vantaggio di consentire una mappatura in tempo reale dello stato di contaminazione e quindi di poter ricercare la sorgente inquinante in tempi brevi, possono essere eseguite mediante fialette colorimetriche, sensori a fibre ottiche, test colorimetrici, Fid/Pid, test torbidimetrici, test immunologici, detector portatili all'infrarosso e gascromatografo da campo.

Non esistono valori di riferimento per definire un'aria interstiziale contaminata, anche se orientativamente possono essere utilizzati i valori indicati in tabella 6; la tecnica viene infatti utilizzata come uno *screening* iniziale per poter meglio finalizzare i successivi sondaggi e prelievi.

Esistono due tipi di approccio nell'utilizzo del *soil gas survey* i cui vantaggi e svantaggi di applicazione sono riassunti in tabella 7.

Con il metodo attivo viene effettuata una perforazione di piccolo diametro all'interno

della quale viene immessa una sonda con una punta forata per il passaggio dell'aria.

Creando una depressione viene pompato un volume di gas al di fuori del mezzo non saturo, che può essere analizzato in sito mediante fialette colorimetriche o gascromatografo da campo oppure può essere raccolto un campione da trasportare in laboratorio per le analisi.

L'operazione dura poco tempo e si possono avere più analisi in un solo giorno.

Con il metodo passivo viene messo in posto un apposito materiale (carbone attivo) all'interno di una sonda campionatrice fino a quando i composti organici presenti nel non saturo sono adsorbiti selettivamente.

La sonda che contiene il materiale adsorbente viene prelevata dopo qualche giorno o settimana di permanenza *in situ* e i composti sono analizzati in laboratorio.

4.2 METODI DIRETTI DI CARATTERIZZAZIONE DEL SITO: SUOLI E RIPORTI

4.2.1 STRATEGIE DI CAMPIONAMENTO DEI SUOLI E DEI RIPORTI

Avendo la necessità di programmare una serie di prelievi per la caratterizzazione delle condizioni di qualità dei suoli e dei riporti si possono selezionare diverse strategie di intervento, ognuna delle quali può trovare un preciso ambito di applicazione e vantaggi e svantaggi di utilizzo.

La tabella 8 illustra come in diverse fasi, dal riconoscimento iniziale della presenza di matrici contaminate al collaudo della bonifica, si possano adottare diverse strategie.

Per quanto riguarda la dimensione verticale si possono avere diverse possibilità.

In presenza di uno spessore significativo di riporti, che in alcune aree interessate da attività industriali secolari può raggiungere anche oltre 10 m, si è soliti riferire le determinazioni analitiche ad un "campione medio", dopo opportuna miscelazione e quartatura delle aliquote raccolte, oppure raccogliere due campioni in una parte superiore ed inferiore del riporto.

Per i suoli si possono adottare le seguenti strategie di campionamento:

- prelievo ed analisi di campione medio;
- prelievo ed analisi di campioni per intervalli di profondità (ad esempio ogni metro);
- prelievo ed analisi di campioni per variazioni significative di litologia;
- prelievo ed analisi di campioni in relazione a caratteristiche organolettiche (colore, odore, consistenza).

4.2.2 PRELIEVO DI CAMPIONI

I campioni di suolo possono essere raccolti con diversi dispositivi di campionamento a seconda delle caratteristiche chimico-fisiche dei materiali, della pericolosità

(esplosività, infiammabilità) e tossicità di eventuali inquinanti nella matrice e dell'accessibilità del sito soprattutto in merito alla profondità.

Specifiche procedure vanno utilizzate inoltre in presenza di rifiuti solidi o liquidi come indicato nella normativa UNI 10802.

Per gli scavi superficiali possono essere utilizzati mezzi manuali o meccanici a seconda della profondità; l'attrezzatura per campionamento a limitata profondità è costituita da palette e trivelle manuali, mentre per maggiore profondità viene utilizzato un escavatore.

Per gli scavi profondi sono utilizzate sonde che vengono posizionate sulla parte terminale di un'asta di perforazione di comune utilizzo in geotecnica per le prospezioni dirette.

Esistono diverse sonde campionatrici che sono utilizzate in caso di esecuzione di un sondaggio; esse sono comunque distinguibili in due categorie costituite da campionatori sigillati e non sigillati.

In ogni caso il loro impiego deve consentire una corretta descrizione della successione litostratigrafica e la conservazione delle caratteristiche chimico-fisiche e biologiche dei materiali incontrati.

Per i campionatori non sigillati vengono utilizzate le attrezzature ormai consolidate in geotecnica costituite da campionatore semplice, campionatore scomponibile e campionatore a pareti sottili.

I campionatori sigillati sono simili a quelli semplici, ma sono dotati di un pistone che previene l'entrata di materiale (acqua e terreno) al suo interno; raggiunta la profondità desiderata e dopo aver liberato mediante una valvola di ritenuta il campionatore viene infisso per raccogliere il campione di terreno.

Una particolare sonda di questo tipo è la *Geoprobe®* che consente di campionare in modo continuo il terreno oppure le acque sotterranee ed i gas interstiziali fino ad una profondità di circa 20-30 m; inoltre può essere installato nel perforo un piezometro o una tubazione per il monitoraggio dei gas interstiziali.

La fustella estratta dal tubo campionatore viene sigillata con tappi di gomma a tenuta, ottenendo in questo modo un campione più rappresentativo che può essere conservato e spedito.

Un punto di particolare rilevanza è rappresentato dalla possibile alterazione del campione nel passaggio tra la sonda e il contenitore che deve essere spedito in laboratorio.

E' consigliabile eseguire l'operazione di trasferimento in modo rapido riducendo lo spazio di testa ed immagazzinando un'aliquote di materiale corrispondente a quello analizzata in laboratorio.

Inoltre deve essere evitato qualsiasi contatto con materiali che contengono com-

posti organici volatili (Voc) che possono alterare il campione (pennarelli, etichette adesive, gas di scarico di autoveicoli o generatori, etc.).

La perdita di Voc può essere causata da due principali fattori: volatilizzazione e biodegradazione.

Generalmente questi due fattori possono essere minimizzati, anche se non evitati, utilizzando contenitori scuri e conservati a 4 °C.

4.2.3 LE INDAGINI SPECIALISTICHE SUI CAMPIONI

Una volta disponibile un campione è da selezionare la frazione significativa da sottoporre alle determinazioni analitiche.

Il citato D.M. 471/99 indica che i "valori di concentrazione limite accettabili sono riferiti a suolo, sottosuolo e materiali di riporto del sito e influenzati dalla contaminazione del sito; i suddetti valori si applicano per tutta la profondità che si ritiene necessario campionare ed analizzare per definire l'estensione dell'inquinamento e per progettare interventi di bonifica che garantiscano l'eliminazione dell'inquinamento dalle matrici ambientali.

In attesa della pubblicazione dei "Metodi Ufficiali di analisi chimica del suolo" quali aggiornamento del D.M. 11 maggio 1992, pubblicato come supplemento ordinario alla G.U. n. 121 del 24/05/92, che definiscono le metodiche di campionamento dei suoli per frazioni granulometriche di suolo, sottosuolo e materiale di riporto, i risultati delle analisi effettuate sulla frazione granulometrica passante al vaglio 2 mm sono riferite alla totalità dei materiali secchi.

Qualora si sospetti una contaminazione anche del sopravaglio deve essere effettuate analisi di tale frazione granulometrica sottoponendola ad un test di cessione che utilizzi come eluente acqua deionizzata satura di CO₂. I parametri da controllare sull'eluato sono quelli della tabella 2 con i re-

lativi valori di concentrazione limite riportati.

Per le sostanze non indicate in Tabella si adottano i valori di concentrazione limite accettabili riferiti alla sostanza più affine tossicologicamente."

Si ricorda che la tabella 2 citata in precedenza si riferisce alla qualità delle acque sotterranee prevista dal D.M. 471/99.

Per quanto riguarda i test di cessione sono disponibili anche altri test, nel caso si debba approfondire l'indagine ed in particolare il *column test* e il *serial batch test*.

Inoltre per le sostanze anfotere è necessario eseguire un test in condizioni alcaline (ad esempio soluzione di soda a pH 10).

Queste attività vedono coinvolte le competenze chimiche, ma spesso le attività di campo nel confezionamento del campione vedono coinvolta anche l'opera del geologo.

Nei casi in cui risultino necessarie ulteriori verifiche sulla pericolosità ambientale dei materiali presenti, come ad esempio nel caso della presenza di scorie e loppe di fonderia per cui si rendono necessarie determinazioni sui metalli presenti, è possibile impiegare ulteriori tecniche analitiche specialistiche di derivazione mineralogico-geochimica quali:

- Spettroscopia elettronica (*Electron Spectroscopy for Chemical Analysis* – Esca o *X-Ray Photoelectron Spectroscopy* - XPS) – viene utilizzato per l'individuazione dello stato di ossidazione degli elementi mediato sul campione analizzato
- Microscopia elettronica a scansione (*Scanning Electron Microscopy* – *Energy Dispersive Spectroscopy* – Sem-Eds) – con questa tecnica si ha la determinazione della densità delle particelle contenenti l'elemento in esame
- Diffrazione ai raggi X (*X-Ray Powder Diffraction* - Xrd) – si possono individuare dal punto di vista quali-quantitati-

vo le fasi cristalline presenti nel campione in esame.

Per quanto attiene alle proprietà chimico-fisiche dei materiali di riporto in taluni casi come ad esempio per la valutazione della possibilità di trattamento e smaltimento in discarica possono essere valutate anche altre caratteristiche quali:

- compatibilità: produzione di reazione in seguito alla miscelazione di composti diversi;
- corrosività: capacità corrosiva di un composto espressa dall'indicatore pH (valori soglia di pH<2 e pH>12.5);
- infiammabilità: facilità di un composto di prendere fuoco e di bruciare e per i composti organici si adotta un indicatore costituito dal flash point (assunto < 55°C);
- reattività: possibilità di sviluppo di reazioni connesse alla presenza di un particolare composto, valutate sulla base del comportamento al contatto con acidi e basi deboli;
- sviluppo di gas: possibilità di formazione di gas dovuto alla presenza di reazioni e valutabile in base all'indicatore della costante di Henry;
- tossicità: caratteristica connessa al tipo di sostanza e alla possibilità di rilascio nell'ambiente circostante e valutabile quindi con determinazioni analitiche sul tal quale e sull'eluato.

4.2.4 ELABORAZIONE DEI DATI E VALORI DI FONDO

Nella caratterizzazione di suoli e riporti intervengono possibilità di errore dovute alla eterogeneità del mezzo, alle modalità di prelievo e conservazione dei campioni, alle modalità di esecuzione delle analisi *in situ* e di laboratorio, alla certificazione dei risultati.

Data la variabilità dei valori è necessario disporre di procedure che possano fornire anche il margine di incertezza con la quale avviene una rappresentazione della qualità ambientale.

Ciò può essere eseguito da un lato utilizzando metodi statistici di elaborazione dei dati e dall'altro stabilendo obiettivi di qualità dei dati secondo quanto riportato successivamente.

Per quanto riguarda le elaborazioni, si possono individuare nella trattazione statistica classica e nella geostatistica le tecniche per l'elaborazione dei dati ai fini di verificare l'affidabilità delle rilevazioni.

In particolare elaborazioni approfondite devono essere eseguite nel caso siano da calcolare i valori di fondo per gli elementi e i composti inorganici.

La definizione del *background* parte dal presupposto che non esiste un singolo valore che lo caratterizza, ma è presente una distribuzione di concentrazioni di fondo (caratterizzata da valori medi e da una deviazione standard) che tiene conto dell'eterogeneità

Ulteriori interventi di interesse nazionale	Regione
Bari-Fibronit	Puglia
Basse di Stura (Torino)	Piemonte
Basso bacino del fiume Chienti	Marche
Biancavilla	Sicilia
Bolzano	Provincia autonoma di Bolzano
Campobasso-Guglionesi II	Molise
Cerro al Lambro	Lombardia
Cogoleto-Stoppani	Liguria
Crotone-Cassano-Cerchiara	Calabria
Emarese	Valle d'Aosta
Fidenza	Emilia Romagna
Fiumi Saline e Alento	Abruzzo
Frosinone	Lazio
Laguna di Grado e Marano	Friuli-Venezia Giulia
Livorno	Toscana
Mardimago-Ceregnano (Rovigo)	Veneto
Milano-Bovisa	Lombardia
Sassuolo-Scandiano	Emilia Romagna
Sulcis-Iglesiente-Guspinese	Sardegna
Terni-Papigno	Umbria
Tito	Basilicata
Trento Nord	Provincia autonoma di Trento
Trieste	Friuli-Venezia Giulia

Tab. 3 - Ulteriori interventi di interesse nazionale (Legge 9 dicembre 1998, n. 426).

Metodo geofisico	Georadar	Geoelettrica	Elettromagnetismo
Profondità di esplorazione	1-5 m	1-5 m	1-5 m
Strutture individuate	Idrocarburi residui e in galleggiamento (limiti di detezione sconosciuti)	Idrocarburi residui e in galleggiamento (limiti di detezione sconosciuti) Composti con maggiore salinità rispetto alle acque limitrofe	Composti con maggiore salinità rispetto alle acque limitrofe
Interferenze antropiche	Armature metalliche	Calcestruzzo, superfici metalliche	Superfici metalliche, trasmissioni radio, linee elettriche, cavi e condotte interrato
Interferenze naturali	Litotipi conduttivi	Litotipi molto conduttivi	
Risoluzione	< 0.3 m	1.5 m (verticale e orizzontale)	Variabile
Dati utilizzabili in campo	Si	No	In relazione al metodo specifico
Tempo	Lento-rapido	Lento-moderato	Moderato-rapido
Costo	Medio-basso	Medio-alto	Medio-basso

Tab. 4 - Metodi geofisici per il riconoscimento di condizioni geologiche e idrogeologiche (U.S. Environmental Protection Agency, 1997).

del mezzo in cui tali valori sono misurati, soprattutto in corrispondenza di situazioni con condizioni geochemiche molto diverse.

Per poter pervenire ad un risultato corretto è necessario quindi adottare una procedura di indagine che individui le caratteristiche del sito inserite nel contesto in cui si trova localizzato.

Tale procedura prevede le seguenti operazioni:

- 1) Identificazione delle condizioni geologiche con individuazione delle condizioni originarie e attuali (ad esempio con presenza di riporti).
- 2) Identificazione delle operazioni svolte sul sito e delle aree non impattate.
- 3) Identificazione dei composti antropogenici e non antropogenici di interesse.
- 4) Uso di procedure di obiettivi di qualità del dato per l'implementazione di un piano di campionamento ed analisi.
- 5) Raccolta dei dati e revisione della loro qualità.
- 6) Eventuali integrazione dei dati.
- 7) Analisi dei dati prodotti e applicazione di test statistici.

Di seguito viene sinteticamente illustrata la gestione dei dati ai fini della definizione

ne delle concentrazioni di fondo considerando due possibili approcci: uso di carte probabilistiche e applicazione di test statistici, con un pretrattamento dei dati.

Si riferirà comunque del solo approccio con carte probabilistiche.

In ogni caso il trattamento dei dati deve essere visto all'interno delle condizioni geologiche e geochemiche del sito.

La cartografia geologica è disponibile per tutto il territorio italiano alla scala 1:100.000 e sono pubblicate anche altre cartografie su diverse aree con minore denominatore di scala; le cartografie di tipo geochemico sono al momento disponibili con limitata diffusione areale.

Una carta probabilistica è costituita da un grafico su cui sono rappresentati i dati rispetto ai loro quantili per controllare che la loro disposizione segua una specificata distribuzione di probabilità (generalmente normale o log normale); questo approccio viene accompagnato anche dall'applicazione di test statistici.

Ai fini della definizione delle condizioni di fondo la consultazione della curva risultante nel grafico può evidenziare un cambiamento di pendenza nel tratto finale e il punto di inflessione può indicare una discontinuità

nella distribuzione dei dati (fig. 1).

Il valore corrispondente al punto di inflessione potrebbe essere assunto come valore di fondo in quanto rappresenterebbe il limite superiore delle condizioni naturali.

Le condizioni di fondo sarebbero quindi identificate dalla distribuzione delle concentrazioni dall'origine del diagramma fino al punto di inflessione.

4.3 METODI DIRETTI DI CARATTERIZZAZIONE DEL SITO: ACQUE SOTTERRANEE

Nell'ambito della definizione dello stato di qualità delle acque sotterranee assume importanza rilevante la ricostruzione della struttura idrogeologica del sottosuolo, con la definizione della geometria dei corpi geologici separati in base al grado di permeabilità (acquiferi, acquitardi e acquicludi) e delle modalità di flusso.

La caratterizzazione viene eseguita sull'acquifero vulnerabile, ma anche su quelli relativamente protetti sottostanti al fine di evidenziare eventuali interscambi.

4.3.1 MISURE QUANTITATIVE

Il campionamento delle acque deve essere preceduto dalla misura del livello della falda secondo le procedure previste ad esempio in Astm, 1987; *National Water Well Association*, 1986; Repubblica Italiana, 1997.

Devono essere specificati il dispositivo e la procedura utilizzate per la misurazione prestando attenzione ai seguenti dati:

- profondità da piano campagna del livello statico della falda con uno strumento che consente un margine di approssimazione inferiore a 0.5 cm, anche al fine di ricavare il volume di acqua stagnante all'interno del pozzo (al di sotto dei filtri) e di verificare eventuali intasamenti da materiale fine;
- livello di riferimento opportunamente quotato e facilmente identificabile da cui eseguire la misura;
- il pozzo deve essere univocamente individuato in carta e tramite valori numerici riferiti a coordinate, quota e codice descrittivo;
- la strumentazione adottata per le misure deve essere in materiale inerte ed essere decontaminata prima di ogni impiego e al passaggio da un punto all'altro di misurazione.

Se nelle acque sotterranee sono presenti sostanze immiscibili o a ridotta solubilità in acqua, si possono individuare composti organici insolubili che galleggiano ("floaters") al di sopra della superficie della falda, che si espandono lateralmente controllati dalla direzione di flusso sotterraneo (Lnapl) e composti organici insolubili ad elevata densità ("sinkers") che interessano l'acquifero con un movimento prevalente

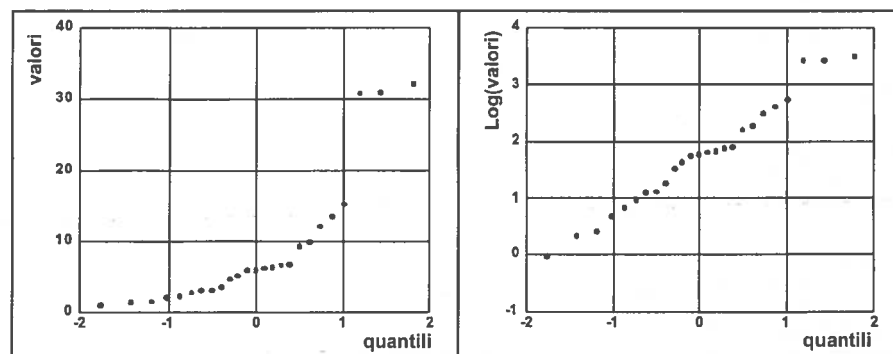


Figura 1 - Esempio di carte probabilistiche normali e log-normali per rappresentazione di dati con distribuzione log-normale.

Metodo geofisico	Georadar	Geoelettrica	Elettromagnetismo
Profondità di esplorazione	1-5 m	1-5 m	1-5 m
Strutture individuate	Idrocarburi residui e in galleggiamento (limiti di detezione sconosciuti)	Idrocarburi residui e in galleggiamento (limiti di detezione sconosciuti). Composti con maggiore salinità rispetto alle acque limitrofe	Composti con maggiore salinità rispetto alle acque limitrofe
Interferenze antropiche	Armature metalliche	Calcestruzzo, superfici metalliche	Superfici metalliche, trasmissioni radio, linee elettriche, cavi e condotte interrato
Interferenze naturali	Litotipi conduttivi	Litotipi molto conduttivi	
Risoluzione	< 0.3 m	1.5 m (verticale e orizzontale)	Variabile
Dati utilizzabili in campo	Si	No	In relazione al metodo specifico
Tempo	Lento-rapido	Lento-moderato	Moderato-rapido
Costo	Medio-basso	Medio-alto	Medio-basso

Tab. 5 - Metodi geofisici per il riconoscimento di un pennacchio inquinante.

verticale, generando accumuli nella parte più profonda al contatto con l'orizzonte confinante o a ridotta permeabilità (Dnapl).

In presenza di Lnapl sono disponibili sonde di interfaccia che sono in grado di registrare lo spessore del prodotto surnatante.

In tal caso, per ottenere un livello della falda corretto in presenza di prodotto libero in galleggiamento, è necessario applicare la seguente relazione:

$$h_c = h_m + \left(H_o \frac{\rho_o}{\rho_w} \right)$$

hc = altezza corretta (m)
hm = altezza misurata dell'interfaccia idrocarburi-acqua (m)

Ho = spessore dell'orizzonte di idrocarburi (m)

ρo = densità dell'idrocarburo (kg/mΔ)

ρw = densità dell'acqua (kg/mΔ)

In entrambe le situazioni (presenza di Lnapl o Dnapl) è importante identificare l'entità del fenomeno prima di avviare le procedure di spurgo del pozzo che distruggono l'eventuale stratificazione delle acque.

Per definire queste caratteristiche, sono suggerite le seguenti operazioni:

- rimozione del tappo di protezione;
- campionamento dell'aria presente alla sommità del pozzo tramite analizzatori fotoionizzati o analizzatori di vapori organici in modo tale da valutare il pericolo di infiammabilità, esplosività e tossicità del gas e fornire una prima indicazione sulla presenza eventuale di sostanze organiche immiscibili a bassa densità;
- determinazione della profondità del livello del liquido presente nel pozzo, senza individuarne la natura e senza distinguere la superficie di separazione tra la fase immiscibile e la fase acquosa;
- introduzione nel pozzo di una "sonda

di interfaccia" per stabilire lo spessore dell'accumulo delle sostanze a bassa densità che galleggiano sulla superficie della falda e determinare la profondità di quest'ultima (la stessa strumentazione permette di identificare l'esistenza di sostanze immiscibili ad alta densità presenti alla base dell'acquifero).

Gli accumuli di sostanze immiscibili eventualmente individuati devono essere asportati prima di procedere alle fasi di spurgo e di campionamento.

Sostanza	Valori di concentrazione (ml/m³)
I. Composti inorganici	
Mercurio	0.005
Anidride carbonica	5000
Acido solfidrico	10
II. Composti organici	
Benzina (esente da composti aromatici)	500
Benzina leggera (tenore di aromatici 0-10 vol. %)	500
Metano	10000
Idrocarburi alogenati	
- Clorobenzene	10
- 1,1-Dicloroetano	100
- 1,2-Dicloroetano	5
- 1,1-Dicloroetilene	2
- 1,2-Dicloroetilene	200
- Diclorometano	100
- 1,2-Dicloropropano	75
- 1,1,2,2-Tetracloroetano	1
- Tetracloroetilene	50
- Tetraclorometano	5
- 1,1,1-Tricloroetano	200
- Tricloroetilene	50
- Triclorometano	10
- Cloruro di vinile	2
Idrocarburi monociclici aromatici	
- Benzene	1
- Toluene	50
- Etilbenzene	100
- Xilene	100
Idrocarburi policiclici aromatici	
- Benzo(a)pirene	0.0002
- Naftaline	10

Tab. 6 - Valori di concentrazione per valutare l'aria contenuta nei pori del suolo dei siti inquinati (da Conferenza Elvetica, 2000).

4.3.2 MISURE QUALITATIVE

Al fine di prelevare un campione rappresentativo è necessario seguire una procedura standardizzata di seguito descritta ed indicata in testi di riferimento come ad esempio Aller L. et al,(1989); International Organization of Standardization, 1993, UNICHIM, 1997.

Prima di procedere alla fase di campionamento occorre eliminare l'acqua presente all'interno del pozzo e nel dreno, che solitamente non è rappresentativa della qualità delle acque sotterranee del sito in esame.

Solitamente la procedura di spurgo è funzione delle caratteristiche idrauliche del pozzo e dalla produttività dell'acquifero.

In presenza di acquifero con buona portata è sufficiente estrarre l'acqua contenuta nella parte più alta della colonna del pozzo, fino al di sopra della parte filtrata; si crea in tal modo un richiamo di acqua nuova proveniente dall'acquifero verso il pozzo di controllo.

In presenza di acquifero con bassa portata deve essere rimossa tutta l'acqua fino alla parte più bassa dell'intervallo filtrato.

La prima acqua estratta viene analizzata in sito per la determinazione del pH, della temperatura, della conducibilità elettrica specifica, del potenziale redox e dell'ossigeno disciolto.

Successivamente si ripetono le stesse determinazioni analitiche per verificare l'efficienza dello spurgo e per un controllo della stabilità e della qualità dei campioni al passare del tempo.

Metodo	Vantaggi	Svantaggi
Attivo	I campioni sono analizzati on site e si può disporre di una mappatura in "tempo reale"	Non efficiente per individuare SVOC o composti poco volatili
	Si possono prelevare ed analizzare da 8 a 30 campioni/giorno	Esigenza di procedure di assicurazione di qualità/controllo qualità
	Si può individuare e delimitare la sorgente e il pennacchio di VOC	Non applicabile in terreni poco permeabili o saturi
	SVOC e prodotti pesanti possono essere individuati indirettamente misurandone i prodotti di biodegradazione	L'equipaggiamento analitico può non essere in grado di individuare tutti i costituenti presenti
Passivo	Possono essere individuati una gran parte di VOC, SVOC e composti poco volatili	I dati non possono essere utilizzati per stimare la massa dei contaminanti
	Maggiore possibilità di applicazione in terreni poco permeabili o con elevato contenuto idrico	Non si può identificare la distribuzione sulla verticale dei contaminanti
	Possono essere installati da 40 a 100 dispositivi/giorno	Il tempo per raccogliere ed analizzare un campione varia da 3 a 6 settimane
	Minimo disturbo alle caratteristiche del sottosuolo e alle operazioni in sito	Il desorbimento dei composti può distruggere alcuni componenti
	Facile da installare	Le misure sono dipendenti dal tempo e non sono comparabili con i metodi di laboratorio per le acque sotterranee ed i suoli
		La distribuzione e la geometria degli orizzonti poco permeabili possono causare erronee informazioni

Tab. 7 - Vantaggi e svantaggi nell'utilizzo di sistemi attivi e passivi di soil gas survey.

L'estrazione di acqua del pozzo, tratta sino a renderlo completamente asciutto, non deve creare un richiamo improvviso dall'acquifero circostante con brusche cadute di acqua all'interno della colonna, perdita di sostanze volatili e fenomeni di intorbidimento e agitazione.

Le apparecchiature utilizzate nella procedura di spurgo devono essere decontaminate e controllate con la stessa attenzione prestata nella fase di campionamento.

I criteri che si adottano per determinare il volume d'acqua da estrarre sono i seguenti:

- numero di volumi dell'acqua del pozzo: con questo termine si intende il volume di acqua che è presente al di sopra dei filtri, essendo quella sottostante in grado di interagire con quella dell'acquifero. Viene consigliata la rimozione di 3 e 6 volte il volume dell'acqua del pozzo.
- stabilizzazione di indicatori idrochimici: con questo termine si intendono generalmente parametri quali la temperatura, il pH, la conducibilità elettrica e il potenziale di ossido-riduzione che devono essere determinati prima dell'inizio e durante le operazioni di spurgo. E' possibile effettuare il prelievo di acqua solo quando questi parametri sono stabilizzati su valori pressoché costanti.
- analisi di serie idrochimiche temporali: questo metodo prevede il prelievo di acque a una cadenza temporale durante il pompaggio corrispondente a 1, 2, 4 e 6

volte il volume del pozzo. Successivamente vengono eseguite analisi sui parametri idrochimici precedentemente indicati e su altri composti ed elementi di interesse più immediato per l'area di studio. Per rendere conto di eventuali modifiche stagionali di composizione chimica, la procedura deve essere ripetuta per 2 volte nei primi 3 anni di attività. Si ripete l'operazione una volta ogni 3 o 4 anni successivi per confermare che il volume di spurgo non sia cambiato.

Le metodologie utilizzate per il prelievo dei campioni di acque sotterranee da pozzi senza apparecchiatura elettromeccanica di estrazione delle acque devono essere scelte in funzione dei parametri che si desidera controllare.

Innanzitutto è necessario assicurarsi che il campione prelevato sia rappresentativo delle caratteristiche delle acque sotterranee e non possa essere alterato da reazioni chimico-fisiche conseguenti all'azione stessa di campionamento.

Per ovviare a tali eventualità viene consigliato da National Water Well Association, 1986, di utilizzare dispositivi di campionamento in acciaio inossidabile e/o resina al fluorocarbonio, di impiegare campionatori singoli per ogni pozzo e, nel caso non si abbia a disposizione un numero sufficiente di campionatori, di procedere ad una loro accurata pulizia ogni qualvolta vengano nuovamente impiegati; per avere indicazioni circa questa possibilità nel programma di cam-

pionamento deve essere specificato l'ordine in cui si sono effettuati i prelievi.

I campioni d'acqua devono essere collocati in contenitori specifici, al fine di mantenere l'originario contenuto in sostanze volatili.

Un programma di campionamento prevede l'utilizzo di apparecchiature adattabili sia alle differenti caratteristiche tecniche dei pozzi sia al particolare tipo di contaminante previsto.

Oltre a prelievo di acque di falda può essere necessario talvolta operare anche un campionamento delle acque presenti nel mezzo non saturo secondo la metodologia indicata in Astm, 1992.

L'estrazione dell'acqua presente nei pori di un campione di terreno mediante filtopresse, pistoni idraulici e centrifughe, richiede necessariamente la perforazione di un sondaggio, risultando pertanto una tecnica molto costosa e sconsigliabile anche perché molti indicatori (pH, Eh, conducibilità elettrica specifica) sono difficilmente determinabili in campo a causa della instabilità a cui sono soggetti.

E' necessario prestare particolare attenzione affinché la strumentazione e le procedure utilizzate non provochino l'agitazione del campione e il suo tempo di esposizione all'aria sia ridotto al minimo, onde evitare alterazioni delle caratteristiche qualitative originarie.

I campionatori devono essere collegati alla superficie tramite l'utilizzo di catene o cavi anch'essi in materiale inerte (es. cavi rivestiti in resina al fluorocarbonio o cavi in acciaio inossidabile).

La pulizia dell'equipaggiamento di campionatura deve essere eseguita con una idonea sostanza, con una specifica procedura e in un apposito luogo prima della sua introduzione nel pozzo, evitando la zona del cantiere a diretto contatto con il terreno che deve essere trattato.

Quest'ultimo aspetto rappresenta un elemento di rilevante importanza, essendo in grado di alterare le caratteristiche qualitative dei campioni estratti dal sottosuolo.

Le attrezzature che sono da decontaminare sono quelle impiegate per la perforazione dei pozzi di controllo e per il prelievo di terreno e di acque.

Gli scopi per cui avviene l'operazione sono costituiti dalla necessità di assicurare campioni rappresentativi, evitare una contaminazione incrociata durante successivi campionamenti, assicurare la pulizia delle attrezzature e ridurre l'esposizione degli addetti ai lavori a sostanze pericolose.

Nel caso si trattino solventi organici occorre prestare particolare attenzione alle procedure di decontaminazione dei materiali, tali sostanze sono in grado di danneggiare gli indumenti protettivi del personale addetto e costituire un pericolo per la sua incolumità.

OBIETTIVO	STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO						
	Casuale	Sistematica	Sistematica-casuale	Ricerca	Casuale-stratificata	Per profili	Ragionata
Identificazione sorgente	4	2A	3	2	2	3	1
Delimitazione estensione	3	1B	1	1	3	1	4
Analisi di rischio	4	2A	3	3	3	2	1
Studio per la bonifica	3	2	2	4	1	2	3
Controllo bonifica	1C	1B	1	1	3	1D	4

1 - Più adatta, 2 - possibile, 3 - poco adatta, 4 - meno adatta, A da applicare con tecnica di vagliatura analitica, B - adatta solo se sono conosciute le tendenze, C - validazione statistica se il sito è coperto, D - possibile se il sito è considerato pulito (da U.S. Environmental Protection Agency, 1992)

Tab. 8 - Selezione delle strategie di campionamento in relazione alla finalità dell'indagine di caratterizzazione.

Generalmente sui macchinari di rilevanti dimensioni si utilizzano getti di acqua calda o acqua in pressione, dopo un eventuale passaggio di detergenti.

Per quanto riguarda attrezzi di minore volume è consigliabile una metodologia basata sulla natura delle sostanze inquinanti previste o rilevate.

Quando si campionano sostanze inorganiche la pulizia viene eseguita utilizzando una miscela di acqua e detergente privo di fosfati.

Nel caso di materiali in acciaio inossidabile si preferisce l'acido cloridrico all'acido nitrico, che può determinare fenomeni di ossidazione degli stessi materiali.

Quando si trattano contaminanti di tipo organico la strumentazione viene lavata con acqua (di rubinetto, distillata o deionizzata) e detergenti privi di fosfati e il risciacquo avviene con solvente (acetone, esano, metanolo) e poi con acqua distillata e/o deionizzata.

Nel caso queste procedure non siano operativamente possibili, viene suggerito di utilizzare un lavaggio iniziale con acqua (di rubinetto, distillata o deionizzata), seguito da un lavaggio energico con detergente da laboratorio e da due o tre risciacqui con acqua distillata o deionizzata.

Prima di procedere al campionamento, occorre asciugare i materiali eliminando qualsiasi traccia di sostanza detergente.

Dapprima vengono campionati i pozzi a monte del sito in esame rispetto al flusso idrico sotterraneo e, successivamente, i pozzi a valle.

Quando si campionano acque contenenti composti volatili e gas l'utilizzo di pompe volumetriche permette una massima portata di estrazione di 0.0016 l/s in quanto portate maggiori possono determinare la perdita di sostanze volatili e variazioni del pH; solo dopo che è stato effettuato il prelievo del campione destinato all'analisi per la determinazione del contenuto di sostanze volatili, è possibile aumentare la portata, pur imponendo regimi inferiori a quelli applicati nella fase di spurgo del pozzo.

Tra i parametri che solitamente vengono presi in considerazione nelle determinazioni analitiche esistono, come si è detto, alcune sostanze instabili dal punto di vista chimico e fisico; tali composti vengono pertanto individuati direttamente all'interno del pozzo o subito dopo il loro prelievo in superficie tramite strumentazione di campagna.

In sito si procede alla determinazione del pH, del potenziale di ossido-riduzione, della conducibilità elettrica specifica, dell'ossigeno disciolto e della temperatura.

Quando si utilizzano per tale scopo sonde specifiche, si fa in modo che esse vengano introdotte nel pozzo solo successivamente alle operazioni di spurgo e di estrazione di altri campioni, destinati a determi-

Elemento	Rifiuti inerti	Rifiuti non pericolosi	Rifiuti pericolosi
Spessore barriera geologica (m)	≥1	≥1	≥5
Conducibilità idraulica k (m/s) barriera geologica	≤10 ⁻⁷	≤10 ⁻⁹	≤10 ⁻⁹
Spessore eventuale barriera creata artificialmente (m)	≥0.5	≥0.5	≥0.5
Conducibilità idraulica eventuale k (m/s) barriera creata artificialmente	≤5·10 ⁻⁸	≤5·10 ⁻¹⁰	≤10 ⁻¹⁰
Rivestimento impermeabile artificiale	-	Richiesto	Richiesto

Tab. 9 - Caratteristiche dell'impermeabilizzazione di fondo e dei lati per diverse categorie di discariche secondo la normativa europea (Direttiva 1999/31/CE del Consiglio del 26 aprile 1999).

nazioni analitiche eseguibili in laboratorio.

Questo accorgimento assicura il prelievo di campioni rappresentativi le caratteristiche qualitative della falda prima di causare, con l'impiego di sonde speciali, una potenziale fonte di contaminazione.

Le sonde a questo scopo devono essere sempre tenute separate dai contenitori di spedizione all'interno dei quali sono stati disposti i campioni di acqua destinati alle indagini di laboratorio.

Per garantire l'attendibilità dei dati ottenuti da analisi in sito è necessario assicurarsi periodicamente che la strumentazione di monitoraggio e le sonde siano funzionanti e opportunamente calibrati.

I campioni d'acqua che non sono analizzati in sito e che devono essere trasportati in laboratorio devono essere raccolti, conservati, condizionati e analizzati entro un determinato periodo di tempo.

Poiché nei pozzi di monitoraggio è frequente la raccolta di campioni torbidi, pur avendo prestato le cautele sopra descritte, in base alle esigenze poste dal monitoraggio delle acque sotterranee, alla tipologia di composti esaminati e alla strumentazione di laboratorio da impiegare, dovrà essere considerata anche l'opportunità di filtrazione dei campioni d'acqua.

In effetti se da un lato la filtrazione può provocare una modifica delle condizioni chimico-fisiche del campione che ne può alterare la rappresentatività, dall'altro questa operazione provoca la successiva determinazione analitica solo sulla frazione disciolta, che risulta di maggiore importanza per una classificazione delle acque sotterranee.

Onde coordinare le attività sul campo con quelle di laboratorio è necessaria la stesura di un elenco dei campionamenti con relativa tempistica, in modo tale che tutte le determinazioni analitiche possano essere eseguite in tempi significativi.

Ogni risultato analitico riguardante le acque sotterranee deve essere georeferenziato secondo la modalità di codifica precedentemente indicata.

Particolare attenzione deve essere prestata ai valori estremi misurati che possono essere dovuti a errori di campionamento, contaminazione in campo o in laboratorio, errori analitici, errori di trascrizione, condizioni locali di contaminazione.

Si raccomanda il controllo dei valori da

certificare e la loro verifica ed eventuale correzione; in presenza di un numero sufficiente di campioni, per una migliore comprensione dei risultati si raccomanda anche una elaborazione statistica.

5. LA MESSA IN SICUREZZA DEI SITI

Nelle attività di messa in sicurezza si deve separare l'attività contingente di messa in sicurezza di emergenza da quella di messa in sicurezza permanente.

Nell'ambito della messa in sicurezza di emergenza sono adottati interventi sulle sorgenti e sui percorsi.

Tra le attività sulle sorgenti di contaminazioni si prevedono demolizioni e rimozioni di impianti e sottoservizi, cessazione attività inquinanti, svuotamento o sistemazione di serbatoi, rimozione, trattamento e/o smaltimento di *hot spot*, incremento estrazione percolato e biogas da discariche di rifiuti solidi, etc.; può essere considerata anche appartenente a questa categoria di interventi la rimozione di fase libera presente nel sottosuolo in moti siti interessati da industrie petrolifere, chimiche o energetiche.

Per quanto riguarda gli interventi finalizzati ad operare sui percorsi essi sono costituiti dalla barriere fisiche e idrauliche o dalla combinazione di esse.

5.1 LE BARRIERE FISICHE

5.1.1 LE BARRIERE FISICHE DI FONDO

Nonostante negli ultimi anni si sia scelto il sistema di confinare completamente la massa di rifiuti al fine anche di ridurre la formazione di percolato e la possibilità di una sua dispersione nel sottosuolo, sono noti in letteratura episodi di inquinamento che si dovranno gestire per lungo tempo in ragione dei seguenti elementi: presenza di vecchie discariche abusive, presenza di discariche progettate con sistemi di confinamento obsoleti, presenza di discariche recenti con episodi accidentali di contaminazione o difetti strutturali. In considerazione di tali situazioni anche la normativa in corso di adozione in Italia derivante dalla Direttiva 1999/31/CE del Consiglio del 26 aprile 1999 enfatizza il ruolo della "barriera geologica" e propone ulteriori cautele al confinamento dei rifiuti (tab. 9).

Per il controllo delle prestazioni delle barriere di fondo si è ormai in grado di produrre una metodologia sperimentata.

Generalmente per quanto attiene alla barriera geologica ed alla barriera creata artificialmente si eseguono, una volta messe in opera, i seguenti accertamenti:

- sondaggi elettromagnetici con maglia ad esempio di 2x2 m e compilazione di cartografia della conducibilità elettrica del fondo (mmhos), anche per intervalli di profondità;

- prove con infiltrometro a doppio anello o permeametro Boutwell nei punti di minore conducibilità elettrica del fondo.

In effetti viene abbinata la misura di valori con metodi diretti (valori numerici ma di significato puntuale) con la loro estrapolazione ad una maggiore scala con metodi indiretti.

In tal modo, laddove il fondo è relativamente più permeabile si eseguono le misure sperimentali di controllo.

Sono utilizzate anche altri tipo di prove basate sul prelievo di campioni e su analisi di laboratorio (permeametro, edometro, triassiale) che come è noto forniscono generalmente valori sottostimati della conducibilità idraulica.

Per quanto attiene il rivestimento con materiali artificiali, quali i teli in *Hdpe*, devono essere controllate sia la qualità delle saldature sia l'integrità dell'intero manto.

Secondo quanto ad esempio indicato in "Comitato Tecnico Discariche, 1997" le membrane devono avere requisiti di qualità stabiliti dai valori assunti da seguenti parametri: composizione, spessore nominale, resistenza a trazione, resistenza a lacerazione, stabilità dimensionale e punzonamento statico.

Per quanto riguarda le saldature devono essere eseguiti controlli mediante: esame visivo, prove di impermeabilità (non distruttive ed eseguite con prove con prove in pressione, con controllo ultrasonoro e con campane sottovuoto), esame dimensionale e prove di resistenza e spogliamento (prove distruttive).

La verifica a regime della tenuta del confinamento può essere eseguito tramite misure dirette o indirette.

Le misure dirette riguardano: la misura dei parametri meteorologici e della produzione di percolato, il controllo delle acque di percolazione al di sotto della impermeabilizzazione che può essere effettuato con lisimetri e il monitoraggio delle acque sotterranee.

Le misure indirette riguardano l'applicazione di prospezioni geoelettriche al sistema di fondo in quanto il telo in *Hdpe* è costituito da materiale isolante, con resistività elettrica dell'ordine di 10¹³-10¹⁶ ohm · m.

Se si stabilisce una differenza di potenziale tra l'interno e l'esterno del bacino di confinamento dei materiali e si verifica il

passaggio di una corrente elettrica si ha la dimostrazione che invece esiste un contatto tra l'interno e l'esterno e quindi si ha una rottura del telo (foro o lacerazione).

In sede di controllo tramite un primo elettrodo viene immessa una corrente nello strato drenante di protezione superiore rispetto al telo in *Hdpe*; esternamente alla discarica viene chiuso il circuito elettrico da un secondo elettrodo.

Se si verifica una anomalia dal punto di vista elettrico, si ha la dimostrazione che la corrente è passata dal primo al secondo elettrodo attraverso una rottura del telo.

Al fine di strumentare il sito si deve quindi provvedere a realizzare una maglia di elettrodi, con dimensioni in funzione dell'estensione dell'area, collegati all'esterno della discarica tramite cavi elettrici che vengono collegati a centraline di misura, ognuna delle quali deve controllare un determinato settore della discarica.

Sempre all'esterno verranno posti altri elettrodi fissi che consentono di eseguire misure secondo cadenze prefissate e comunque ogniqualvolta si rendano necessarie.

5.1.2 LE BARRIERE FISICHE LATERALI

Diverse sono le tipologie di diaframmi realizzati per il confinamento laterale di una massa contaminante.

In ogni caso lo spessore e la conducibilità idraulica di una barriera laterale devono rispettare alcuni criteri definiti dalle normative (Direttiva 1999/31/CE del 26 aprile 1999) e dallo stato dell'arte:

- spessore minimo di 0.5 m;

- tempo di attraversamento equivalente ad uno spessore della barriera di 5 m e ad una sua conducibilità idraulica di 10-9 m/s.

Inoltre la profondità di immersione nell'unità di base poco permeabile di conducibilità idraulica verticale K_v (m/s) viene riferita ad un tempo di attraversamento equivalente a quello previsto per il confinamento dei rifiuti pericolosi e corrispondente a valori di spessore di 5 m e di conducibilità idraulica di 10-9 m/s, e quindi di circa 158.5 anni.

Si considera nel calcolo un gradiente idraulico dato dalla differenza di quota piezometrica interno-esterno al diaframma H (m), rispetto a 2 volte la profondità di immersione b (m).

Per una rassegna dei controlli che si eseguono sulle barriere laterali durante la costruzione, a titolo esemplificativo saranno considerati di seguito i diaframmi plastici realizzati con miscela cemento-bentonite con inserito un telo in *Hdpe*, la cui conducibilità idraulica complessiva si può ritenere dell'ordine di 10-11-10-12 m/s.

Le prove che si eseguono sui materiali della miscela sono le seguenti:

- acqua: pH, conducibilità elettrica, durezza (talora solfati);

- bentonite: limite di flusso, capacità di

assorbimento in acqua, resa del filtrato; - cemento: contenute di scorie sabbiose, prova di Blaine.

Le prove che si eseguono su un diaframma in costruzione, nel caso sia realizzato con modalità di scavo che prevede una sequenza con pannelli primari e secondari, sono generalmente realizzate su un tratto-pilota sufficientemente lungo (50-60 m) al fine di accertare la realizzazione a regola d'arte:

- prove di verticalità: eseguita sui pannelli primari e mediante inclinometro registratore bidirezionale;

- verifica dell'accoppiamento dei semigiunti in *Hdpe*: si effettua mediante l'introduzione del semigiunto già in opera di uno spezzone di semigiunto lungo 15 cm e sospeso ad un filo metallico (testimone) e tale semigiunto viene spinto per tutto il profilo di accoppiamento del giunto dal pannello che si sta mettendo in opera, ritenendo la prova eseguita in modo positivo se il testimone fuoriesce dall'estremità inferiore del giunto. L'accoppiamento dei giunti deve avvenire correttamente al primo tentativo, mentre è considerato negativo l'esito di un accoppiamento che viene ripetuto più di due volte per un determinato intervallo di lunghezza del diaframma (ad esempio ogni 25-30 m lineari);

- prove sulle miscele: sono prelevate su ogni pannello primario a diversa profondità (ad esempio subito sotto il piano campagna, a metà e in vicinanza del substrato per diaframmi particolarmente profondi) per eseguire prove di densità, decantazione, viscosità;

- prove operative sulle miscele: controllo della viscosità del fango durante la messa in opera del telo;

- prove di permeabilità: eseguite confezionando campioni cilindrici normalizzati dalle miscele prelevati a diversa profondità da sottoporre a prove di permeabilità a 28 giorni su provini maturati in acqua;

- misure di compressione ad espansione laterale libera: per derivare la resistenza a compressione e la deformazione relativa.

Da un punto di vista generale sono noti in bibliografia numerosi metodi (vedi tab. 10) per il monitoraggio a regime dei diaframmi laterali, i quali dovrebbero permettere di verificare gli effetti del sistema realizzato, sia a breve che a lungo termine.

Tuttavia i metodi strumentali attualmente disponibili sono utilizzati, con risultati diversi, prevalentemente a scopo sperimentale e non hanno una diffusione a livello operativo.

In effetti il monitoraggio strutturale eseguito in corso d'opera e di collaudo e il monitoraggio ambientale costituiscono un mezzo indispensabile per verificare il confi-

Controllo effetti	Tipo di monitoraggio	Metodi
Breve termine	Monitoraggio strutturale	Materiali
		Miscela
		Posa in opera
		Collaudo
Medio termine	Monitoraggio strumentale	Traccianti gassosi (SF ₆ , perfluorocarburi)
		Tomografia elettrica
		Georadar
		Metodo geoelettrici
		Metodi sismico-acustici
		Metodi elettroacustici
Lungo termine	Monitoraggio ambientale	Misura livelli idrici
		Misura infiltrazione
		Misura parametri chimico-fisici indicatori

Tab. 10 - Metodologie sperimentali di controllo della tenuta di barriere fisiche laterali (da U.S. Environmental Protection Agency, 1998b).

namento del sito interessato da misure di sicurezza.

Come è noto infatti il monitoraggio di un sistema di isolamento deve essere finalizzato a: mantenere il confinamento, limitare le entrate (formazione di percolati) e le uscite (acque contaminate) dal sistema.

A livello operativo, il controllo della tenuta di un sistema di confinamento è a lungo termine effettuato mediante tre tipologie di monitoraggio.

A - Qualità acque

La misura della qualità delle acque è il sistema più diffuso di controllo delle barriere in quanto testimonia la loro efficacia e allo stesso tempo fornisce un quadro ambientale di riferimento.

L'operazione viene svolta all'interno e soprattutto all'esterno del sito e, poiché deve essere eseguita con una certa frequenza, si devono selezionare alcuni parametri indicatori di contaminazione tipici del sito messo in sicurezza.

B - Quote piezometriche

Il secondo sistema di controllo delle barriere è costituito dalle misure del livello piezometrico in piezometri accoppiati posti all'interno e all'esterno dell'isolamento, spaziali tra loro di qualche decina di metri lungo la barriera.

Le letture piezometriche, che possono essere eseguite manualmente o mediante sonde di agevole installazione e di costo contenuto, devono indicare una quota piezometrica interna inferiore a quella esterna, verificando quindi l'esistenza di un "gradiente idraulico positivo" dal punto di vista dell'isolamento del sito.

In letteratura sono rilevate differenze di quota, che determinano il gradiente idraulico positivo, variabili da 0.3 a 3 m.

Il mantenimento di dette condizioni costituisce un elemento di sicurezza per impedire eventuali fuoriuscite dai sistemi di isolamento laterali.

C - Altri sistemi

Tra gli altri sistemi, meno diffusi, che si possono adottare in sede di verifica della tenuta si hanno le seguenti possibilità: prove di permeabilità su campioni, test di stress idraulico, determinazione della qualità delle acque superficiali, movimenti e stato ten-

sionale dei terreni, movimenti della barriera, test non distruttivi con metodi geofisici e degradazione dei materiali.

5.1.3 LE BARRIERE FISICHE SUPERFICIALI

Le barriere fisiche in superficie sono finalizzate ad impedire il contatto diretto tra i potenziali "bersagli" e gli inquinanti e soprattutto l'infiltrazione di acque nel sottosuolo con la conseguente contaminazione delle acque sotterranee.

Tra le barriere fisiche è sicuramente il sistema più utilizzato per la messa in sicurezza di emergenza di un sito.

La realizzazione di coperture superficiali prevede generalmente l'adozione di due schemi: copertura sigillante (o a valvola chiusa) e copertura semistagna (o a valvola regolata); la prima di queste due coperture viene preferita nelle aree contaminate.

Sono possibili in questo caso diverse realizzazioni a seconda della struttura che è necessario impermeabilizzare (terreno contaminato, discarica, etc.) e dell'uso del suolo (piano stradale, superficie non calpestabile, etc.) come ad esempio si verifica in aree industriali dimesse.

In ogni caso l'impermeabilizzazione della superficie deve essere accompagnata dal drenaggio delle acque superficiali, operando un idoneo dimensionamento del sistema di collettamento e verificando le possibilità di smaltimento del corpo recettore (fognatura o corso d'acqua) al fine di evitare un sovraccarico idraulico.

A - Copertura con terreno superficiale

La copertura è costituita da uno o due strati di terreno, ricavato da materiale presente in sito, opportunamente livellati e compattati al di sopra dei quali viene posto un terreno vegetale.

In taluni casi il terreno ricavato in sito sostituisce il terreno vegetale alla sommità della copertura, nel caso in cui quest'ultimo sia di difficile reperimento locale.

B - Asfaltatura

Si tratta di un sistema di copertura rigido, costituito da materiali solitamente impiegati per la costruzione di parcheggi o strade, che viene adottato soprattutto in cor-

rispondenza di siti industriali dove è necessario un intervento di copertura, ma nei quali deve essere garantita l'attività produttiva.

Solitamente viene impiegata nel caso di aree interessate da una debole contaminazione con sostanze poco mobili e in aree da destinare ad infrastrutture viarie.

C - Copertura superficiale impermeabilizzante

Per le zone non interessate dalla presenza di carichi, come ad esempio nelle aree a verde interne agli insediamenti, si può utilizzare uno schema diverso di copertura così costituito.

Dopo aver provveduto ad una regolarizzazione della superficie si provvede alla stesura di un geocomposito (materassino bentonitico) dello spessore di circa 1 cm.

Al di sopra viene posto terreno vegetale per uno spessore di circa 40 cm, disposto con pendenza verso le aree esterne di circa 3-5‰ in modo tale da favorire il deflusso superficiale ed i ristagni d'acqua.

Infine si opera una fresatura, la concimazione e la semina della vegetazione prescelta, considerando anche le specie allocate presenti più adatte.

D - Copertura superficiale composita

La copertura superficiale viene effettuata su superfici destinate generalmente a non essere direttamente utilizzate.

Nel caso di discariche, la Direttiva 1999/31/CE del 26 aprile 1999 indica le prestazioni delle coperture superficiali.

Nell'ambito della verifica delle condizioni di confinamento in corso d'opera si osserva quanto segue.

Generalmente come isolamento si utilizzano materiali con una conducibilità idraulica dell'ordine di 10⁻⁷-10⁻⁹ m/s.

Lo strato di argilla che si utilizza deve avere una conducibilità idraulica massima misurata *in situ* e deve essere privo di qualsiasi altro materiale (legno, sostanza organica, etc.).

Per quanto riguarda la posa in opera, l'argilla deve essere stesa con macchine a lama, sminuzzata con dischi rotanti e compattata a strati con spessore non superiore a 30 cm.

La stesura avverrà con compattazione con rullo statico del tipo a piede di pecora da verificare (numero di passate e spessore degli strati) in un campo prova.

Per quanto riguarda l'uso di un materassino bentonitico si veda quanto sopra riportato.

Nel caso di uso di un geotessile di separazione, tra uno strato drenante ed uno di impermeabilizzazione, esso dovrà essere costituito da fibre stirate di polipropilene isotattico coesionato mediante agugliatura meccanica, senza uso di composti chimici e dovrà presentare caratteristiche di resistenza ai microrganismi e all'azione chimica e

stabile all'aggressione dei raggi ultravioletti.

Le caratteristiche tecniche del geotessile andranno selezionate sulla base di: peso, resistenza al punzonamento, resistenza a trazione e allungamento a rottura.

Per quanto riguarda la messa in opera le giunzioni tra i teli saranno da sovrapporre per circa 20 cm e successivamente cucite evitando materiale metallico; non dovranno essere calpestati dai mezzi meccanici prima della ricopertura con altro materiale.

Se a contatto con il geotessile si pone il materiale drenante, esso dovrà avere caratteristiche di permeabilità elevata, dell'ordine di 10-4 m/s ed essere quindi caratterizzato per quanto riguarda: contenuto di fine (passante al setaccio 200 ASTM), dimensione dei grani e contenuto di carbonati.

Inoltre i singoli elementi dovranno essere arrotondati.

Per quanto riguarda la messa in opera potranno essere eseguite prove di permea-

bilità con pozzetto.

In merito alla verifica delle condizioni di confinamento a regime si illustra quanto di seguito indicato.

In alternativa all'uso di materiali naturali impermeabili è possibile l'utilizzo anche di teli impermeabili in Hdpe.

In tal caso la verifica della tenuta di questo strato viene effettuato con i metodi geoelettrici sopra esposti.

Viene posizionata una coppia di elettro-

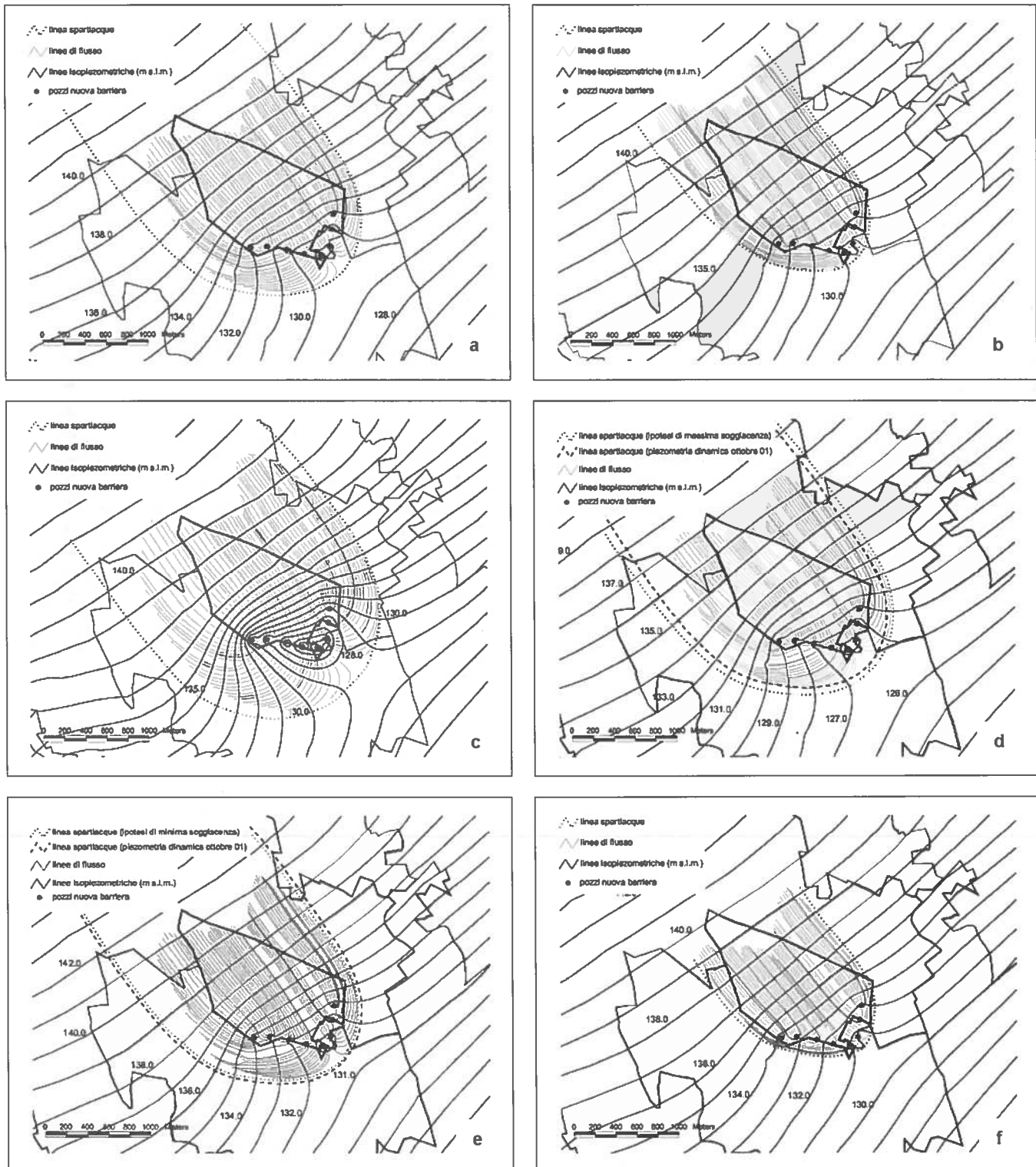


Fig.2 - Simulazioni del funzionamento della barriera idraulica (prelievo complessivo di 6670 m³/giorno). a) Piezometria dinamica e zona di cattura simulate a partire dai livelli piezometrici misurati nel mese di ottobre 2001. b) Valori di conducibilità idraulica aumentati di un valore pari alla deviazione standard. c) Valori di conducibilità idraulica diminuiti di un valore pari alla deviazione standard. d) Piezometria dinamica e zona di cattura in condizioni di massima soggiacenza analoga a quella registrata nel periodo 1972 - 2002 (-3 m rispetto all'ottobre 2001). e) Piezometria dinamica e zona di cattura in condizioni di minima soggiacenza (+2 m rispetto all'attuale). f) Piezometria dinamica e zona di cattura simulate in condizioni di portata minima per il confinamento idraulico della contaminazione.

di AB in superficie rispettivamente all'interno e all'esterno del bacino di confinamento.

Se si stabilisce una circolazione di corrente elettrica, si registra una debole corrente di perdita, risultando il potenziale elettrico pressoché costante.

Eseguito una misura del potenziale elettrico attraverso un'altra coppia di elettrodi MN si ottiene una distribuzione uniforme del campo, ma in presenza di una rottura del telo si ha un passaggio di corrente e una forte caduta del potenziale nelle sue vicinanze.

5.2 LE BARRIERE IDRAULICHE

Il più antico sistema di intervento sulle acque sotterranee contaminate, ma anche quello ancora più utilizzato per le acque sotterranee, è costituito dalla creazione di una barriera idraulica mediante trincee o pozzi. Questo sistema può provocare l'interruzione della migrazione a valle del pennacchio inquinante e il prelievo di sostanze contaminanti dal sottosuolo per essere poi sottoposte a trattamento prima dello scarico (*pump and treat*).

Non esiste un limite definito tra la funzione di barriera idraulica e quella di disinquinamento delle acque sotterranee in quanto gli effetti si sovrappongono. Possiamo comunque osservare che:

se il sistema è posto ai limiti dell'area contaminata e se i contaminanti sono poco solubili, cosicché si interviene solo sulla fase disciolta, prevale l'effetto di barriera idraulica;

se il sistema è posto all'interno dell'area contaminata e se i contaminanti sono solubili, prevale l'effetto di risanamento delle acque sotterranee.

In ogni caso la realizzazione di una barriera idraulica costituisce un intervento che presenta alcuni vantaggi quali la rapida messa in opera e la profondità operativa, cosicché si attua una messa in sicurezza d'emergenza secondo quanto previsto dal D.M. 471/99.

La tecnologia di intervento è ormai consolidata, ma presenta pur sempre problemi di ottimizzazione dal punto di vista tecnico-economico in relazione alle differenti situazioni idrogeologiche, alle caratteristiche di eterogeneità-anisotropia dell'acquifero, alla tipologia di contaminanti, all'uso delle acque e alla presenza di vincoli antropici.

Attualmente il sistema di pozzi di emungimento viene applicato con diverse finalità all'interno degli interventi finalizzati alla bonifica di suoli e falde contaminati:

- pozzo-barriera per arrestare integralmente la propagazione verso valle, essendo presenti potenziali bersagli della contaminazione quali ad esempio captazioni di acqua potabile;
- pozzo-barriera parziale, interrompendo

completamente i flussi inquinati all'interno di una certa distanza dalla sorgente e lasciando a meccanismi di attenuazione naturale il risanamento della porzione residua delle acque sotterranee;

- pozzo-barriera di aggotamento al fine di integrare i sistemi di barriera fisica con una barriera idraulica che mantiene un gradiente idraulico inverso (dall'esterno verso l'interno del sito contaminato) e quindi maggiori condizioni di sicurezza;

- pozzo di risanamento che estrae le acque contaminate inviandole al trattamento e quindi al riutilizzo o allo scarico in fognatura o nelle acque superficiali.

La progettazione di un sistema di barriera idraulica è relativamente agevole per i casi in cui vi sia una situazione semplice, mentre viene richiesta una notevole competenza in condizioni più complesse per struttura idrogeologica, estensione dell'area contaminata e varietà di inquinanti; in questo secondo caso si deve fare ricorso alla modellazione del flusso idrico e in molti casi anche del trasporto dei contaminanti.

Alla base dei dimensionamenti permane una corretta ricostruzione idrogeologica del sottosuolo, la parametrizzazione di acquiferi e degli acquitardi e la necessità di individuare la destinazione delle acque contaminate.

In figura 2 è riportata una modellazione di una barriera idraulica.

L'applicazione della tecnica di realizzazione di una barriera idraulica pone ad esempio due problemi che sono in relazione al contesto normativo.

5.2.1 VALORI DI RIFERIMENTO PER LE ACQUE DERIVANTI DAL SISTEMA DI BARRIERE IDRAULICHE

Nell'applicazione delle barriere idrauliche, che svolgono anche la funzione di risanamento delle acque sotterranee, in molti casi si è applicata solo la fase di "pump", cosicché si è diffuso in Italia l'uso dei "pozzi di spurgo", ad esempio a valle di una discarica inquinante; ciò in ragione dei diversi valori di riferimento per definire un'acqua sotterranea contaminata e per poterla scaricare in corpo idrico superficiale o in fognatura secondo la vecchia Legge 319/76.

Attualmente è operante il D.Lgs 152/99, ma non essendo ancora stati definiti i carichi massimi ammissibili per i corpi idrici superficiali derivanti dai Piani di tutela, si applicano in prima approssimazione i valori indicati nella tabella 3 dell'allegato 5 al D.Lgs. 152/99.

Si verifica così che tra valori di intervento per le acque sotterranee e i valori di scarico in acque superficiali, tranne qualche eccezione (rame e zinco), si abbia un rapporto variabile da qualche unità a oltre 1000. Ad esempio un'acqua sotterranea

contaminata da tricloroetilene con valori di 500 µg/l potrebbe essere scaricata in corpo idrico superficiale senza la fase di "treat".

In merito dunque a questi aspetti e tenendo conto dei seguenti elementi:

- le caratteristiche del contaminante;
- la qualità del corpo idrico recettore;
- Il contesto operativo della messa in sicurezza;
- l'uso delle acque derivanti dalla bonifica;

si dovrebbero decidere i valori obiettivo del trattamento delle acque rappresentati dal D.Lgs. 152/99 o dal D.M. 471/99 (più restrittivi rispetto ai precedenti).

5.2 LA RESTITUZIONE NELLO STESSO CORPO IDRICO DELLE ACQUE DERIVANTI DALLE BARRIERE IDRAULICHE

L'attività di *pump and treat*, che non prevede altri usi delle acque, può anche prevedere che l'acqua sia poi reimessa nello stesso corpo idrico dal quale è stata prelevata.

Tale attività, che comporta necessariamente l'adozione dei limiti della Tabella 2 dell'All. 1 al D.M. 471/99, può essere consentita dalle seguenti considerazioni normative:

- l'attività non rientra nella definizione di scarico del D.Lgs 152/99, che invece vieta gli scarichi nel sottosuolo ad eccezione degli "scarichi nella stessa falda delle acque utilizzate per scopi geotermici, delle acque di infiltrazione di miniere o cave o delle acque pompate nel corso di determinati lavori di ingegneria civile, ivi comprese quelle degli impianti di scambio termico";
- la specifica normativa sulle bonifiche, il D.M. 471/99, prevede all' Allegato 3 l'attività di immissione di acque nel sottosuolo ai fini del risanamento ambientale ("...prelievo di acque sotterranee per sottoporle a trattamenti di disinquinamento, che possono comportare o meno la reimmissione in falda");
- la Direttiva 2000/60/CE stabilisce all'art. 11 che gli stati membri possono autorizzare a determinate condizioni "gli scarichi di piccoli quantitativi di sostanze finalizzate alla marcatura, alla protezione o al risanamento del corpo idrico, limitati al quantitativo strettamente necessario per le finalità in questione".

6. LA BONIFICA DEI SITI CONTAMINATI

Nell'ambito della diversa casistica di intervento, vengono di seguito illustrate alcune delle tecniche di risanamento delle matrici ambientali nelle quali le Scienze della terra possono avere un ruolo fondamentale nella progettazione, gestione e verifica degli interventi.

6.1 INTERVENTI ATTIVI: FISICI, CHIMICI, BIOLOGICI

Una particolare applicazione è relativa alla decontaminazione del mezzo non saturo di medio-alta conducibilità idraulica nel quale sono presenti sostanze volatili, come ad esempio molti idrocarburi clorurati.

I liquidi in fase non acquosa (Napl), sono immobilizzati anche in grande quantità nel terreno insaturo in saturazione residua e possono costituire una sorgente di contaminazione delle acque sotterranee in seguito alla lisciviazione provocata dall'infiltrazione.

La metodologia di intervento tradizionale prevedeva lo scavo del terreno contaminato, il suo trattamento o smaltimento e il prelievo delle acque sotterranee contaminate; tuttavia tale metodologia si è molto spesso rivelata poco efficiente dal punto di vista tecnico-economico.

L'estrazione dal suolo di gas, denominata "soil venting", provoca un flusso avvevativo attraverso la zona insatura utilizzando pozzetti o dreni orizzontali assieme a

Il metodo di interpretazione utilizzato in regime transitorio è il seguente:

$$P-P_{atm} = \frac{Qv\mu}{K\pi k_a} W(u, r/B)$$

Q = portata d'aria (m³/s)

μ = viscosità dinamica (kg/m s)

k_a = permeabilità all'aria (m²/s)

W(u, r/B) = funzione del pozzo di Han-tush-Jacob

b = spessore della zona insatura (m)

Si ottengono valori di permeabilità all'aria variabili tra 100-1000 Darcy (sabbie grossolane) ed inferiori a 0.1 Darcy (limi e argille).

Il raggio di influenza R, il cui ordine di grandezza è di 10-30 m, può essere determinato sperimentalmente in sito con manometri o tubetti fumogeni (metodi diretti) oppure con prelievo di gas interstiziale prima e dopo l'intervento (metodi indiretti).

Un altro problema è costituito dal fatto che, poiché si crea una depressione nel mezzo non saturo, il livello della falda risa-

elettronica risultante è in grado di ridurre i composti organici in composti non pericolosi secondo lo schema illustrato in figura 3.

Il metallo più utilizzato è il ferro granulare e le reazioni che avvengono sono riportate di seguito:



Pertanto la riduzione avviene dapprima mediante rimozione di un alogeno e sua sostituzione con l'idrogeno; un'altra importante reazione è quella in cui l'alogeno viene sostituito da un gruppo ossidrilico.

Il Ferro può essere anche consumato dall'acqua con una lenta reazione.

Per poter procedere alla verifica delle condizioni di fattibilità di un intervento di questo tipo, è necessario conoscere i fattori che possono limitarne i risultati che vengono di seguito descritti.

1 - Tipologia dei contaminanti.

Sulla base delle indicazioni di letteratura possono essere selezionati i composti che meglio possono essere adatti al trattamento previsto, escludendo quindi quelli che si mostrano recalcitranti.

2 - Geometria del pennacchio inquinante.

La larghezza e la profondità del pennacchio condizionano dal punto di vista tecnico-economico l'intervento. Sono stati realizzati interventi con una larghezza di circa 30 m.

3 - Profondità dell'aquitard.

Per essere sicuri di intercettare il pennacchio è necessaria una valutazione della profondità dell'orizzonte poco permeabile che confina almeno parzialmente la falda. Sono state raggiunte profondità di circa 10 m. I valori di profondità di trattamento sono legati ai limiti delle tecniche di scavo adottate e dai relativi costi.

4 - Condizioni dell'aquitard.

Lo spessore dell'aquitard deve essere continuo e tale da poter consentire di intestare lo scavo che verrà interessato dal riempimento con i metalli zero-valenti destinati al trattamento.

5 - Condizioni geotecniche.

Le caratteristiche dei litotipi presenti condizionano l'effettiva applicabilità dell'intervento. Ad esempio la presenza di rocce o di litotipi consolidati o grossolani limita le condizioni operative.

6 - Flusso idrico sotterraneo.

La velocità non deve essere elevata altrimenti non si realizza un sufficiente tempo di contatto e quindi una reazione di degradazione degli inquinanti. In qualche caso sono state installate barriere con velocità dell'ordine di oltre 1 m/giorno.

7 - Idrochimica.

È necessario conoscere le caratteristiche idrochimiche naturali al fine di valutare

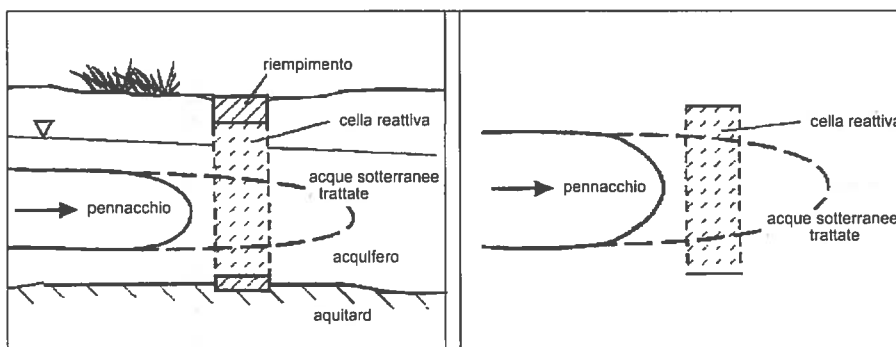


Fig. 3 - Schema di una barriera reattiva.

sfiatatoi d'aria o pompe a vuoto e si rivela pertanto un sistema di intervento in sito particolarmente interessante ed efficace.

Il sistema funziona con la creazione di una sottopressione nella zona non satura che produce una corrente d'aria, responsabile dello spostamento dell'equilibrio tra la fase gassosa e quelle liquida e solida.

Le sostanze volatili, che evaporano fino a quando non si esauriscono la fase liquida e solida, sono convogliate verso un punto di estrazione dal sottosuolo e di successiva depurazione con un filtro a carboni attivi.

Per poter dimensionare il sistema di aspirazione è necessario conoscere i parametri strutturali del sistema, ottenuti con prove di permeabilità al vapore del terreno non saturo, che sono eseguite applicando il vuoto in un pozzo e misurando la portata e la distribuzione delle pressioni nel sottosuolo.

La permeabilità all'aria del sottosuolo viene misurata eseguendo specifiche prove di estrazione d'aria in pozzi e piezometri limitrofi nel mezzo insaturo ed interpretando i risultati ottenuti con leggi valide per il regime transitorio o stazionario.

le di un'altezza che può essere determinata in quanto è in relazione alla variazione di pressione, valutata come equivalenti di cm di acqua.

Pertanto, definendo tale altezza h_{ris} (cm), si può evidenziare che il suo valore è dato dalla relazione:

$$h_{ris} = 1033 [1 - P(r)]$$

essendo $P(r)$ espresso in atm, in quanto 1033 cm di acqua = 1 atm.

Il sistema di barriere reattive, che può essere installato anche in collegamento con un sistema di "funnel-and-gate" per aumentare l'efficienza e la possibilità di controllo del trattamento, è stato studiato per i composti che presentano una difficoltà nella rimozione dal sottosuolo come ad esempio una buona parte di DNAPL come i composti organoalogenati.

La prima osservazione circa la capacità di metalli zero-valenti di degradare composti organici risale a Sweeny K.H., Fischer J.R. (1972).

Secondo quanto proposto quando il metallo si corrode nella cella reattiva, l'attività

le prestazioni a lungo termine della barriera reattiva (ad esempio eventuali fenomeni di precipitazione). Sono da valutare quindi pH, temperatura, conducibilità elettrica, potenziale redox, ossigeno disciolto, calcio, magnesio, ferro, bicarbonati, cloruri, nitrati e solfati.

8 - Compatibilità ambientale dei prodotti di trasformazione.

Sulla base di previsioni legate al comportamento dei contaminanti, da confermare anche con esperienze di laboratorio e pilota, deve essere verificato che i prodotti delle reazioni non abbiano effetti deleteri sull'ambiente.

Il trattamento biologico delle acque sotterranee provoca una degradazione dei composti inquinanti e quindi determina un disinquinamento dell'acquifero.

Infatti in particolari condizioni alcuni microrganismi utilizzano come fonte di nutrimento le sostanze inquinanti presenti nel sottosuolo, producendo dapprima sostanze organiche semplici e alla fine del ciclo anidride carbonica e acqua; in tal modo si opera una effettiva rimozione delle sostanze inquinanti e non un loro semplice trasferimento ad un altro comparto ambientale.

Le esperienze in sito già realizzate hanno interessato principalmente casi di contaminazione da composti derivati dell'industria petrolifera, nonostante essi contengano un gran numero di additivi che possono influire sul grado di biodegradabilità; alcani, alchil-aromatici e aromatici sono i composti sui quali esistono un numero maggiore di realizzazioni.

L'attività dei microrganismi dipende dai seguenti fattori:

- disponibilità di una sorgente energetica, in quanto la maggior parte dei microrganismi è eterotrofa;
- pH, che deve essere contenuto tra 6 e 8, con valori ottimali vicini a 7;
- temperatura, che deve essere superiore alla temperatura di solidificazione dell'acqua (poiché le reazioni avvengono in fase liquida) e inferiore a 50 °C in quanto viene inibita oltre tale soglia l'attività enzimatica (tranne che i batteri termofili);
- umidità, in quanto influenza i processi

Fase	Approccio ASTM	Approccio U.S. EPA
Caratterizzazione del sito	Utilizzo di tecniche simili a quelle per gli altri interventi attivi. Nei siti nuovi raccomandato livello 2.	Utilizzo di approccio più approfondito rispetto all'utilizzo di metodologie di intervento attivo.
Dimostrazione dell'attenuazione naturale	Utilizzo di livello 1. Livello 2 e 3 (opzionale) richiesti per siti senza dati storici.	Utilizzo di livello 1 e 2 e, nel caso di una loro insufficienza, ricorso anche al livello 3
Studio del pennacchio di contaminazione	Indagine appropriata per pennacchi stazionari e che si restringono o nel caso si allarghino ma vi sia un rischio ridotto o un raggiungimento di obiettivi di risanamento.	Indagine appropriata in presenza di pennacchio stazionario o che si restringe.
Tempo di risanamento	Cronogramma delle attività da considerare come parte integrante dell'intervento e con sequenza temporale concordata con le Autorità di controllo.	Tempo per raggiungere gli obiettivi di bonifica ragionevole se paragonato a quello degli interventi attivi.
Controllo della sorgente inquinante	Considerare il controllo della sorgente nella gestione del rischio in tutti i siti. A discrezione dell'Autorità di controllo il grado di rimozione di controllo della sorgente.	Valutare misure di rimozione della sorgente in ogni sito. In ogni caso rimozione del prodotto in fase separata per un'estensione massima fattibile. Rimozione o trattamento della sorgente sempre preferito.
Monitoraggio	Frequenza specifica del sito considerando potenziali impatti sui recettori, raggiungimento obiettivi finali di bonifica e scopi prefissati, stato del pennacchio e controlli istituzionali.	Misure specifiche per il sito e da realizzare fino al raggiungimento degli obiettivi finali di risanamento. Proseguimento per ulteriori 1-3 anni per confermare la situazione.
Obiettivi di risanamento	Individuazione di obiettivi di risanamento basati su analisi di rischio. Obiettivi costituiti da livelli di concentrazione o criteri di applicazione (incluso confinamento)	Individuazione obiettivi di risanamento basati su analisi di rischio e utilizzi futuri e attuali dell'area. Richiesta da parte delle Autorità di controllo della possibilità di utilizzare le acque sotterranee.
Misure di emergenza	Attivazione di interventi attivi nel caso i dati di monitoraggio dimostrino l'impossibilità di raggiungimento degli obiettivi.	Studio in ogni caso di piani di emergenza da attuare nel caso le diminuzioni di concentrazione non soddisfano gli obiettivi.
Chiusura dell'intervento	Stazionarietà o restringimento del pennacchio. Non richiesta di ulteriori azioni in caso di raggiungimento o di previsione di raggiungimento degli obiettivi finali di risanamento. Localizzazione di controlli sul sito.	Operazioni di monitoraggio fino al raggiungimento degli obiettivi finali di bonifica e oltre tale durata per assicurare che le condizioni di decontaminazione persistano.

Tabella 12 - Fasi operative per l'applicazione della procedura di valutazione del monitoraggio dell'attenuazione naturale.

metabolici dei microrganismi, che non crescono in condizioni estreme (ad esempio in suolo completamente secco); - presenza di sostanze macro e micronutrienti, essenziali per la crescita della vegetazione e dei microrganismi, (azoto, fosforo, potassio, sodio, zolfo, calcio, magnesio, ferro, manganese, zinco e rame) in opportune concentrazioni.

Oltre alla possibilità di attivazione dei microrganismi, un altro requisito fondamentale è dato dalle caratteristiche della sostanza interessata dalla reazione che deve essere: facilmente biodegradabile, in modo da costituire il substrato per la crescita della biomassa, solubile in acqua, rendendo più agevole l'attacco da parte dei microrganismi, in concentrazioni non troppo elevate, per non essere tossici per gli stessi microrganismi e non dare luogo a prodotti derivanti dal metabolismo batterico pericolosi per l'uomo anche più del contaminante iniziale.

Un indicatore della biodegradabilità di un composto può essere dato dall'indice di refrattarietà, dato dal rapporto tra il BOD5 e il COD. E' possibile operare in due modi: con il primo si cerca di modificare i fattori che influenzano la biodegradazione, con il secondo si utilizzano dif-

ferenti tipologie di microrganismi.

Al fine di produrre una significativa biodegradazione dei composti inquinanti presenti nel sottosuolo è possibile operare sui fattori che influenzano queste reazioni.

Una condizione importante è comunque rappresentata dalla permeabilità del terreno, che deve consentire un sensibile flusso idrico sotterraneo; valori di conducibilità idraulica superiori a 10-6 m/s sono stati indicati come limite di applicabilità del trattamento.

Una delle caratteristiche che influenza principalmente la biodegradazione di inquinanti è costituita dalla concentrazione di ossigeno nel suolo in quanto la maggior parte di microrganismi metabolizza le sostanze organiche in condizioni aerobiche.

Una eventuale aggiunta di ossigeno al terreno può essere realizzata con l'aratura e con l'immissione diretta nel sottosuolo di aria, ossigeno, acqua ossigenata e ozono.

Le esperienze sul mezzo non saturo sono state realizzate al fine di produrre una biodegradazione dei composti organici; infatti, oltre alla asportazione di inquinanti in seguito alla volatilizzazione, si può determinare anche un aumento della biodegradazione e un sistema che lavora prevalentemente in questo modo viene denominato *bioventing*.

Per poter valutare il potenziale di biodegradazione nel mezzo non saturo si possono eseguire prove respirometriche che misurano la concentrazione del primo accettore di elettroni (Ossigeno).

Livello	Attività
1	Concentrazione dei contaminanti e loro evoluzione spazio-temporale
2	Misura di indicatori idrochimici che indicano fenomeni di attenuazione naturale: <ul style="list-style-type: none"> - consumo accettori/donatori di elettroni - incremento concentrazione dei prodotti cometabolici; - consumo composti originariamente presenti; - incremento concentrazione dei composti derivati; - stima dell'aliquota di attenuazione.
3	Studi microbiologici Modellazione del trasporto di contaminanti e dell'attenuazione naturale

Tab. 11 - Livello di approccio al monitoraggio dell'attenuazione naturale.

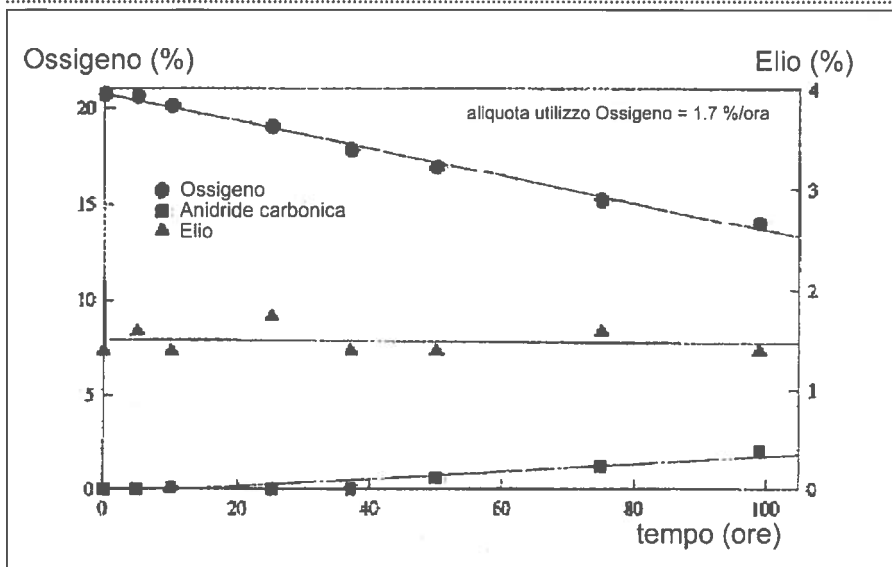


Fig. 4 - Esempio dei risultati di una prova di aspirazione.

Viene erogata aria compressa nel sottosuolo fino a raggiungere la saturazione dell'insaturo e del saturo e successivamente si interrompe la sua somministrazione misurando il contenuto di ossigeno; in presenza di una degradazione aerobica dei

contaminanti e di altri fenomeni ossidativi, correlati alla presenza di ferro, si registra una diminuzione delle concentrazioni di ossigeno ed un incremento di quelle dell'anidride carbonica e del metano.

Dall'andamento delle curve relative alla

presenza di Ossigeno si ricavano i parametri utili per poter dimensionare il sistema di bioventing.

Uno schema dei risultati raggiunti da una prova respirometrica è illustrato in figura 4.

Ulteriori applicazioni delle tecniche di iniezione di aria al fine di facilitare la biodegradazione sono costituite dal sistema di sparging che, come si è precedentemente detto, può essere utilizzato anche per incrementarne la biodegradazione (biosparging).

Come si osserva si ha una decrescita nel tempo delle concentrazioni di Ossigeno e un parallelo incremento di quelle dell'Anidride carbonica; la concentrazione dell'Elio rimane costante a testimonianza dell'assenza di perdite verso l'esterno della miscela iniettata e il conseguente fenomeno di cortocircuitazione.

6.2 INTERVENTI PASSIVI: MONITORAGGIO DELL'ATTENUAZIONE NATURALE

La presenza di un'area intorno ad un sito contaminato nel quale non si rispettano gli standard di qualità delle acque sotterranee, previsti in Italia dal D.M. 471/99, comporta una problema nell'approccio alla gestione della situazione. Infatti il superamento dei valori della tabella 2 dell'Allegato 1 del Decreto indicherebbe la necessità di un intervento.

Tra le possibilità di intervento attivo (barriere fisiche, barriere idrauliche, trattamenti fisico-chimici e biologici) viene attualmente annoverato anche il monitoraggio dell'attenuazione naturale (intervento passivo).

In effetti anche a livello dell'approccio internazionale si è passati da un generico approccio di "attenuazione naturale" (o "attenuazione intrinseca" o "bioattenuazione"), che può sottendere l'intenzione di non operare interventi, al "monitoraggio dell'attenuazione naturale" o "attenuazione naturale controllata".

Secondo l'U.S. Environmental Protection Agency, il termine attenuazione naturale controllata si riferisce ai processi di attenuazione naturale (nella prospettiva di un risanamento controllato e monitorato accuratamente di un sito) per raggiungere gli obiettivi di risanamento sito specifici in un tempo che sia ragionevolmente comparabile a quello offerto da altre tecnologie di risanamento attive. I processi di attenuazione naturale includono una varietà di processi fisici, chimici, o biologici che, sotto condizioni favorevoli, agiscono senza l'intervento antropico per ridurre la massa, la tossicità, la mobilità, il volume o le concentrazioni nei suoli e nelle acque sotterranee.

Questi processi *in situ* (senza rimuovere il terreno) includono la biodegradazione, la dispersione, la diluizione, l'adsorbimento, la volatilizzazione, la stabilizzazione chimi-

MESSA IN SICUREZZA	Conducibilità idraulica (m/s)	Costo (Euro/m ²)
Barriere fisiche		
<i>Isolamento superficiale</i>		
Copertura provvisoria	-	10-25
Copertura definitiva	10 ⁻⁶ -10 ⁻⁸	40-80
<i>Isolamento laterale</i>		
Barriere verticali iniettate	10 ⁻⁶ -10 ⁻⁸	50-150
Diaframma plastico cemento-bentonite	10 ⁻⁸ -10 ⁻¹⁰	50-80
Diaframma plastico terreno-bentonite	10 ⁻⁹ -10 ⁻¹⁰	40-80
Diaframma plastico cemento-bentonite-HDPE	10 ⁻¹⁰ -10 ⁻¹²	70-150
Diaframmi in calcestruzzo	10 ⁻⁸ -10 ⁻⁹	140-220
Diaframma in jet-grouting	10 ⁻⁷ -10 ⁻⁹	80-120
Diaframmi plastici sottili	10 ⁻⁷ -10 ⁻⁸	40-60
Palancole metalliche (con giunti sigillati)	10 ⁻⁶ -10 ⁻⁸ (10 ⁻¹¹)	40-70
<i>Isolamento di fondo</i>		
Barriera in jet-grouting	10 ⁻⁷ -10 ⁻⁸	250-400
Barriera con iniezioni	10 ⁻⁶ -10 ⁻⁸	180-350
Barriere idrauliche		
	Efficacia (% rimozione inquinanti)	Costo (Euro/m ³)
Barriera idraulica-pump and treat	90-95	10-150
BONIFICA/BONIFICA CON MISURE DI SICUREZZA		
<i>In situ</i>		
Air sparging	60-70	50-80
Barriere permeabili reattive	90-99	10-100
Bioflushing	85-90	50-100
Biosparging	60-70	50-80
Bioventing	80-85	30-80
Iniezione di vapore	75-80	40-100
Monitoraggio attenuazione naturale	60-70	15-50
Pump and treat	90-95	10-150
Soil flushing	90-95	40-120
Soil venting	80-85	30-80
<i>Ex situ (on site)</i>		
Biopile	80-90	25-100
Compostaggio	80-90	25-100
Desorbimento termico	95-99	80-250
Immobilizzazione	-	80-200
Soil washing	90-95	90-250
<i>Ex situ (off site)</i>		
Desorbimento termico	95-99	50-130
Incenerimento	99	130-300
Scavo e smaltimento	100	50-180
Soil washing	90-95	40-150
Trattamento biologico	80-90	40-80

Tab. 13 - Costi unitari orientativi e prestazioni degli interventi di bonifica e di bonifica con misure di sicurezza (da Mariotti C., 2002 e Veggi S., 2002).

ca o biologica, la trasformazione o la distruzione dei contaminanti.

Per poter attuare questo tipo di intervento è quindi necessario utilizzare un protocollo di attività (Astm, 1999 e U.S. Environmental Protection Agency, 1999) basato su tre livelli ("Lines of Evidence") come indicato in tabella 11.

Per quanto attiene alla fasi da adottare nello studio dell'attenuazione naturale si può seguire l'approccio Astm o quello dell'U.S. Environmental Protection Agency, che sono di seguito illustrati e confrontati in tabella 12.

L'attenuazione naturale controllata, che ha trovato esempi di applicazione anche in Italia (si veda ad esempio Guerini A., Pozzi C., 2000 e Carrera P. et al., 2002), viene accettata laddove si dimostri che si raggiungano obiettivi di risanamento entro un ragionevole lasso di tempo. Essa viene ritenuta applicabile in concomitanza o a valle di altri interventi già realizzati e deve comunque essere valutata dagli Enti di controllo in considerazione degli elementi di seguito sinteticamente riportati.

Tra i vantaggi si annoverano: il minore impatto ambientale della tecnica; la ridotta occupazione di superfici per i trattamenti; l'assenza di trasferimento ad altre matrici ambientali della contaminazione; l'effettiva distruzione dei contaminanti; la possibilità di applicare a una parte o a tutto il sito contaminato la tecnica; l'utilizzo integrato con interventi attivi e il costo inferiore rispetto alle altre tecniche di risanamento.

Tra gli svantaggi si hanno invece: i tempi che possono essere più lunghi; la complessità ed onerosità della caratterizzazione del sito; la possibile formazione di sottoprodotti più pericolosi; la necessità di un monitoraggio che obbedisce a maggiori criteri di qualità; la potenziale migrazione e il trasferimento della contaminazione residua ad altri comparti ambientali; la variabilità nel tempo delle condizioni idrogeologiche e geochimiche e la necessità di una maggiore informazione al fine di rendere accettabile l'intervento.

7. I COSTI DELLE OPERAZIONI DI BONIFICA

La valutazione dei costi degli interventi assume un ruolo fondamentale, in quanto nella normativa italiana viene prevista la scelta della bonifica o della bonifica con misure di sicurezza basandosi anche su questo aspetto.

Non esistendo attualmente una casistica sufficientemente estesa, si hanno difficoltà nel calcolo preventivo degli oneri connessi ad una bonifica.

Per facilitare tale operazione viene di seguito proposto in tabella 13 uno schema per la valutazione dei costi a seconda delle diverse tecnologie applicate, che richiedono un diverso grado di competenza nell'ambito geologico.

BIBLIOGRAFIA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - (1987) "TEST METHOD FOR DETERMINING SUBSURFACE LIQUID LEVELS IN A BOREHOLE OR MONITORING WELL (OBSERVATION WELL)". ASTM D-4750, PHILADELPHIA, PENNSYLVANIA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (1991) - "GUIDE FOR SELECTION OF AQUIFER-TEST METHOD IN DETERMINING OF HYDRAULIC PROPERTIES OF WELL TECHNIQUES". ASTM D-4043, PHILADELPHIA, PENNSYLVANIA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (1992) - "GUIDE FOR PORE-LIQUID SAMPLING FROM THE VADOSE ZONE". ASTM D-4696, PHILADELPHIA, PENNSYLVANIA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (1995) - "STANDARD GUIDE FOR RISK-BASED CORRECTIVE ACTION APPLIED AT PETROLEUM RELEASE SITES". ASTM E-1739-95, PHILADELPHIA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (1998) - "STANDARD GUIDE FOR REMEDIATION OF GROUNDWATER BY NATURAL ATTENUATION OF PETROLEUM RELEASE SITES". ASTM E-1943-98, PHILADELPHIA

ALLER L., BENNET T.W., HACKETT G., PETTY R.J., LEHR J.H., SEDORIS H., NIELSEN D.M. (1989) - "HANDBOOK OF SUGGESTED PRACTICE FOR THE DESIGN AND INSTALLATION OF GROUND WATER MONITORING WELLS". NATIONAL WATER WELL ASSOCIATION, DUBLIN, OHIO

BERETTA G.P. (2000) - "CARATTERIZZAZIONE DEI SUOLI: INDAGINI DI CAMPIONAMENTO, INDAGINI DIRETTE ED INDIRETTE". IN: LA BONIFICA DEI SITI INQUINATI, CONVEGNO SEP POLLUTION, MARZO 2000, HYPER S.R.L., PADOVA

CARRERA P., MASTRONARDI M.C., GAVITELLI M. (2002) - "RISANAMENTO AMBIENTALE DI SITI CONTAMINATI DA IDROCARBURI ATTRAVERSO L'ATTENUAZIONE". IN: CARATTERIZZAZIONE E BONIFICA DI SITI CONTAMINATI, CONVEGNO ANEA, BOLOGNA 12-15 MARZO.

COMITATO TECNICO DISCARICHE (1997) - LINEE GUIDA PER LE DISCARICHE CONTROLLATE DI RIFIUTI SOLIDI URBANI. CISA, CAGLIARI

CONFEDERAZIONE ELVETICA (2000) - "ORDINANZA SUL RISANAMENTO DEI SITI INQUINATI (ORDINANZA SUI SITI CONTAMINATI, OSITI)". CONSIGLIO FEDERALE SVIZZERO, ORDINANZA DEL 26 AGOSTO 2000 (STATO 28 MARZO 2000).

DE CESARIS A.L. (2002) - "IL PUNTO SULLA NORMATIVA IN MATERIA DI BONIFICA". ATTI DEL CONVEGNO: LA BONIFICA DEI SITI CONTAMINATI: DALL'ESPERIENZA IN CAMPO ESEMPI DI SOLUZIONI ALLE PROBLEMATICHE, PROVINCIA DI MILANO, DIREZIONE CENTRALE AMBIENTE, 15 NOVEMBRE 2002, MILANO

GUERINI A., POZZI C. (2000) - "ATTENUAZIONE NATURALE". 51° CORSO DI AGGIORNAMENTO IN INGEGNERIA SANITARIA-AMBIENTALE, SITI CONTAMINATI: INDAGINI, ANALISI DI RISCHIO E TECNICHE DI BONIFICA, 26-30 GIUGNO, MILANO.

HINCEE R.E., ONG S.K. (1992) - A RAPID IN SITU RESPIROMETER TEST FOR MEASURING AEROBIC BIODEGRADATION RATES OF HYDROCARBONS IN SOIL. J. AIR & WASTE MANAGEMENT ASSOCIATION, 42(10)

INTERNATIONAL ORGANIZATION OF STANDARDIZATION (1993) - "WATER QUALITY - SAMPLING - PART 11: GUIDANCE ON SAMPLING OF GROUNDWATERS". ISO 5667-11, GENÈVE, SWITZERLAND

MARIOTTI C. (2002) - "INTERVENTI DI RISANAMENTO E CRITERI DI SCELTA". IN: LA GESTIONE DEI SITI INQUINATI: DALLE INDAGINI ALLA BONIFICA, 3° CORSO DI PERFEZIONAMENTO AIGA, 21-23 OTTOBRE, BARI

NATIONAL WATER WELL ASSOCIATION (1986) - "RCRA GROUND WATER MONITORING TECHNICAL ENFORCEMENT GUIDANCE DOCUMENT". NWWA/EPA SERIES, DUBLIN, OHIO

REPUBBLICA ITALIANA (1997A) - "ATTUAZIONE DELLE DIRETTIVE 91/156/CEE SUI RIFIUTI, 91/689/CEE SUI RIFIUTI PERICOLOSI E 94/62/CEE SUGLI IMBALLAGGI E SUI RIFIUTI DI IMBALLAGGI". D.LGS. 5 FEBBRAIO 1997, N. 22, G.U. N. 38 DEL 15 FEBBRAIO 1997, POLIGRAFICO DELLO STATO, ROMA

REPUBBLICA ITALIANA (1997B) - "TESTO AGGIORNATO DEL DECRETO LEGISLATIVO 5 FEBBRAIO 1997, N.22, RECANTE: "ATTUAZIONE DELLE DIRETTIVE 91/156/CEE SUI RIFIUTI, 91/689/CEE SUI RIFIUTI PERICOLOSI E 94/62/CEE SUGLI IMBALLAGGI E SUI RIFIUTI DI IMBALLAGGI". D.LGS. 8 NOVEMBRE 1997, N.389, G.U. N. 237/L DEL 28 NOVEMBRE 1997, POLIGRAFICO DELLO STATO, ROMA

REPUBBLICA ITALIANA (1998) - "NUOVI INTERVENTI IN CAMPO AMBIENTALE". LEGGE 9 DICEMBRE 1998, N. 426, G.U. DEL 14 DICEMBRE 1998, N.291 SERIE GENERALE, ROMA

REPUBBLICA ITALIANA (1999A) - "DISPOSIZIONI SULLA TUTELA DELLE ACQUE DALL'INQUINAMENTO E RECEPIMENTO DELLA DIRETTIVA 91/271/CEE CONCERNENTE IL TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE URBANE E DELLA DIRETTIVA 91/676/CEE RELATIVA ALLA PROTEZIONE DELLE ACQUE DALL'INQUINAMENTO PROVOCATO DAI NITRATI PROVENIENTI DA FONTI AGRICOLE". D.LGS. 11 MAGGIO 1999, N.152, SUPPL.ORD. ALLA G.U. N. 124 DEL 29 MAGGIO 1999, ROMA

REPUBBLICA ITALIANA (1999B) - "REGOLAMENTO RECANTE CRITERI, PROCEDURE E MODALITÀ DI MESSA IN SICUREZZA, LA BONIFICA E IL RIPRISTINO AMBIENTALE DEI SITI INQUINATI, AI SENSI DELL'ARTICOLO 17 DEL DECRETO LEGISLATIVO 5 FEBBRAIO 1997, N.22 E SUCCESSIVE MODIFICAZIONI E INTEGRAZIONI". D.M. DEL 25 OTTOBRE 1998, N. 471, MINISTERO DELL'AMBIENTE, G.U. DEL 15 DICEMBRE 1999, N. 293 SERIE GENERALE, ISTITUTO

REPUBBLICA ITALIANA (1999C) - "APPROVAZIONE DEI "METODI UFFICIALI DI ANALISI CHIMICA DEL SUOLO". D.M. DEL 13 DICEMBRE 1999, MINISTERO DELLE POLITICHE AGRICOLE E FORESTALI, G.U. DEL 21 OTTOBRE 1999, N. 248 SERIE GENERALE, POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO, ROMA

REPUBBLICA ITALIANA (2000A) - "DISPOSIZIONI CORRETTIVE E INTEGRATIVE DEL DECRETO LEGISLATIVO 11 MAGGIO 1999, N.152 IN MATERIA DI TUTELA DELLE ACQUE DALL'INQUINAMENTO, A NORMA DELL'ARTICOLO 1, COMMA 4 DELLA LEGGE 24 APRILE 1998, N.128". D.LGS. 18 AGOSTO 2000, N.258, G.U. N. 152/L DEL 18 SETTEMBRE 2000, ROMA

REPUBBLICA ITALIANA (2000B) - "TESTO AGGIORNATO DEL DECRETO LEGISLATIVO 11 MAGGIO 1999, N.152 RECANTE "DISPOSIZIONI SULLA TUTELA DELLE ACQUE DALL'INQUINAMENTO E RECEPIMENTO DELLA DIRETTIVA 91/271/CEE CONCERNENTE IL TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE URBANE E DELLA DIRETTIVA 91/676/CEE RELATIVA ALLA PROTEZIONE DELLE ACQUE DALL'INQUINAMENTO PROVOCATO DAI NITRATI PROVENIENTI DA FONTI AGRICOLE". A SEGUITO DELLE DISPOSIZIONI CORRETTIVE ED INTEGRATIVE DI CUI AL DECRETO LEGISLATIVO 18 AGOSTO 2000, N.258, G.U. N. 246 DEL 20 OTTOBRE 2000, ROMA

REPUBBLICA ITALIANA (2000C) - "DISPOSIZIONI PER LA FORMAZIONE DEL BILANCIO ANNUALE E PLURIENNALE DELLO STATO (LEGGE FINANZIARIA 2001)". LEGGE 23 DICEMBRE 2000, N. 388, S.O. ALLA G.U. N. 302 DEL 29 DICEMBRE 2000, SERIE GENERALE, ROMA

REPUBBLICA ITALIANA (2001A) - "DISPOSIZIONI IN CAMPO AMBIENTALE". LEGGE 23 MARZO 2001, N. 93, G.U. DEL 4 APRILE 2001, N.79 SERIE GENERALE, ROMA

REPUBBLICA ITALIANA (2001B) - "REGOLAMENTO RECANTE: "PROGRAMMA NAZIONALE DI BONIFICA E RIPRISTINO AMBIENTALE". D.M. MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO 18 SETTEMBRE 2001, N. 468, G.U. DEL 16 GENNAIO 2001, N.13 SERIE GENERALE, ROMA

REPUBBLICA ITALIANA (2001C) - "DELEGA AL GOVERNO IN MATERIA DI INFRASTRUTTURE ED INSEDIAMENTI PRODUTTIVI STRATEGICI ED ALTRI INTERVENTI PER IL RILANCIO DELLE ATTIVITÀ PRODUTTIVE". LEGGE 21 DICEMBRE, N. 443, S.O. ALLA G.U. DEL 27 DICEMBRE 2001, N.299 SERIE GENERALE, ROMA

REPUBBLICA ITALIANA (2002A) - "RETTIFICHE AL DECRETO MINISTERIALE 13 SETTEMBRE 1999 RIGUARDANTE L'APPROVAZIONE DEI METODI UFFICIALI DI ANALISI CHIMICA DEL SUOLO". G.U. DEL 10 APRILE 2002, N.84 SERIE GENERALE, ROMA

REPUBBLICA ITALIANA (2002B) - "DISPOSIZIONI IN MATERIA AMBIENTALE". LEGGE 31 LUGLIO 2002, N. 179, G.U. DEL 13 AGOSTO 2002, N.189 SERIE GENERALE, ROMA

SESANA G., BRUNETTI F., DELLA VEDOVA P. (2002) - "CRITERI E MODALITÀ DI VALIDAZIONE DEI DATI ANALITICI DA PARTE E LABORATORI ARPA". ATTI DEL CONVEGNO: LA BONIFICA DEI SITI CONTAMINATI: DALL'ESPERIENZA IN CAMPO ESEMPI DI SOLUZIONI ALLE PROBLEMATICHE, PROVINCIA DI MILANO, DIREZIONE CENTRALE AMBIENTE, 15 NOVEMBRE 2002, MILANO

SWEENEY K.H., FISCHER J.R. (1972) - "REDUCTIVE DEGRADATION OF HALOGENATED PESTICIDES". U.S. PATENT NO. 3,640,821

UNI - ENTE ITALIANO DI UNIFICAZIONE - "RIFIUTI LIQUIDI, GRANULARI, PASTOSI E FANGHI. CAMPIONAMENTO MANUALE E PREPARAZIONE ED ANALISI ELUATI". UNI 10802, MILANO

UNIONE EUROPEA (1999) - "DIRETTIVA 1999/31/CE DEL CONSIGLIO DEL 26 APRILE 1999 RELATIVA ALLE DISCARICHE DI RIFIUTI". G.U. DELLE COMUNITÀ EUROPEE L 182/1 DEL 16 LUGLIO 1999, ROMA

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1994) - "SUBSURFACE CHARACTERIZATION AND MONITORING TECHNIQUES: A DESK REFERENCE GUIDE. VOLUME 1: SOLID AND GROUNDWATER". EPA/695/R-93/003A, OFFICE OF RESEARCH AND DEVELOPMENT, WASHINGTON D.C.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1997) - "EXPEDITE SITE ASSESSMENT TOOLS FOR UNDERGROUND STORAGE TANKS SITES. A GUIDE FOR REGULATORS". OFFICE OF SOLID WASTE AND EMERGENCY RESPONSE, EPA 510-B-97-001, WASHINGTON D.C.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1999) - "USE OF MONITORED NATURAL ATTENUATION AT SUPERFUND, RCRA CORRECTIVE ACTION, AND UNDERGROUND STORAGE TANKS SITES". OSWER DIRECTIVE 9200.4-17P, WASHINGTON D.C.

VEGGI S. (2002) - "SISTEMI DI CONTENIMENTO E DI INCAPSULAMENTO DEI SITI CONTAMINATI". IN: CARATTERIZZAZIONE E BONIFICA DI SITI CONTAMINATI, CONVEGNO ANEA, 12-15 MARZO, BOLOGNA

SERGIO MALCEVSKI

DIPARTIMENTO DI ECOLOGIA DEL TERRITORIO
UNIVERSITÀ DI PAVIA
PRESIDENTE
DELL'ASSOCIAZIONE ANALISTI AMBIENTALI

LO STATO DELL'ARTE E LE PROSPETTIVE DELLA VIA E DELLA VAS

Parole chiave: VIA, VAS, Agenda 21, EMAS2, normativa.

RIASSUNTO

In questo momento possiamo porci una domanda riguardo alla V.I.A, strumento di governo in teoria ormai acquisito e consolidato: siamo all'interno di un processo di evoluzione e miglioramento, o siamo alle soglie di una trasformazione drastica e profonda della materia, almeno per quanto riguarda la realtà italiana? I nuovi riferimenti normativi (la "legge obiettivo", il "decreto sblocca-centrali", l'avanzamento delle esperienze regionali) stanno di fatto cambiando il sistema dei riferimenti, e la domanda precedente è lecita.

Occorre considerare la valutazione ambientale nei suoi vari aspetti, che non comprende solo la VIA, ma anche altri strumenti che negli anni trascorsi si sono già affiancati nonché altri che arriveranno in tempi stretti, in particolare la VAS se ci riferiamo alla valutazione di piani e programmi. Per quanto riguarda la valutazione su territori estesi, in realtà altri strumenti si aggiungono alla VAS: le Agende21 locali e l'EMAS2, strumenti che hanno al loro interno il tema della valutazione ambientale a livello territoriale entro cui si collocano le singole opere. Se invece consideriamo i processi decisionali che attendono alla realizzazione di singole opere, non abbiamo solo la VIA, intesa come procedura specifica, ma abbiamo le leggi specifiche in materia di opere pubbliche, la cosiddetta "Merloni", che a

sua volta prevede al suo interno tutta una serie di strumenti che completano la VIA; ad esempio dove si parla di studi di prefattibilità ambientale che accompagnano i progetti preliminari o comunque di studi di fattibilità ambientale che accompagnano i progetti di quelle opere non sottoposte a procedura di VIA. L'ottica degli attuali strumenti è dunque quella di una valutazione ambientale che accompagni tutti i progetti, non solo quelli sottoposti a VIA.

Dal punto di vista tecnico, si pongono dunque più esigenze. La prima è indubbiamente quella di imparare a "navigare" in modo efficace, nella soluzione dei problemi concreti, tra i vari strumenti di governo che si occupano di valutazione ambientale. Ma diventa anche sempre più importante trovare regole di coerenza tra i vari strumenti sul piano tecnico, ad esempio attraverso un uso ordinato e coordinato degli indicatori.

Il campo degli strumenti di governo per la Valutazione Ambientale è attualmente, in Italia, in profonda evoluzione. Ma che tipo di evoluzione? Esiste un'evoluzione "per continuità" (nel caso di sistemi che evolvono in modo progressivo) ed un'evoluzione "per salti", ove intervengono cambiamenti di tipo catastrofico: improvvisamente, il sistema esistente crolla e scompare; oppure, dopo una fase di transizione più o meno lunga, si trasforma in qualcosa di completamente differente.

La VIA in Italia è sicuramente in un momento di rapida evoluzione, ma non è affatto chiaro di che tipo di evoluzione si tratti.

A dire il vero esiste la necessità di uno sviluppo degli strumenti di governo in modo che dalla VIA sulle singole opere si passi ad un sistema più organico di strumenti di valutazione ambientale. Caldissimo, dopo l'approvazione della Direttiva europea 42/2001, è l'interesse per la VAS, la Valutazione ambientale strategica di piani e programmi.

Se consideriamo le valutazioni ambientali su territori estesi, altri strumenti si ag-

CAUSE POSSIBILI

<i>Tempi interni degli organi di governo competenti all'autorizzazione ed alla realizzazione :</i>
Ministero delle Infrastrutture
Assessorati regionali competenti
<i>Tali tempi dovrebbero essere suddivisi rispetto alle varie fasi successive previste :</i>
Studi di fattibilità preliminari
Progetto preliminare
progetto definitivo
progetto esecutivo
<i>Tempi per l'effettuazione delle procedure di V.I.A.:</i>
tempi per l'espressione dei pareri regionali
tempi tecnici della Commissione V.I.A. del Ministero dell'Ambiente
tempi successivi per il giudizio da parte del Ministro dell'Ambiente
<i>Tempi richiesti per la soluzione di contenziosi in sede giudiziaria intervenuti durante il percorso decisionale:</i>
da parte di ricorrenti a valle di gare pubbliche di assegnazione
da parte di associazioni ambientaliste o altri soggetti per motivi di carattere ambientale (es. inadeguatezze dei progetti)
Per altri motivi

Tab.1 - Possibili cause di ritardo in processi decisionali relativi ad infrastrutture di importanza nazionale.

giungono alla VAS (che deve essere ancora recepita in Italia, nonostante l'elevato numero di esperienze pilota): vi sono le Agenzie21 locali (Prov. CIPE 28/12/93), vi è l'EMAS2 territoriale (Reg.CE n.761/2001), vi è l'evoluzione tecnica della pianificazione territoriale di coordinamento, che internalizza sempre più strumento di analisi ed evoluzione ambientale.

Limitandoci ai processi decisionali relativi alla realizzazione di singole opere oltre alla VIA abbiamo le leggi specifiche in materia di opere pubbliche, la cosiddetta "Merloni", che a sua volta prevede al suo interno strumenti tecnici analoghi agli Studi di Impatto Ambientale: gli studi di prefattibilità ambientale per i progetti preliminari e gli studi di fattibilità ambientale per i progetti definitivi di quelle opere non sottoposte a procedura di VIA

Vi sono poi valutazioni ambientali anche per le opere esistenti; ad esempio nel caso di trasformazioni significative, di modifiche sostanziali di impianti esistenti suscettibili di provocare effetti ambientali critici è prevista l'attuazione della direttiva I.P.P.C. (Dir. 96/61/97/CE e D.Lgs n.372/99). Si possono poi aggiungere a questo punto i processi di certificazione di qualità sotto il profilo ambientale (le ISO14000 e le Emas) applicati alle singole opere, nonché gli strumenti ancora non consolidati del danno ambientale e della contabilità ambientale.

Ci troviamo quindi sicuramente di fronte ad un serio problema di complessità del sistema di governo della qualità ambientale, e l'obiettivo diventa un uso integrato degli strumenti. La complessità riguarda tutti: le pubbliche amministrazioni che devono applicare questi strumenti e i tecnici che devono produrre gli elaborati necessari.

Obiettivo dell'intero sistema diventa così la ricerca di un sistema di valutazione ambientale che abbia al suo interno caratteristiche di coerenza. D'altronde gli strumenti indicati sono tra loro complementari.

Purtroppo il quadro non è ancora coerente nei fatti, e presenta problemi a vari livelli: ad esempio un problema generale cruciale è quello del coordinamento tra procedure nazionali e regionali, tenuto conto di differenze anche molto significative, per quanto riguarda le leggi prodotte, tra regioni differenti.

Si potrebbe quindi dire che vi sono sicuramente i presupposti per un'evoluzione "per continuità" nel senso indicato prima.

A livello nazionale stanno d'altronde accadendo una serie di fatti che probabilmente nei prossimi tempi cambieranno in modo molto forte il sistema di riferimento per quanto riguarda in particolare la VIA, che rimane il perno centrale del sistema di strumenti.

È stata approvata e regolamentata la cosiddetta "Legge obiettivo". Sono state

ATTORI		ATTEGGIAMENTI POSSIBILI
PUBBLICO COINVOLTO	SINGOLI CITTADINI	Neutralità Conflitti Sostegno (qualora beneficiati)
	ORGANIZZAZIONI AMBIENTALISTE (nazionali e locali)	Neutralità Conflitti Sostegno (intrinsecamente raro)
AMMINISTRAZIONI	AMMINISTRAZIONI COMPETENTI	Valutazioni di merito (dovute) Resistenze reciproche
	AMMINISTRAZIONI LOCALI	Neutralità Conflitti Favore Richieste di compensazione
	ALTRE AMMINISTRAZIONI COINVOLTE	Valutazioni di merito Controlli competitivi
SOGGETTI ECONOMICI	ESECUTORI	Sostegno
	COMPETITORI	Conflitti
	ASSOCIAZIONI DI CATEGORIA	Neutralità Conflitti Sostegno (qualora beneficiate)

Schema 1 - Soggetti coinvolti nelle valutazioni degli interventi in progetto.

approvate modifiche procedurali per la VIA di comparti tecnici fondamentali (si veda il cosiddetto "Decreto sblocca-centrali"). Si sta andando alla definizione di una legge quadro complessiva in materia.

Cambiare le regole in corso d'opera può anche comportare (in qualche caso) un miglioramento, ma se le alternative non sono efficaci il rischio è lo smantellamento dell'esistente, e la vanificazione delle valutazioni di ordine ambientale.

Sulla base degli elementi informativi (ancora parziali) disponibili, non possiamo escludere un'evoluzione di tipo catastrofico (nel senso indicato sopra), per cui è importante approfondire l'analisi delle motivazioni alla base dell'evoluzione normativa.

I provvedimenti recenti vanno nel senso della semplificazione e della riduzione temporale delle procedure: sono stati presi presupponendo che la VIA sia stata causa primaria di ritardi nella realizzazione delle infrastrutture necessarie al paese.

L'esperienza italiana insegna in realtà che tali cause possono essere molteplici; oltre a quelli in sede di procedura di V.I.A., altri ritardi ricorrenti si producono all'interno delle procedure autorizzative e realizzative che fanno capo a soggetti amministrativi diversi. Ricerche preliminari sembrerebbero poi indicare che una causa molto significativa di ritardi è legata ai contenziosi in sede giudiziaria che intervengono per motivi estranei a quelli ambientali (ad esempio per ricorsi a valle di gare per l'assegnazione dei lavori).

Sarebbe interesse di tutti analizzare le effettive cause di ritardo nei processi decisionali e realizzativi delle infrastrutture.

Un'analisi sbagliata in tal senso che si traduca di fatto in uno smantellamento della VIA può portare effetti nefasti:

- un peggioramento della qualità media dei progetti;
- la conseguente produzione di impatti critici sull'ambiente;
- il conseguente malcontento delle popolazioni interessate;
- il conseguente peggioramento del clima entro cui vengono prese le decisioni;
- l'inutilità degli effetti perversi precedenti perché le cause vere dei ritardi sono altre.

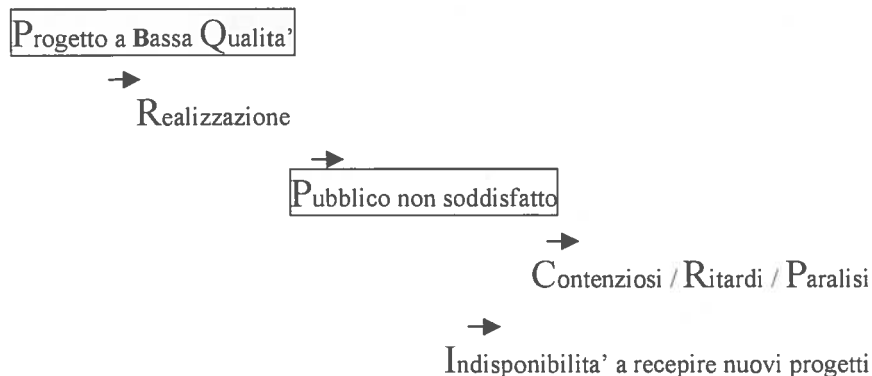
Si suggerisce pertanto alle autorità competenti una rapida analisi di questo tipo, ad esempio sulla base di uno schema come quello indicato in tab. 1.

Nell'analisi precedente un elemento importante è evidentemente quello giocato dagli Enti locali (in grado con le loro azioni di condizionare i passi amministrativi in sede regionale e nazionale).

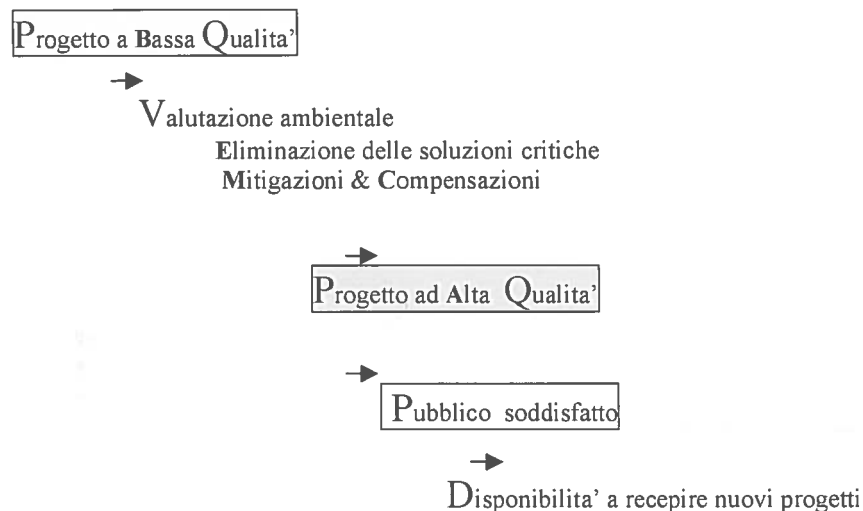
La VIA agisce all'interno di un processo decisionale che prevede possibilità di espressione per il pubblico coinvolto: cittadini, associazioni di cittadini, Enti locali, altre amministrazioni interessate. A questo riguardo si può anche ricordare come in Italia la sinergia tra le varie amministrazioni sia stata storicamente sempre a livelli bassi e tanti ritardi evitabili si siano verificati proprio per questo motivo.

Una delle cause di malfunzionamento nel procedimento decisionale può essere la mancata calibratura delle possibilità di intervento dei singoli comuni all'interno dei procedimenti tecnico-amministrativi: l'ente locale può sentirsi penalizzato, ritenendo di

CICLO VIZIOSO



CICLO VIRTUOSO



Schema 2 - Bivio evolutivo.

avere dal progetto solo costi e niente benefici, e produrre opposizioni di varia natura.

La linea di azione sotto il profilo tecnico diventa, a questo punto, una corretta parametrizzazione delle compensazioni che potranno essere fornite per gli impatti residui, in modo che non sia favorito solo l'ente che grida più forte o è più vicino alle posizioni politiche del governo di turno.

Il risultato peggiore si ottiene, probabilmente, cercando di impedire l'espressione degli enti locali (ad esempio eliminando le conferenze dei servizi): se opposizioni ci saranno si esprimeranno comunque anche al di fuori dei canali istituzionali. Potrebbe diventare problematico imporre comunque, in una società localista come quella italiana, la realizzazione di opere rifiutate dalle comunità locali.

Non vanno dimenticati neppure i danni sulla funzionalità amministrativa che possono conseguire a improvvisi cambiamenti nel sistema dei riferimenti tecnici (personale interno, commissioni e consulenti utilizzati): spesso i ritardi dipendono proprio dal rinnovo dei riferimenti tecnici: i nuovi arrivati prima di orientarsi impiegheranno tempo prima di orientarsi nel mondo ormai estremamente complesso degli atti pubblici

(non solo in materia ambientale).

Se i ritardi nella realizzazione delle infrastrutture pubbliche strategiche sono nella maggior parte attribuibili ad altri fattori esterni alle procedure della valutazione ambientale, occorre dunque verificare quali possano essere linee ottimali di azione.

Il miglioramento dei progetti anche sotto il profilo ambientale è un obiettivo a cui non si può rinunciare e che deve essere pertanto esplicitamente confermato: se un problema sono i contenziosi con le comunità locali non si potrà certo sperare di ridurli (la loro eliminazione è impossibile) abbassando la qualità dei progetti. La VIA è stata in questi anni un elemento fondamentale nel miglioramento dei progetti; eliminando o svuotando la VIA peggioreremo ne i contenuti con le conseguenze indicate.

Pare poi senz'altro opportuno dedicare energie per la definizione di corrette regole per la compensazione degli impatti residui, dopo aver comunque verificato che il progetto non produca effetti gravi e irrimediabili. Sulla parametrizzazione delle compensazioni si è finora lavorato pochissimo.

E chiaro che anche l'introduzione della VAS potrà giocare un ruolo fondamentale nell'architettura del sistema complessivo di

governo. Occorrerà accelerare il recepimento della Direttiva europea 42/2001 in modo che sia sinergica con gli altri strumenti (in particolare con la VIA) e non costituisca un ulteriore elemento di complessità decisionale. Sotto il profilo tecnico sarà necessario un serio lavoro di revisione degli indicatori e dei modelli utilizzabili. Più in generale non si dovrà commettere l'errore di immaginare che, approvata la VAS, si saranno risolti una volta per tutte i problemi connessi alla collocazione sul territorio delle opere previste: le valutazioni (anche ambientali) dei progetti di livello successivo (preliminare, definitivo, esecutivo) continueranno inevitabilmente ad incidere sui processi decisionali, e quindi è meglio avere una buona VIA piuttosto che campi di battaglia malamente regolamentati.

La predisposizione genetica del sistema italiano alla frammentazione a scapito della coesione e della coerenza fa sì che la sinergia tra le amministrazioni sia obiettivamente, molto spesso, altamente difficoltosa, ma questo non significa che non si debba lavorare in questa direzione. E occorre anche essere coscienti del fatto che i ritardi dovuti a questo fattore non sono probabilmente eliminabili: l'alto tasso di contenziosi tra concorrenti (non solo tra operatori economici: purtroppo spesso anche amministrazioni differenti sviluppano reciprocamente comportamenti competitivi), è un elemento ricorrente nel nostro sistema.

È importante in ogni caso aver sempre ben presente che il quadro dei soggetti in grado di interferire su una decisione è complesso e le posizioni saranno inevitabilmente articolate, in un sistema dove ruoli e responsabilità sono spesso confusi. Lo schema successivo riassume gli atteggiamenti possibili dei vari attori coinvolti (Schema 1)

In uno scenario che preveda una forte autorità centrale in grado di rendere ininfluenti le resistenze locali e che abbia svuotato le procedure di valutazione della qualità ambientale, avremo sul territorio interventi di qualità bassa e inaccettabile. Si ripresenterà così il circolo vizioso di quando si facevano opere cattive, che causavano crisi di rigetto e il sistema si bloccava. Ricordiamo che la VIA è stata proprio introdotta per attivare invece un circolo virtuoso con cui migliorare i progetti e facilitare l'accettazione delle opere, riducendo i contenziosi.

Possiamo affermare, in conclusione, che ci troviamo di fronte ad un bivio evolutivo: o completare e migliorare il sistema esistente della valutazione ambientale coordinando la VIA con i nuovi strumenti (VAS, IPPC, EMAS) e puntando ad un circolo virtuoso, o svuotarlo ricreando circoli viziosi in cui i conflitti vengono esaltati (schema 2).

Sotto il profilo tecnico, non ci sono dubbi su quale sia la scelta ottimale.

LA RETE FERROVIARIA AD ALTA CAPACITA' BOLOGNA-FIRENZE: PROBLEMATICHE AMBIENTALI

CLAUDIO GAMBELLI

ITALFERR S.P.A.
TASK FORCE BOLOGNA-FIRENZE

Parole chiave: linea ferroviaria, impatto ambientale, trasporto, infrastrutture, galleria.

INTRODUZIONE

La rete ferroviaria italiana, composta di oltre 16.000 km di linee, è stata soggetta nel corso degli anni a continui potenziamenti ed ammodernamenti per realizzare un sistema di trasporto su rotaia collegato al sistema ferroviario europeo anche attraverso la costruzione di nuove linee veloci (fig.1).

La realizzazione di infrastrutture in un territorio come quello italiano, molto articolato da un punto di vista orografico, impone spesso il ricorso ad opere in sotterraneo in cui le interferenze ambientali possono avere ricadute anche significative sul territorio.

L'interazione tra fattori geomeccanici, ingegneristici ed ambientali, questi ultimi amplificati dalla cresciuta sensibilità nei riguardi del territorio, costituisce un aspetto delicato della progettazione e della realizzazione di un'opera in armonia con le peculiarità del territorio e con minimi riflessi sulle differenti componenti ambientali. Tuttavia, l'inserimento d'opere infrastrutturali importanti rappresenta un elemento nuovo a cui il territorio reagirà alla ricerca di nuovi equilibri; quindi, al di là delle previsioni progettuali, esiste sempre la possibilità che si verifichino in corso d'opera criticità puntuali anche rilevanti.

Il presente articolo illustra come sono stati affrontati gli aspetti ambientali nella realizzazione del nuovo collegamento Bologna-Firenze, prevalentemente in galleria, iniziato nel 1996 e relative caratteristiche tuttora in costruzione.

Le problematiche di maggiore rilievo sono legate:

- alla necessità di disporre di adeguati siti di deposito per lo stoccaggio di oltre 20 milioni di m³ di materiale di risulta proveniente dallo scavo delle gallerie e di aree di approvvigionamento di inerti per calcestruzzi (oltre 2 milioni di mc);
- alla possibili interferenze in corso di scavo delle gallerie con la circolazione idrica profonda, in ragione delle forte

anisotropie idrogeologiche delle formazioni geologiche attraversate.

IL PROGETTO

La tratta Bologna-Firenze, lunga circa 78 km, si sviluppa attraverso l'Appennino Tosco-Emiliano e prevede la realizzazione delle seguenti opere:

- 9 gallerie di linea a doppio binario per 73.295 metri, di cui 3.233 in artificiale;
- 2 gallerie di interconnessione per 1.550 metri;

- 12 finestre di accesso per 7.700 metri;
- 1 cunicolo di servizio scavato lungo 10.605 metri, di cui 9.298 scavati con fresa;
- 6 viadotti per 1.100 m;
- rilevati e trincee per 4.000 m.

Il progetto esecutivo dell'opera è stato approvato nelle Conferenze dei Servizi del 28 luglio 1995 (tratta da Bologna a pk 71+500) e del 28 luglio 1998 (Variante di Firenze Castello da pk 71+500 a pk 83+560). Sulla base degli studi condotti e delle soluzioni pro-

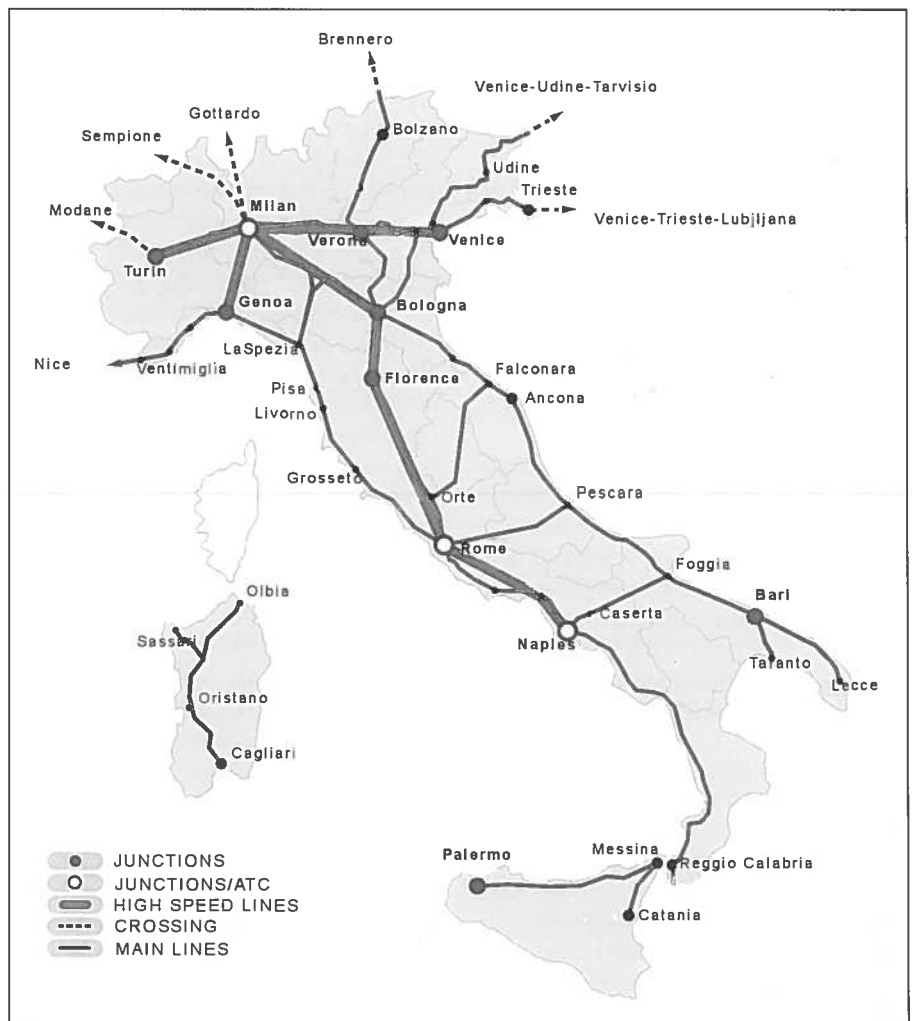


Figura 1 - Sistema ferroviario italiano.

gettuali individuate, anche a seguito di confronti con gli Enti Locali per il posizionamento del tracciato, sono stati sottoscritti dalle Regioni interessate, dai ministri dell'Ambiente, dei Trasporti, da Rfi e da Tav appositi "Accordi procedurali". Questi hanno lo scopo di garantire l'attuazione degli impegni assunti dalle Parti firmatarie e definire procedure operative per la realizzazione delle opere nel rispetto della compatibilità ambientale sia in fase costruttiva sia in esercizio.

La linea ferroviaria si sviluppa in un ampio panorama geologico, inserito nel complesso schema tettonico dell'Appennino Tosco-Emiliano, in cui si ritrovano diversi scenari geomeccanici e idrogeologici resi difficili dalle condizioni al contorno presenti, quali alte coperture, elevati battenti idraulici, presenza di gas, vincoli ambientali (fig.2).

Le principali unità geostrutturali dell'area sono il risultato delle intense azioni tettoniche che, nel tempo, si sono sviluppate con successive fasi compressive e distensive. Le prime, riferibili al Miocene-Pliocene, hanno disarticolato le formazioni roc-

ciuse provocando sovrascorrimenti ad andamento sia appenninico sia antiappenninico e colate gravitative di carattere regionale. Le seconde, Plio-Pleistoceniche, hanno smembrato il territorio con faglie normali ad andamento appenninico provocando il collasso di alcune aree come, per esempio, il bacino del Mugello successivamente colmato da depositi fluvio-lacustri.

Le unità geologiche sono di prevalente origine turbiditica e a diversa complessità strutturale come la Marnoso-arenacea, autoctona, caratterizzata da alternanze regolari di bancate di arenarie e siltiti con livelli argillitici di vario spessore ed il Complesso Caotico, alloctono, costituito da argilliti intensamente tettonizzate (tab. 1).

L'aspetto geomorfologico dell'area in cui si estende il corridoio ferroviario è il risultato degli eventi tettonici che si sono succeduti nel tempo e che hanno caratterizzato le zone di montagna e di pianura. In particolare, la direzione dei corsi d'acqua riflette le direttrici tettoniche della catena appenninica: quelli emiliani hanno un anda-

mento prevalente in direzione SO-NE mentre quelli toscani sono caratterizzati da un direzione prevalente N-S e NO-SE.

La progettazione ambientale del quadruplice Bologna - Firenze è avvenuta in un contesto territoriale molto variegato per la presenza di siti di pregio ambientale e di sistemi antropici, agricoli e naturali notevolmente frammentari e diversificati.

La ricerca delle aree di cantiere, dei siti di deposito per lo smarino e di cave per l'approvvigionamento di inerti per calcestruzzi è stata effettuata tenendo presente i seguenti aspetti:

- 1 - esigenza di scegliere siti vicini ai punti di produzione di smarino delle gallerie;
- 2 - evitare il più possibile danni agli ecosistemi locali e fastidi alla popolazione; per ciò sono state realizzate circa 150 km di strade per sostenere il traffico derivante dai lavori e ridurre le interferenze con la viabilità locale;
- 3 - necessità di ubicare i siti in un'ottica di stabilità geotecnica e in un ambito territoriale che consentisse un successivo ripristino ambientale nel rispetto dei vincoli legislativi esistenti.

Considerata la tipologia delle opere ed il contesto geologico, le problematiche idrogeologiche legate allo scavo delle gallerie e ai conseguenti riflessi su sorgenti, corsi d'acqua, pozzi e su situazioni territoriali critiche, hanno portato alla definizione di diversi schemi progettuali per il controllo degli afflussi idrici intercettati. Tali soluzioni sono state studiate in relazione alle portate attese e sono state applicate e modificate in corso d'opera per fronteggiare le diverse situazioni idrogeologiche incontrate (tab. 2). Inoltre, le acque raccolte in fase di scavo subiscono un trattamento in appositi impianti di depurazione (capacità tra 120 e 360 mc/h), per restituirle all'ambiente prive di fanghi e detriti nel rispetto dei parametri previsti dalle leggi per la salvaguardia delle acque superficiali.

Entrare in un dettaglio di definizione e di previsione puntuale delle criticità è complesso perché 1 - l'evidenza è fortemente condizionata dalla scelta dei recettori delle singole componenti ambientali attraverso cui controllare le modificazioni indotte sugli equilibri esistenti; 2 - è difficile definire il rapporto tra i livelli di falda, scavo delle gallerie e andamento stagionale delle piogge, 3 - le criticità risentono molto, oltre che delle condizioni geostrutturali dell'ammasso, anche della presenza o meno di centri abitati, di attività agricola-zootecniche, di aree ad alto valore paesaggistico.

In considerazione di tali difficoltà, per verificare in corso d'opera la validità delle previsioni progettuali, è stato predisposto un Piano di Monitoraggio Ambientale (tab. 3), articolato sulle diverse componenti ambientali, per controllare l'evoluzione delle si-

GALLERIE	FINESTRE	PK	PK	GEOLOGIA		DESCRIZIONE	H av	H max	Hw av	Hw max	
PIANORO 1084m	Emilia 1 Emilia2	182m 299m	5050	7100	MARNE DI SCHLIER	EMS	marni siltose e arenacee passanti ad arenarie siltite e marne	80-110m	250m	15m	20m
			7100	8700	COMPLESSO CAOTICO	CC	argilliti con inclusi litici poligenici				
			8700	15893	PLOCENE INTRAPP	EP	sabbie cementate passanti ad arenarie siltose e arenarie tenaci				
SADURAN O 3859m			16502	20200	PLOCENE INTRAPP	EP	da lmi con sabbie a sabbie cementate arenarie siltose e arenarie tenaci	80-110m	250m	15m	20m
			20200	20461	MARNE DI BISMANTOVA	EMB	marni siltose, arenacee passanti ad arenarie				
MONTE BIBELE 925m			20523	24000	MARNE DI BISMANTOVA	EMB	marni siltose, arenacee passanti ad arenarie	180m	300m	1-4p	200m
			24000	24750	LOIANO	EAL	arenarie passanti a conglomerati				
			24750	29482	MONGHIDORO	LAM	alternanze di arenarie dure, marne argillose argilliti e cataclasti				
			29482	29766	COMPLESSO CAOTICO	CC	argilliti con inclusi litici poligenici				
10437m RATICOSA	Ostena	1322m	29995	35200	COMPLESSO CAOTICO	CC	argilliti con inclusi litici poligenici, verso la Marnoso-arenacea arenarie fini stratificate passanti a siltiti, marne e argilliti	180m	530m	70-100m	180m
	Castelvecchio	1153m	35200	35900	MARNOSO ARENACEA	RMA	arenarie marne e siltiti				
			35900	37000	OLISTOSTROMA	OL	siltiti marne e argilliti prevalentemente massive				
	Diatema	399m	37000	40432	MARNOSO ARENACEA	RMA	alternanza di arenarie a granulometria variabile, di marne e siltiti				
SCHIEGGIANICO 3552m	Brenzone Brentana	141m 271m	40542	44094	MARNOSO ARENACEA	RMA	alternanza di arenarie a granulometria variabile, di marne e siltiti	150m	300m	10m	15m
15386m FIRENZUOLA	Rovigo Ostelo Marzano	528m 1488m 1112m	44368	54700	MARNOSO ARENACEA	RMA	alternanza di arenarie a granulometria variabile, di marne e siltiti	200m	5-40m	120m	190m
			54700	55800	CASTELGUERINO	TMG	alternanze di marne siltose e arenarie				
			55800	56100	MARNE VARICOLORI	TVM	marni varicolori				
			56100	56500	MACIGNO DEL MUGELLO	TMM	arenarie con livelli siltitici				
			56500	59647	BACINO MUGELLO	BM	sabbie limose e limi sabbiosi poco cementati				
B RINZELLI 717m			59865	60582	BACINO MUGELLO	BM	argille plioceniche con possibili lenti sabbiose	5	10		
MORTICINE 693m			61490	62183	BACINO MUGELLO	BM	argille plioceniche con possibili lenti sabbiose	5	10		
18711m VAGLIA			64655	65400	BACINO MUGELLO	BM	ghiae in matrice argillosa e argille	40-200	580m	200m	400m
			65400	68100	MACIGNO DEL MUGELLO	TMM	alternanze di siltiti, siltiti marnose e arenarie				
			68100	68700	SILLANO	SSI	argilliti varicolori con intercalazioni calcaree				
	Carlone Cunicolo TBM Cunicolo Trad	406m 9298m 1349m	68700	81150	MONTE MORELLO	SCM	calcani marnosi e marne calcaree in grossi banche con rari le sottili livelli calcarenitici con alternanze arenacee ed argillitiche				
	Naturale		81150	81560	SILLANO	SSI	argilliti varicolori con intercalazioni calcaree				
	Artificiale		81560	82138							
	Naturale	49m	82138	82187	BACINO MUGELLO	BM	ghiae in matrice argillosa e argille				
Artificiale		82187	83366								

Tabella 1 - Schema Geologico della Tratta Bologna - Firenze.

tuaioni *ante-operam* e verificare la coerenza tra dinamiche ambientali e previsioni degli studi condotti sul territorio nonché rilevare emergenze impreviste.

Gli ambiti monitorati sono rappresentati da: acque superficiali e sotterranee, atmosfera, rumore, vibrazioni, campi elettromagnetici, suolo e vegetazione, paesaggio.

Il Progetto di Monitoraggio Ambientale, posto sotto le direttive dell'Osservatorio Ambientale Nazionale - istituito con il compito di soprintendere i lavori attraverso il monitoraggio, la verifica e la gestione delle criticità - rappresenta, quindi, uno strumento flessibile e dinamico per un accertamento mirato e coordinato degli effetti dello scavo sull'ambiente consentendo, al contempo, l'acquisizione degli elementi per individuare azioni correttive efficaci.

PRINCIPALI EVENTI AVVENUTI IN CORSO D'OPERA

Le problematiche ambientali avute in corso d'opera sono correlabili alle attività di scavo delle opere in sotterraneo ed alle particolari caratteristiche di alcune formazioni geologiche presenti. Queste presentano, infatti, condizioni geostrutturali complesse che si traducono in una forte anisotropia delle caratteristiche di permeabilità dei terreni, della capacità e dei tempi di ricarica dei bacini di alimentazione.

Esse sono riconducibili ai seguenti fenomeni:

- fenomeni di subsidenza ed impatti connessi con l'intercettazione di falde sospese confinate durante lo scavo;
- venute idriche diffuse e/o concentrate anche di rilevante entità in galleria;

- riflessi sui livelli statici di piezometri e pozzi con possibili riflessi su emergenze idriche superficiali;
- interferenze con sorgenti, anche in relazione alla loro natura geologica;
- interruzione ovvero collegamento tra acquiferi di diversa natura chimico-fisica con possibili riflessi sulle caratteristiche di idropotabilità e/o aggressività delle acque;
- problematiche esecutive per l'attraversamento di zone tettoniche critiche;
- interferenze sulle portate di alcuni corsi d'acqua superficiali in relazione ai reciproci rapporti esistenti tra deflusso superficiale e sotterraneo.

EMILIA ROMAGNA

Nella parte emiliana del tracciato si sono avute situazioni di modesta criticità in

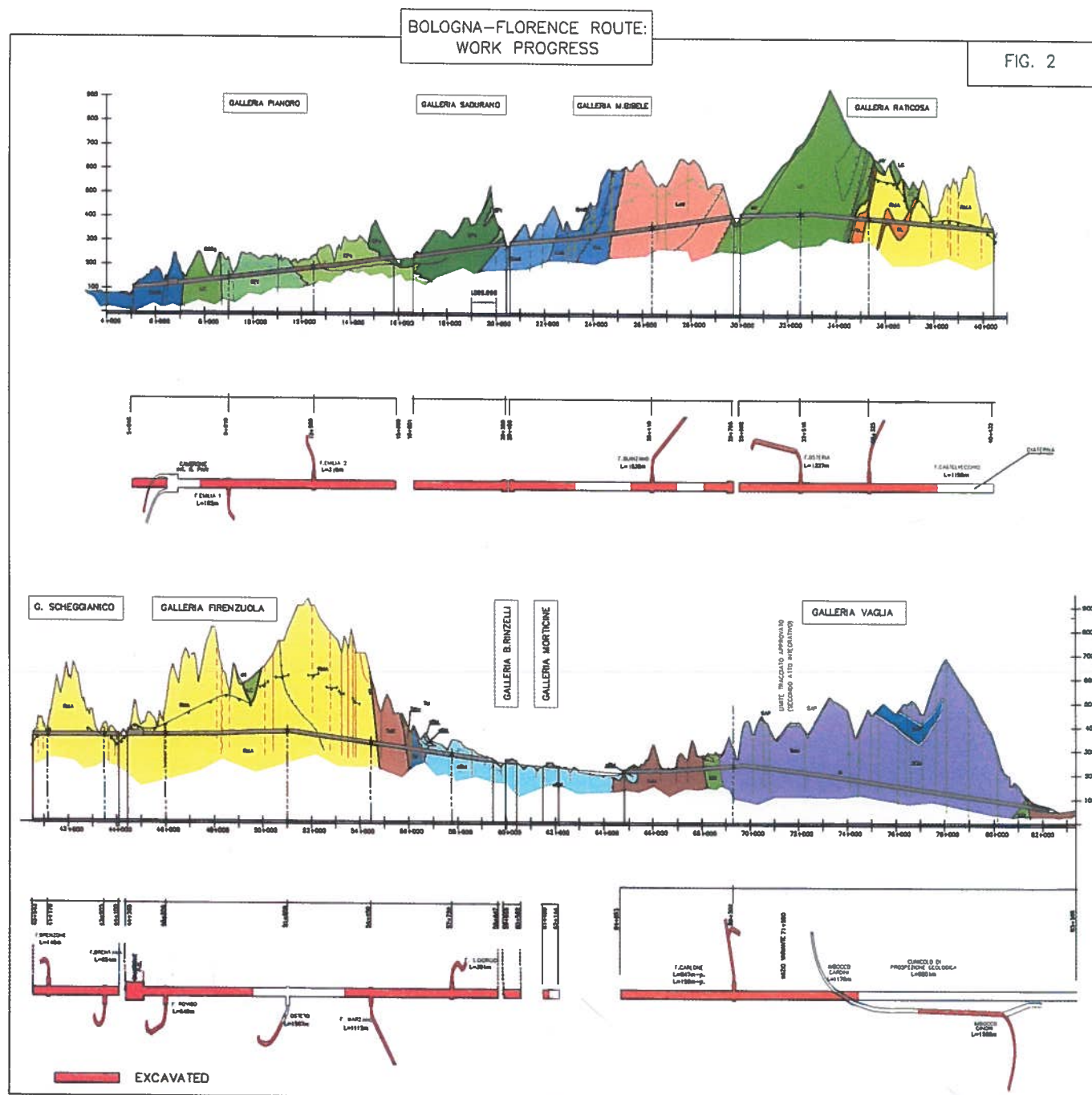


Figura 2 - Panorama geologico della linea ferroviaria inserita nel complesso schema tettonico dell'Appennino Tosco-Emiliano.

aree a bassa densità di popolazione e con effetti locali legati al calo di portate dei sistemi idrici utilizzati per fini agricolo-zootecnico. Tale situazione non è chiaramente riferibile allo scavo delle gallerie perché le sorgenti locali sono connesse a falde superficiali ad alimentazione prevalentemente meteorica. Ciò nonostante, durante la realizzazione delle gallerie, sono stati eseguiti specifici controlli e sono state predisposte misure di mitigazione nell'ambito di un progetto di risistemazione acquedottistica locale predisposto dal Comune.

Un evento particolare è avvenuto nella Galleria Monte Bibele, in cui era stata prevista presenza di gas, dove lo scavo ha attraversato una sacca di idrocarburi che ha richiesto l'attuazione di un monitoraggio in particolare per verificare l'evoluzione temporale del fenomeno. In parallelo sono state attuate adeguate misure per minimizzare la contaminazione dell'ambiente esterno attraverso una corretta gestione del materiale inquinato, depositato in apposite vasche a tenuta predisposte per la captazione del liquido di drenaggio e/o di perco-

lazione. Inoltre, sono state definite prescrizioni per la destinazione finale del materiale di scavo, in funzione del livello di contaminazione, e per lo smaltimento e il pre-trattamento delle acque di galleria intercettate.

TOSCANA

Situazioni di criticità idrogeologica si sono manifestate nella parte toscana del tracciato durante lo scavo delle gallerie nelle formazioni della Marnoso-Arenacea e Monte Morello, ammassi flyschoidi a permeabilità secondaria sede di una circolazione idrica profonda importante.

La Formazione Marnoso-Arenacea presenta una permeabilità secondaria connessa con la presenza di complessi sistemi di fratture ad andamento NW-SE e NE-SW. Quelli ad andamento appenninico sono caratterizzati da una elevata persistenza sino a 3-4 km e rappresentano il luogo di intercettazione e di drenaggio del flusso idrico regionale, che avviene lungo i giunti di strato e lungo il secondo sistema di fratture ad andamento antiappenninico. La formazione

del Monte Morello, invece, costituita da alternanze di calcari marnosi, calcareniti, arenarie, marne e argilliti, è stata sottoposta ad una intensa azione tettonica che ha disarticolato l'ammasso e ha provocato una ridotta continuità degli strati calcarei ed arenacei, portando alla formazione di sistemi acquiferi compartimentati.

Le condizioni geostruturali riportate sono di carattere generale perché le situazioni locali lungo il tracciato sono molto diverse e di differente complessità in ragione di come le azioni tettoniche hanno agito localmente. Ad esempio, nell'area in esame si sono succeduti sovrascorrimenti a diversa vergenza che hanno portato ad accavallamenti di coltri rocciosi, anche interformazionali, con il conseguente risultato di condizioni idrogeologiche e geostruturali molto diverse, con formazione di sorgenti a diverso meccanismo di emergenza e con una circolazione idrica profonda molto articolata.

In relazione a ciò, i meccanismi di interferenza acquifero-galleria sono diversi sia come entità ed importanza sia come sviluppo temporale, in relazione a come lo scavo interferisce con le diverse strutture idrogeologiche presenti.

La definizione dell'estensione del reticolo fessurativo interconnesso dell'ammasso roccioso e dei livelli piezometrici nelle singole porzioni di ammasso "idraulicamente omogenee", rappresenta una delle maggiori difficoltà per una attendibile ricostruzione dei modelli fisici e per lo studio del regime e della circolazione idrica profonda.

Le problematiche più significative si sono manifestate in corrispondenza dello scavo negli ammassi flyschoidi suddetti, incontrati nello scavo delle gallerie Firenzuola e Vaglia, lunghe rispettivamente 15.060 e 18.561 metri. Lo scavo della galleria Firenzuola, nei fronti ubicati in corrispondenza delle finestre di Marzano, Osteto e Rovigo, ha attraversato la Valle dell'Inferno, zona di

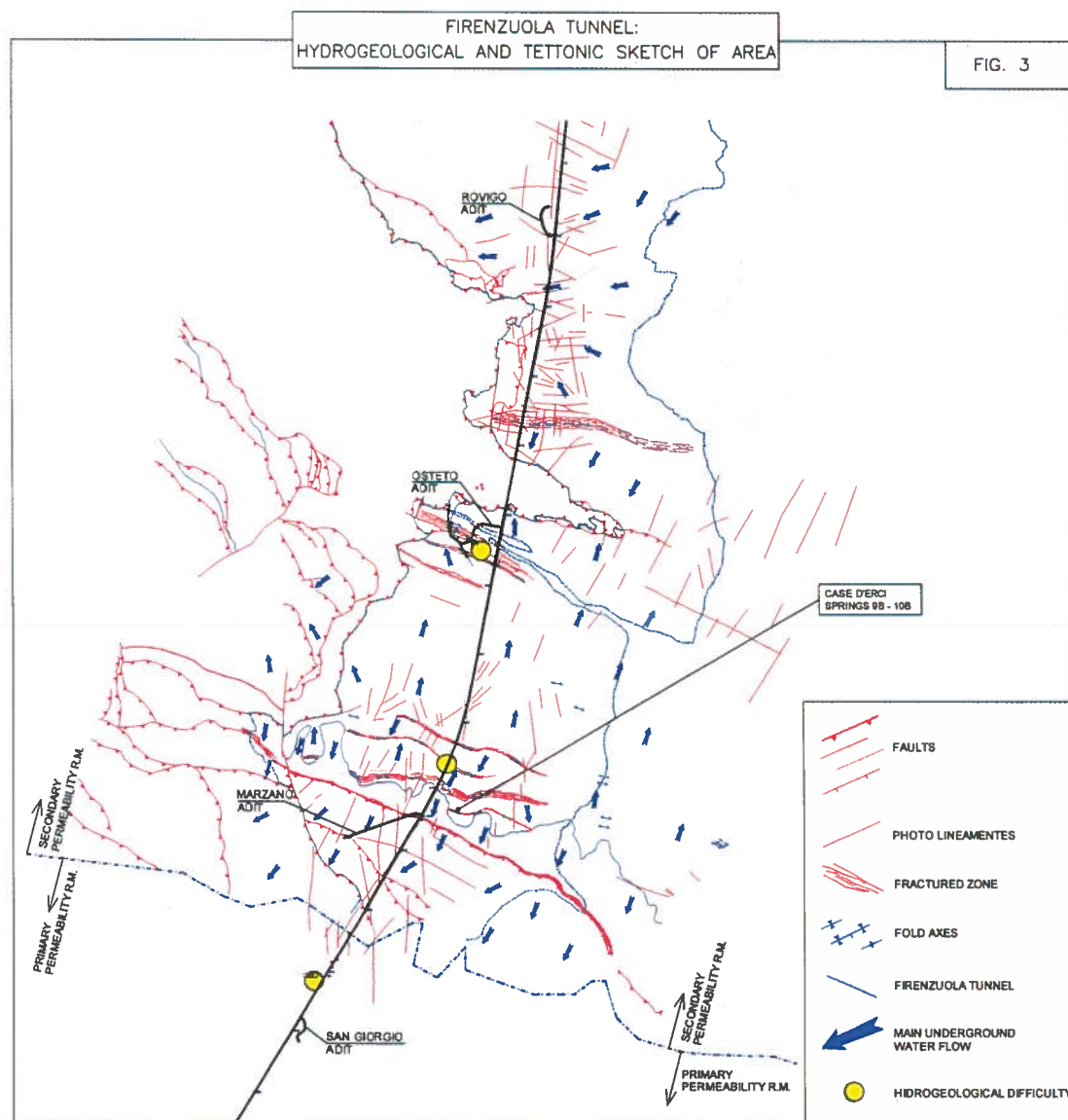


Fig. 3 - Tratta da San Giorgio verso Nord: fenomeni di subsidenza legati alla complessa situazione stratigrafica della formazione pliocenica del Mugello. Esempi di due situazioni avvenute durante lo scavo della galleria Firenzuola.

SEZIONI DI IMPERMEABILIZZAZIONE E DRENAGGIO

- ◆ TIPO 0, utilizzate per portate attese modeste, costituite da uno strato di tessuto non tessuto e da un foglio impermeabilizzante; le acque captate sono raccolte in una tubazione longitudinale posta al piede dei piedritti;
- ◆ TIPO 1 sezione utilizzata per alti battenti idraulici; le acque vengono convogliate in tubazioni ϕ 400 e rese disponibili agli imbocchi separatamente dalle acque nere. Lo schema precedente è integrato ogni 25m dalla messa in opera di pannelli rigidi in pvc della larghezza di 2.5m e/o fori di drenaggio approfonditi in roccia per circa 10m;
- ◆ TIPO 2 sezione impermeabile utilizzata nei sotto-attraersamenti di corsi d'acqua; analoga al "tipo 0" con impermeabilizzazione *full round* non prevede lo smaltimento dell'acqua dal tessuto drenante;
- ◆ DRENAGGIO CONTROLLATO utilizzata in contesti idrogeologici critici; come il tipo 0 con strato di impermeabilizzazione anche tra roccia e arco rovescio prevede sistemi di regolazione del deflusso dell'acqua raccolta dal tessuto drenante.

INTERVENTI DI RIDUZIONE DEL DRENAGGIO CON INIEZIONI CEMENTIZIE E/O CHIMICHE

IMPERMEABILIZZAZIONE DELLE ZONE FRATTURATE IN ALVEO

Tab. 2 - Principali schemi progettuali predisposti per controllare gli afflussi in galleria.

pregio ambientale ricca di acqua, ha intercettato alcune sorgenti presenti nell'area ed ha provocato in alcuni corsi d'acqua una riduzione di portata. Nel Mugello, l'area di pregio comunitario afferente a Badia di Moscheta è adeguatamente monitorata per controllare i possibili riflessi negativi sul Torrente Veccione. Nella tratta da San Giorgio verso Nord, invece, si sono avuti fenomeni di subsidenza legati alla complessa situazione stratigrafica della formazione pliocenica del Mugello. In particolare riportiamo le seguenti due situazioni (fig.3) avvenute durante lo scavo della galleria Firenzuola.

Durante lo scavo della galleria dalla Finestra Marzano verso Nord, nella formazione Marnoso-Arenacea sotto il versante orientale del M. Verruca con coperture massime di circa 400 m e battenti d'acqua fino a 250 m, si sono avute forti venute di acqua che hanno determinato una rilevante diminuzione della portata nelle sorgenti di Casa d'Erci. Queste, denominate 9B e 10B, sono poste sul fianco destro del Fosso Cannaticce, circa 400 m ad est della linea, a quota 510 m s.l.m., cioè circa 180 m al di sopra della galleria. Le due sorgenti presentavano un netto ciclo annuale, legato alle precipitazioni, con variazioni più rilevanti (da 180 a 30 l/minuto) per la sorgente 9B, meno rilevanti (da 320 a 180 l/minuto) per la sorgente 10B. L'effetto del drenaggio della galleria si è fatto risentire prima nella sorgente 9B e successivamente nella sorgente 10B, lievemente più distante rispetto al fronte di scavo.

Nello scavo della galleria Firenzuola da San Giorgio verso Nord con coperture di circa 40m con falda a modesta profondità sotto la superficie, l'esecuzione di un foro di esplorazione in avanzamento alla progressiva 57+087 ha interessato una lente sabbiosa determinando una venuta d'acqua di

circa 20-30 l/s con abbondante trasporto solido. L'asportazione di parte del materiale sabbioso-limoso della lente intercettata ha determinato la formazione di una conca in superficie a distanza di circa 50m oltre il fronte. I sondaggi successivamente eseguiti hanno messo in evidenza la presenza di una estesa lente sabbioso-limoso al di sopra della calotta della galleria, che non era stata individuata con i sondaggi esplorativi precedentemente eseguiti.

INTERVENTI ATTUATI A SEGUITO DELLE CRITICITÀ

In relazione alle criticità che si sono manifestate nel corso degli scavi, le emergenze idrogeologiche sono divenute il punto focale dell'attività dell'Osservatorio Ambientale Nazionale che ha fronteggiato le situazioni di emergenza idrogeologica intervenendo in maniera tempestiva per garantire il rifomimento idrico alternativo. Tra le azio-

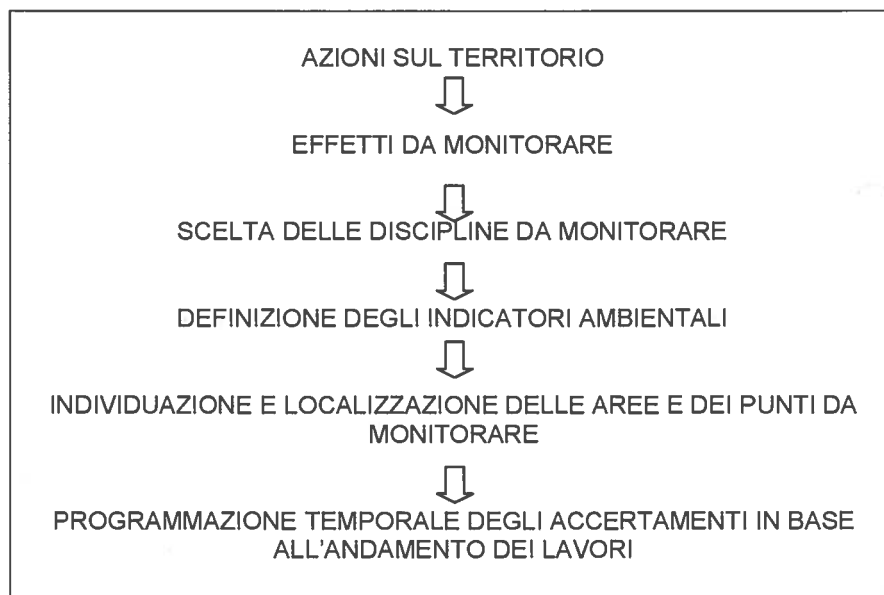
ni ricordiamo gli studi integrativi richiesti per approfondire la conoscenza idrogeologica locale, l'intensificazione delle attività di controllo e la taratura del monitoraggio in corso d'opera.

E' importante sottolineare che l'entità degli impatti non è strettamente correlata alle quantità di acqua drenata nel corso dello scavo. L'esperienza maturata su più di 65 km di gallerie già scavate, di cui un terzo in condizioni idrogeologiche difficili, indica che le criticità non trovano stretta corrispondenza con le portate drenate bensì con le situazioni territoriali locali, quali presenza di centri abitati, sorgenti che alimentano acquedotti, corsi d'acqua con portate prossime al deflusso minimo, presenza di luoghi di particolare interesse paesaggistico, siti di interesse comunitario.

Le esperienze di scavo acquisite e gli studi integrativi in corso d'opera hanno permesso di adeguare le conoscenze per individuare i meccanismi di emergenza delle sorgenti e i rapporti spaziali con il cavo per ipotizzare eventuali interferenze con strutture potenzialmente acquifere. Il rischio è stato valutato sulla base della vulnerabilità intrinseca della sorgente e della pericolosità di ingressione d'acqua in galleria, strettamente legata alla connettività di sistemi di fratture. La sintesi degli studi, condotti solo per i fronti di scavo critici, si ritrova nella redazione di codici di scavo, protocolli procedurali e programmi operativi.

I documenti più significativi da un punto di vista operativo sono rappresentati dai Protocolli procedurali, aventi la finalità di definire sia le tipologie, i contenuti e le verifiche di studi specialistici integrativi sia i conseguenti interventi tecnico-costruttivi per il contenimento e la mitigazione degli impatti sul sistema idrogeologico derivanti dalle operazioni di scavo.

I protocolli rappresentano, pertanto, un compendio dell'intensa attività di approfon-



Tab. 3 - Iter metodologico del Progetto di monitoraggio ambientale.

dimento in corso d'opera degli aspetti idrogeologici degli ammassi rocciosi critici e dell'avanzato monitoraggio per la previsione degli impatti critici e la definizione degli interventi di prevenzione e/o mitigazione. Le attività di approfondimento sono state sviluppate attraverso tecniche di foto-interpretazione, telerilevamento, rilievi di superficie, modalità di esecuzione dei sondaggi in superficie e galleria, rilievi strutturali, prove con traccianti chimici e naturali, modelli interpretativi per la definizione della probabilità di impatto, redazione di carte tematiche.

Un aspetto innovativo è stata la definizione del valore della risorsa idrica attraverso una modellazione "afflussi-deflussi" applicata ai principali bacini idrografici. Tale modello permette, infatti, di definire il bilancio idrologico del territorio dei vari bacini potenzialmente interferiti utilizzando una serie di informazioni multidisciplinari relative alla meteorologia, all'uso del suolo, a valutazioni pedologiche, idrografiche e morfologiche.

Il monitoraggio delle acque superficiali, attivato prima ancora dell'inizio dei lavori, ha subito un notevole incremento dei punti d'acqua da sottoporre a misure periodiche in relazione all'avanzamento delle attività di scavo con una frequenza attualmente compresa da settimanale a mensile. Esso prevede la raccolta sistematica dei dati pluviometrici, misure idrologiche, campionamenti chimico-fisici e batteriologici delle acque su circa 350 sorgenti, 122 pozzi e 88 sezioni di corsi d'acqua.

In galleria, i controlli avvengono attraverso la misurazione in continuo delle portate in uscita dalla galleria delle acque sporche e pulite con distinzione tra i tratti di galleria completamente rivestiti e quelli non ancora completi. L'acquisizione di questi dati, unitamente ai rilievi al fronte, alle misure di portata dei punti d'acqua ed alle analisi chimiche delle acque permettono di evidenziare in tempo eventuali fenomeni di interferenza sugli acquiferi.

La scelta dei punti da sottoporre a monitoraggio è funzione dell'importanza della risorsa, del contesto geologico strutturale e tettonico della formazione interessata dallo scavo ed in base alla posizione e distribuzione sul territorio delle risorse idriche. La frequenza delle misure è definita in base alla posizione di ogni singolo punto rispetto al fronte di scavo, all'avanzamento della galleria, alla posizione del punto d'acqua rispetto alle fasce di influenza e alla presenza di fonti idriche alternative.

Il controllo ambientale sulla tratta comprende anche un'azione molto incisiva su tutte le attività produttive con esecuzione sistematica di rilievi analitici relativamente a inquinamento, viabilità ordinaria, emissioni acustiche, polveri nelle aree di lavoro e vibrazioni in edifici e in zone potenzialmente

instabili.

Ulteriori controlli sono previsti per la salvaguardia della vegetazione e degli ecosistemi ed attuati, tra l'altro, con la copertura aerea annuale a bassa quota per verificare lo stato fito-sanitario ed ecosistemico delle aree in cui sono inserite le opere in via di realizzazione.

Il coronamento di tutte le attività di studio e di controllo in corso d'opera è rappresentato dall'individuazione di azioni sia preventive, per ridurre il drenaggio durante lo scavo delle gallerie, sia per il ripristino e la valorizzazione ambientale.

Le misure di prevenzione sono rappresentate: 1 - da un adeguamento delle fasi esecutive per limitare l'estesa dei tratti di galleria non rivestiti; 2 - dall'adozione di interventi specifici quali l'impermeabilizzazione di fasce fratturate drenanti; 3 - dalla messa in opera di sezioni di impermeabilizzazione e drenaggio più adeguate ai contesti idrogeologici incontrati, quali per esempio i sotto-attraffamenti di aste fluviali; 4 - da un monitoraggio delle venute idriche in galleria in base alle quali applicare apposite procedure di controllo pesate sull'entità delle venute stesse.

Le opere di mitigazione e valorizzazione ambientale sono state individuate in base alle risultanze delle attività svolte dall'Osservatorio Ambientale ed a seguito di intese ed accordi con le amministrazioni locali interessate. Tra queste ricordiamo il potenziamento, completamento e razionalizzazione della rete acquedottistica per uso idropotabile attraverso il collegamento di rami locali isolati e l'integrazione dei sistemi di alimentazione. In totale sono previsti circa 50 km di acquedotti, nuovi pozzi ed impianti di potabilizzazione, progettati secondo indicazioni tecniche dei futuri enti gestori.

Il potenziamento della rete di acquedotti rappresenta anche un'opera di valorizzazione ambientale perché consente la restituzione all'ambiente delle sorgenti in quota oggi captate per uso idropotabile, arricchendo il reticolo idrico superficiale a vantaggio degli ecosistemi locali. In tal senso questo intervento si inserisce in un progetto globale di valorizzazione ambientale da attuare nelle aree di influenza dei lavori per il recupero ambientale e la riqualifica del sistema naturale. Al riguardo, attualmente sono in corso studi specialistici, affidati ad Enti terzi (Comunità montane, Università, Cnr) per definire la tipologia degli interventi di sistemazione ambientale e di mitigazione degli effetti dello scavo sul sistema idrogeologico, finalizzati al ripristino degli equilibri idrici e di alimentazione dei corsi d'acqua. Essi prevedono sistemazioni idraulico forestali, distribuite su 200 kmq di territorio, secondo le tecniche dell'ingegneria naturalistica, la realizzazione di invasi sia montani, per co-

stituire risorse idriche sulla parte alta dei bacini, sia di pianura per la fornitura idrica ad uso irriguo-zootecnico.

Nelle aree denominate "Siti di interesse comunitario", infine, è prevista una riqualifica del sistema naturale anche attraverso interventi di regimazione delle aree di alimentazione al fine di ottimizzare la capacità di ricarica ed immagazzinamento naturale.

CONCLUSIONI

La progettazione delle opere in sotterraneo della tratta Bologna-Firenze è stata sviluppata in base alle caratteristiche geologiche e geomeccaniche dei terreni interessati con opere ingegneristiche inserite in un territorio avente condizioni socio ambientali complesse ed articolate per la presenza di zone antropizzate, a delicato equilibrio ecologico ed alto valore paesaggistico.

Le soluzioni ingegneristiche sono state progettate con l'obiettivo di armonizzarle con le peculiarità del territorio, attuando in corso d'opera un piano di monitoraggio ambientale sempre adeguato e aggiornato alle situazioni incontrate ed alle conoscenze acquisite con particolare riguardo agli effetti attesi su territorio e ambiente.

L'esperienza fino ad oggi maturata in un contesto territoriale e geologico molto variegato e complesso porta alle seguenti conclusioni di validità generale:

- l'inserimento di un'opera ingegneristica nel territorio comporta situazioni che possono variare gli equilibri preesistenti;
- esiste un'oggettiva difficoltà di prevedere, anche a valle di studi approfonditi, entità ed ampiezza delle criticità quando si opera in aree caratterizzate da una situazione geologica ed idrogeologica complessa;
- realizzare l'opera vuol dire accettare un compromesso sul territorio, che reagirà nell'ambito della sua naturale evoluzione;
- è fondamentale predisporre un monitoraggio in corso d'opera, in particolare individuare recettori significativi delle singole componenti ambientali ed accettare un "transitorio";
- occorre la supervisione di autorità competenti "super partes" per l'individuazione delle reali opere di mitigazione da attuare;
- occorre unire gli sforzi di tutti gli attori coinvolti, nel rispetto dei diversi ruoli, per armonizzare le esigenze di chi costruisce e di chi è preposto alla tutela dell'ambiente in un'ottica di grande responsabilità e collaborazione.



STEFANO COPPO

UFFICIO AMBIENTE MARINO E COSTIERO
REGIONE LIGURIA

E-MAIL: STEFANO.COPPO@REGIONE.LIGURIA.IT

IMPATTO AMBIENTALE DELLE OPERE DI DIFESA COSTIERA

Parole chiave: *litorale, ripascimento, fondale, arenile, scogliere.*

Le opere di difesa costiera rappresentano interventi praticamente ubiquitari lungo la fascia costiera ligure, che risulta in molti tratti profondamente condizionata sia sotto l'aspetto paesaggistico, sia sotto quello ecologico; rispetto alla originaria funzione di difesa della viabilità e degli abitati si è affermata negli ultimi decenni una crescente attività di manutenzione e potenziamento delle spiagge, in funzione della crescente importanza economica rivestita nell'ambito del turismo balneare.

Le opere di difesa vengono generalmente divise in due grandi categorie: opere fisse e ripascimenti; entrambe presentano potenziali impatti sull'ambiente marino-costiero.



Fig. 1 - Opere di difesa nel ponente ligure.



Fig. 2 - Attività di ripascimento in corso.



Fig. 3 - Fondale sabbioso in provincia di Imperia (foto F. Garibaldi).



Fig. 4 - Fondali a Posidonia oceanica in provincia di Imperia (foto F. Garibaldi).



Fig. 5 - Beach-rock in provincia di Savona (foto F. Garibaldi).

Il primo effetto da valutare riguarda l'ingombro fisico di porzioni di fondale da parte delle scogliere o di nuovi profili di spiaggia che si sostituiscono al fondale originario; questa problematica insorge quando l'intervento insiste su porzioni di fondale caratterizzate da popolamenti rari o di pregio.

Nel contesto ligure, operando una drastica schematizzazione, si possono ritenere meno vulnerabili i fondali sabbiosi e fangosi privi di vegetazione.

Maggiore cautela va posta nei confronti di quegli habitat che rivestono un particolare valore ecologico quali formazioni vegetali di fanerogame marine e particolari ambienti di substrato duro (coralligeno, beach-rock) che sono dotati al loro interno di una elevata complessità spaziale e biologica; in particolare attenta considerazione va posta nei confronti delle praterie di Posidonia oceanica, habitat di interesse prioritario ai sensi della direttiva 92/43/CEE, che gioca un ruolo essenziale nell'equilibrio dell'ecosistema marino costiero e che negli ultimi decenni ha subito un generalizzato processo di regressione e deterioramento causato dalle trasformazioni antropiche del territorio.

Quando opere rigide producono, come nel caso di barriere parallele, il confinamento di specchi acquei a ridotto idrodinamismo, tutta l'area all'interno del bacino protetto muta radicalmente le proprie caratteristiche ecologiche ed i popolamenti dei fondali possono pertanto alterarsi sen-



Fig. 6 - Esempi liguri di spiagge eccessivamente confinate



sibilmente; inoltre lo scarso ricambio idrico e la riduzione del moto ondoso possono provocare un degrado della qualità delle acque di balneazione e della spiaggia sotto il profilo non solo ambientale ma anche igienico-sanitario.

L'aspetto maggiormente critico della realizzazione delle opere di difesa sotto il

profilo ecologico è rappresentato dai rischi di infangamento dei fondali che possono derivare dall'utilizzo di materiale di scarsa qualità granulometrica durante la realizzazione di ripascimenti o delle piste di cantiere; in questi casi la frazione pelitica, se presente in grandi quantità, produce notevoli danni non solo per la scarsa qualità della

spiaggia e delle acque di balneazione ma anche a distanze notevoli dall'intervento causando diminuzione della trasparenza delle acque e alterazione della natura dei fondali: a questi effetti è in gran parte imputabile, nella realtà ligure, la regressione delle praterie di Posidonia oceanica, ambiente di primaria importanza per l'ecosistema marino-costiero.

La legge regionale 13 del 1999, attuativa del decreto legislativo n.112 del 1998 sulle autonomie locali, attribuisce alla Regione Liguria la definizione dei criteri generali, dei requisiti qualitativi e delle modalità operative da osservarsi nella progettazione e nella realizzazione delle opere di difesa della costa e di ripascimento degli arenili.

Ad oggi la Regione Liguria ha già elaborato e approvato i "Criteri generali da osservarsi nella progettazione degli interventi di ripascimento stagionali (La Regione Liguria ha definito "stagionali" gli interventi di ripascimento al di sotto dei 10 metri cubi per metro lineare di spiaggia)" (D.G.R. n. 1553 del 20/12/01) e sono in corso di elaborazione i "Criteri generali inerenti la progettazione e l'esecuzione delle opere di difesa della costa e degli abitati costieri e di ripascimento degli arenili".

Con tali atti di indirizzo la Regione Liguria definisce modalità di progettazione ed esecuzione delle opere di difesa della costa che portino ad interventi non solo efficaci in termini di stabilizzazione della costa ma anche compatibili con la qualità delle acque e dei fondali marino-costieri, ciò attraverso:

- una caratterizzazione preventiva dello stato naturale dei fondali;
- requisiti qualitativi sui materiali;
- requisiti sulle tecniche di realizzazione;
- attività di monitoraggio sugli effetti delle opere.

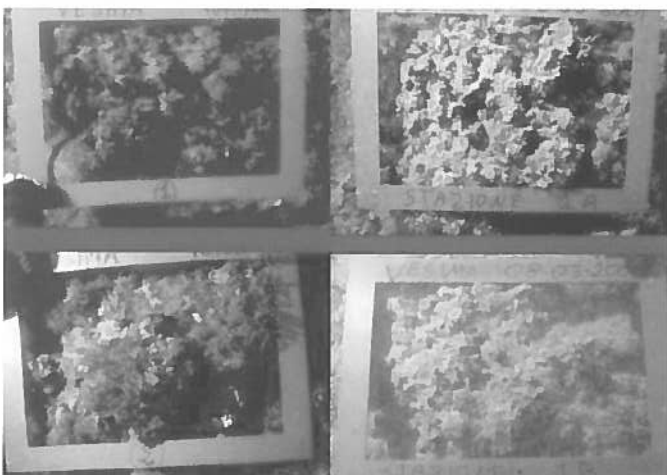


Fig. 7 - Effetti di cementazione della spiaggia causata da un ripascimento effettuato con materiale di scarsa qualità.



Fig. 8 - effetti di infangamento (immagini a destra) documentati su popolamenti di substrato duro in seguito ad un intervento di ripascimento in Liguria (immagini tratte da studio del DIPTERIS dell'Università di Genova, 2001).

L'EVOLUZIONE DEL RIPASCIMENTO ARTIFICIALE DEL LITORALE DI PELESTRINA. ANALISI DELLA VARIAZIONE GRANULOMETRICA DELLE SABBIE CONSEGUENTE L'INTERVENTO

ALDINO BONDESAN
V. FABBRO
V. ARDONE

DIPARTIMENTO DI GEOGRAFIA
"G. MORANDINI", PADOVA

Parole chiave: *ripascimento, litorale, erosione, murazzi, trasporto solido.*

Il lido di Pellestrina (fig.1) fa parte del cordone litoraneo che delimita la Laguna di Venezia ed è compreso tra la bocca di Porto di Malamocco e quella di Chioggia. Esso presenta una lunghezza di circa 11 km e una larghezza variabile da alcune decine a poche centinaia di metri in quel tratto

dei "murazzi" che raccorda Ca' Roman all'abitato di Pellestrina. Questo litorale, soggetto alle forze erosive del mare, è sempre stato un punto di fragilità per la laguna, a tal punto che, a partire dal 1744, la Repubblica di Venezia iniziò la costruzione, per quasi tutta la lunghezza dell'isola, dei "murazzi",

imponenti difese a mare in pietra d'Istria cementate con la pozzolana, che qui trovò i suoi primi impieghi, un materiale di origine vulcanica che mescolato a calce, sabbia ed acqua, diventava un legante resistentissimo per le opere marittime (CVN, 1995). Attualmente, però, tali strutture, pur essendo considerate uno straordinario esempio d'ingegneria costiera, non sembrano più garantire un'adeguata difesa dei litorali, infatti, operando da "barriera fissa", impediscono qualsiasi variazione di riva e gli attacchi erosivi del mare si esercitano nella zona sottocosta, producendo un'erosione dimostrata dal progressivo aumento delle pendenze che secondo rilievi batimetrici eseguiti tra la linea di riva e l'isobata dei 5 m dal 1954 al 1992 (Carbognin, Marabini & Tosi, 1995) si sono mantenute maggiori dell'1%. Inoltre la tendenza evolutiva della linea di riva lungo tutti i litorali veneti, è stata notevolmente alterata dagli interventi dell'uomo in difesa della laguna. Infatti, principalmente la diversione dei fiumi a mare e la costruzione dei moli foranei hanno modificato la distribuzione degli apporti solidi lungo i litorali, portando ad una progressiva variazione dei processi costieri. I litorali di Pellestrina e, in parte, di Lido a causa della loro posizione di transizione rispetto al trasporto solido litoraneo prevalente da nord e a quello più povero da sud, sono stati quelli maggiormente danneggiati, poiché privati del necessario nutrimento sedimentario e quindi esposti agli attacchi erosivi del mare (Gatto, 1984).

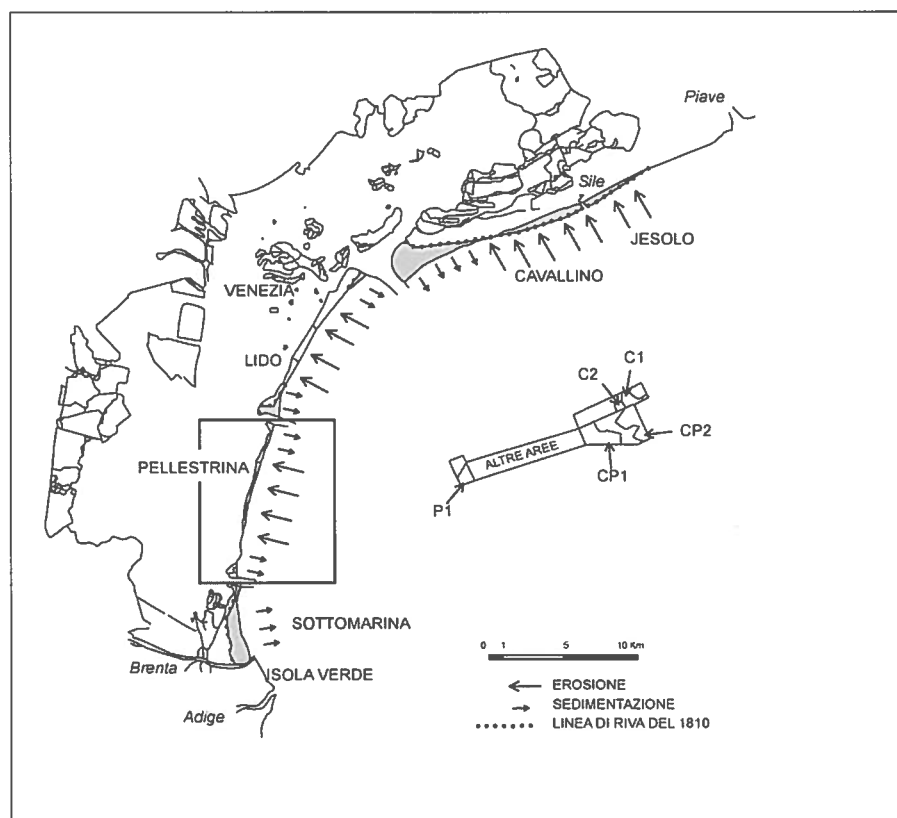


Fig. 1 - Ubicazione di Pellestrina e dell'area di cava (modificato da Cecconi & Maretto, 1996).



Fig.2 - Litorale di Pellestrina, confronto tra il 1970 ed il 1999 (da CVN, 1999).

La mareggiata del 4 novembre 1966, che si abbatté sul litorale con onde di sciocco di particolare altezza e violenza, ha evidenziato drammaticamente la fragilità dell'intero sistema lagunare e delle difese costiere. Da allora un lungo iter normativo culminato con la legge 798/84, ha consentito un insieme d'interventi di difesa e di riequilibrio di Venezia e della sua laguna, nel-

l'ambito del quale è stato considerato anche il rinforzo del cordone litoraneo. Nel 1990 il Consorzio Venezia Nuova ha completato il Progetto di massima degli interventi per la difesa del litorale veneziano dal Fiume Brenta al Fiume Sile, con lo scopo di contrastare la tendenza erosiva in atto e di difendere sia gli abitati litoranei che la laguna retrostante, attraverso una serie di interventi di ripascimento (CVN, 1995) e nel 1994, dopo numerose ed approfondite indagini, ha iniziato il ripascimento del lido di Pellestrina, al fine di creare una difesa morbida in grado di contrastare l'a-

zione erosiva del moto ondoso e di consolidare tale cordone difensivo. Sono stati refluiti circa 4.000.000 m³ di sabbia lungo circa 9 km di litorale, per una larghezza media iniziale dell'arenile di circa 50 metri; l'opera, che non ha precedenti in Europa, si è conclusa nel marzo 1999. Tale intervento è stato affiancato da opere marittime: pennelli laterali di contenimento collegati ad una sco-

gliera sommersa (berma), al fine di costituire una struttura organizzata in "celle". Le 18 celle in cui si articola la spiaggia artificiale sono protette da pennelli in blocchi di roccia del peso massimo di 5 t, trasversali alla costa, distanti l'uno dall'altro da un minimo di 400 ad un massimo di 540 metri, e di lunghezza variabile tra 150 e 210 metri, per un'altezza sul livello medio del mare compresa tra +2.20 e +2.70 metri. Tredici pennelli sono di nuova realizzazione, mentre gli altri 5 sono stati ricavati dalla ristrutturazione di quelli preesistenti; sono costituiti da un nucleo di pietrame appoggiato su un geotessuto steso sul fondale, che è protetto da uno strato di blocchi di roccia (mantellata) le cui dimensioni aumentano procedendo dalla spiaggia verso la testata, dove il moto ondoso agisce con più intensità. Un masso di calcestruzzo è stato posto sulla sommità e si estende per tutta la lunghezza del pennello. Tutti i pennelli sono collegati mediante setti di prolungamento sommersi ad una scogliera in roccia, anch'essa sommersa, parallela alla costa, ad una distanza di circa 300 m dalla costa. Sia la berma che i setti, realizzati con pietrame e rocce del peso massimo di 2 t, hanno la sommità a quota -1.50 m s.m. e poggiano su un telo di geotessile (CVN, 1995). L'utilizzo della berma nasce dalla necessità di ridurre il più possibile i volumi di sabbia da rifluire e dall'opportunità poi di contenere tali sedimenti ed infine dalla possibilità di favorire il ripascimento naturale smorzando le onde incidenti sulla riva (Brambati, 1987). Il ripascimento del litorale di Pellestrina, oltre ad essere stato affiancato da queste opere marittime ha comportato la ristrutturazione delle difese già esistenti, cioè della scogliera addossata ai murazzi ed i murazzi stessi. Sono stati collocati nuovi blocchi di roccia, sistemati quelli deteriorati e sostituiti quelli rimossi dal mare. La nuova scogliera ha una pendenza più dolce della precedente, in modo da favorire la dissipazione dell'energia trasportata dal moto ondoso meno violentemente (CVN, 1995).

A partire dal mese di luglio 1995 sono iniziate le operazioni di prelievo della sabbia dall'area di cava situata al largo di Malamocco. È stata utilizzata una draga autocaricante ed idrorefluente con capacità di carico di 2.000 m³, che prelevava la sabbia nell'area al largo e refluvia a terra una miscela di acqua (circa il 70%) e sabbia (circa il 30%), collegandosi a circa 400 m dal litorale, con una tubazione di diametro di 650 mm (Ceconi & Ardone, 2000). Tale draga ha operato ininterrottamente con 5 cicli al giorno (Ceconi & Maretto, 1996). Il versamento della sabbia è stato effettuato in senso opposto alla direzione del trasporto prevalente, in modo da favorire il naturale deposito dei sedimenti e la stabilità della sabbia versata, che, altrimenti, avrebbe potuto essere sottratta dalla forma-

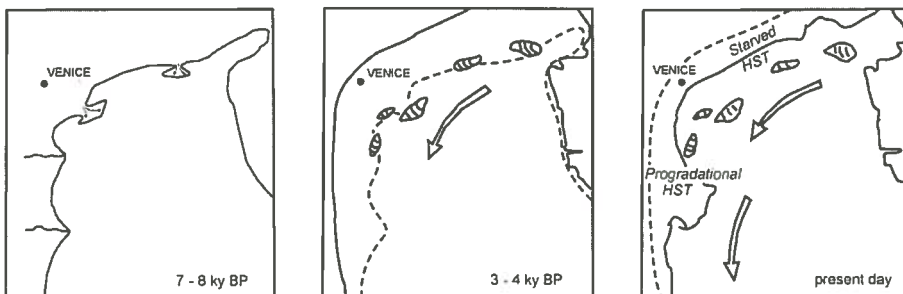


Fig. 3 - Ricostruzione schematica della formazione degli adunamenti sabbiosi, situati al largo della laguna di Venezia (da Correggiari, Trincardi & Field, 1996).

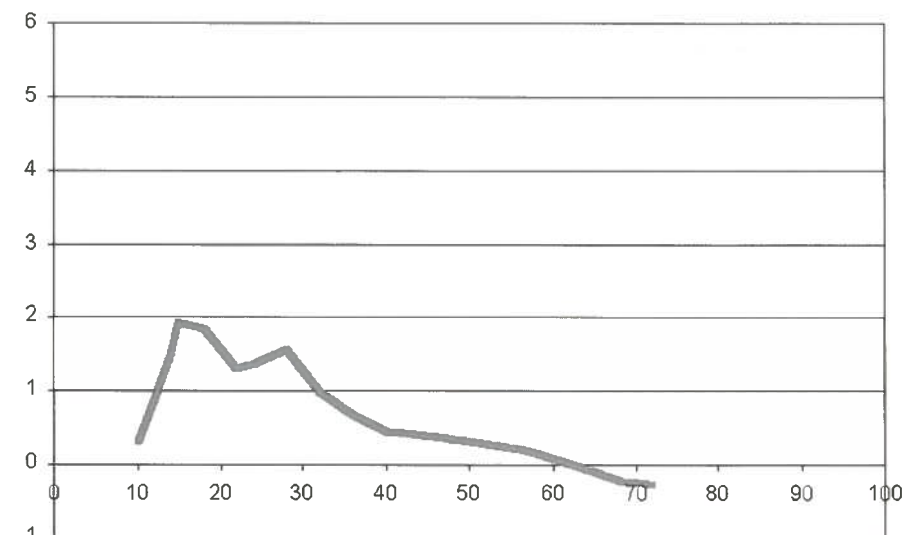


Fig.4 - Esempio di rilievo topografico, effettuato nella cella 12 (in metri).

zione di gorgi (Brambati, 1987). L'ampiezza iniziale della nuova spiaggia era di circa 100 metri, ma, in seguito all'azione del moto ondoso e della corrente, la sabbia si è distribuita all'interno delle celle secondo un profilo naturale con una pendenza meno ripida. La spiaggia emersa si è assestata in una condizione di equilibrio con una larghezza media di 50 metri. Questo fenomeno non comporta perdita di sabbia, è invece la normale evoluzione del ripascimento così come viene prevista e calcolata in fase di progettazione (CVN, 1999) (Fig. 2).

Il programma di manutenzione del ripascimento è basato sulla previsione dell'evoluzione a lungo termine della spiaggia artificiale utilizzando un modello matematico del trasporto longitudinale che considera sia le oscillazioni della linea di riva all'interno delle celle, sia le perdite verso il largo. Per Pellestrina è stata stabilita un'ampiezza minima accettabile di 25 m nelle aree più critiche, con una manutenzione che prevede un rinforzo di sabbia medio di almeno l'1% all'anno, da effettuarsi ogni 10 anni con un totale del 10% pari ad un volume dell'ordine di 400.000 m³ di sabbia (Cecconi & Ardone, 1998).

Una delle conseguenze della realizzazione della nuova spiaggia è stato il trasporto da parte del vento, specialmente di bora, di consistenti quantità di sabbia oltre il murazzo, sulla strada e fino all'interno delle abitazioni. Il persistere di questo fenomeno con notevole frequenza ed intensità, specie durante il 1997, accentuato da un periodo di scarsa piovosità (quindi con sabbia asciutta più facilmente trasportabile), ha provocato sconcerto nella popolazione locale e un certo dissenso nei confronti di questo intervento. Il Consorzio Venezia Nuova ha allora preso tempestivi provvedimenti consistenti nella messa a dimora, in 3 file, di piantine di Tamerici, situate nella parte alta della spiaggia a qualche metro dalla scogliera antistante il murazzo, che avrebbero trattenuto parte della sabbia nell'arco di circa due anni. Inoltre sono state trapiantate sulla spiaggia piante di *Ammophila littoralis*, una graminacea cespitosa, capace di trattenere e consolidare la sabbia trasportata dal vento con il suo apparato radicale.

Al fine di ottenere risultati immediati sono state installate reti frangivento di diversa altezza, diversa collocazione planimetrica e diverse caratteristiche di porosità della rete, nell'intento di studiare la soluzione più efficace. Dalla cella 3 alla cella 7, le barriere frangivento sono state infisse direttamente sulla spiaggia, disposte a moduli intervallati e in alcuni tratti su due file. In particolare, nelle celle 3, 4 e 5 sono state collocate reti alte 1,5 m; nella cella 6 alte 1 m, mentre nella cella 7 la rete è alta 2 m ed è stata posta sulla scogliera antistante il murazzo. A partire dalla cella 8 la barriera frangivento è co-

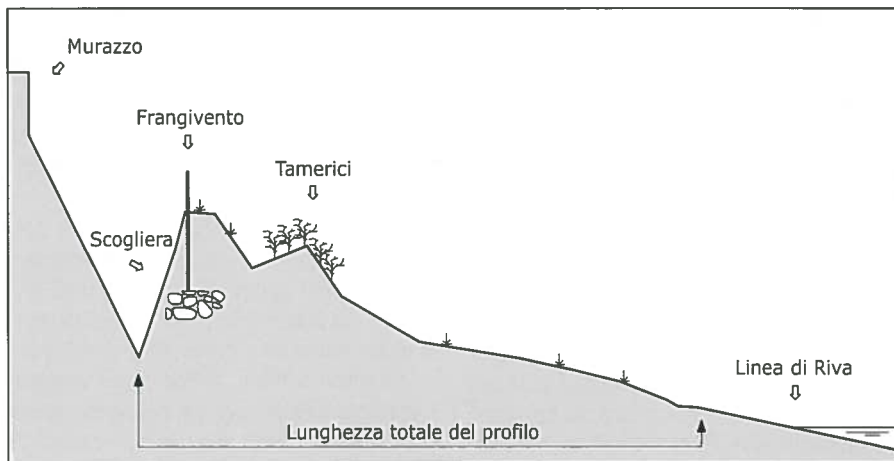


Fig. 5 - Schema riassuntivo delle caratteristiche morfologiche della cella 12.

stituita da una rete continua, interrotta brevemente in corrispondenza degli accessi alla spiaggia, alta 2 m e situate sulla sommità della scogliera (CVN, comunicazione verbale). Tali provvedimenti non solo hanno conseguito per buona parte lo scopo di ostacolare il trasporto eolico della sabbia verso l'abitato, ma anche hanno favorito la formazione di dune embrionali.

Durante la realizzazione della nuova spiaggia si è notato come la berma sommersa favorisca la presenza di specie ittiche che possono trovare un habitat protetto tra i massi naturali. Per accentuare quest'effetto, è stata sperimentata una struttura prefabbricata, dotata di ampie cavità in cui la fauna ittica può trovare rifugio e un luogo adatto alla riproduzione. Complessivamente sono state installate quattro strutture di questo tipo, dislocate lungo l'intero litorale di Pellestrina, una ogni quattro celle, considerando l'importanza della pesca nelle attività produttive locali (CVN, 1995).

Al fine di rinaturalizzare l'ambiente e di migliorare le caratteristiche del substrato sabbioso sono stati inseriti mollu-

chi eduli e nella primavera/estate 2001 è stato intrapreso, in via sperimentale, il trapianto di fanerogame marine (*Cymodocea nodosa*) all'interno delle celle 3, 6, 9, 12 e 15. Tali fanerogame sono state trapiantate

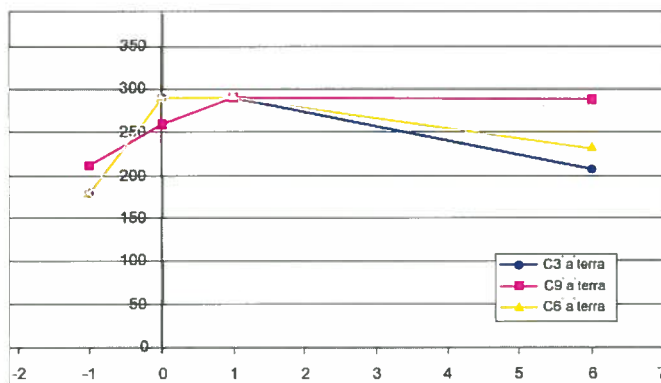


Fig. 6a

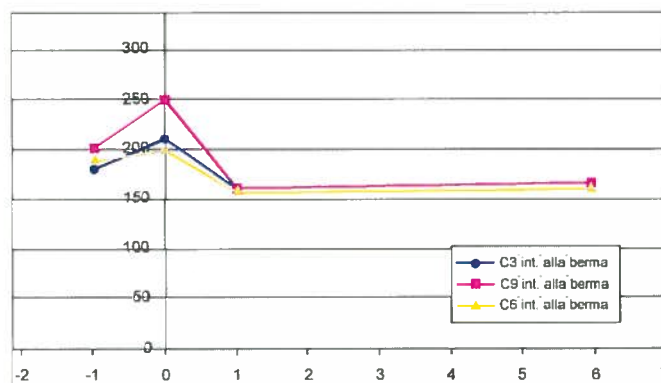


Fig. 6b

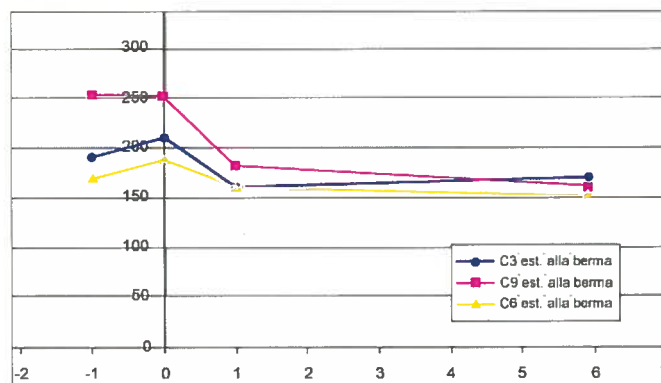


Fig. 6c

Fig. 6 - Relazione tra andamento dei valori della mediana del diametro in tre siti di campionamento (C3, C9 e C6) e successione temporale: prima dell'intervento (fig. 6a), subito dopo l'intervento (fig. 6b) un anno dopo i lavori (fig. 6c).

in prossimità della scogliera sommersa, mediante l'inserimento di zolle nel substrato e secondo due modalità, per verificare la soluzione migliore. In un caso le piante sono state posizionate secondo filari regolari paralleli alla costa, nell'altro in ordine sparso (CVN, comunicazione verbale).

LA CAVA SOTTOMARINA AL LARGO DI MALAMOCCO

Per individuare l'area di prelievo della sabbia per il ripascimento sono state valutate varie alternative, considerando alcuni parametri determinanti in tale scelta. Sono stati esaminati il volume totale da prelevare, le caratteristiche granulometriche, la distanza della cava in relazione ai possibili sistemi di trasporto ed i vincoli ambientali (Cecconi & Maretto, 1996). In base a queste condizioni l'area al largo di Malamocco (fig. 1), situata a circa 20 km dal litorale e con profondità attorno ai 20 m, si è presentata come fonte adatta per l'approvvigionamento di sabbia per l'intervento di ripascimento lungo i litorali veneti sia per i ragguardevoli quantitativi disponibili, sia per le caratteristiche granulometriche e mineralogiche compatibili con quelle delle spiagge attuali (Cecconi & Maretto, 1996). In quest'area, infatti, gli adunamenti sabbiosi si estendono per circa 150 km² e la disponibilità di sabbia è stata stimata pari a circa 30.000.000 m³, di cui 13.000.000 m³ effettivamente dragabili, nel rispetto dei vincoli di compatibilità ambientale.

Si tratta di spiagge relitte di età olocenica, che si sviluppano parallelamente alla costa veneta dal largo della foce del Tagliamento fino alla foce dell'Adige (Cecconi & Ardone, 2000). Già evidenziate da Mosetti nel 1966 nella Carta Morfologica dell'Alto Adriatico queste forme di fondo sono state interpretate come il risultato del trasporto di sedimenti rimaneggiati dai delta preesistenti, per effetto delle correnti prodotte durante le maggiori acque alte. La velocità della corrente necessaria per produrre queste forme di fondo, ad una profondità media, è stata valutata pari a circa 40 cm/s fino a 80 cm/s, e, anche oggi nel mare Nord Adriatico, può essere raggiunta occasionalmente durante eccezionali mareggiate. È probabile, però, che siano state mareggiate d'intensità minore, ma ricorrenti con una frequenza più elevata a rimodellare la sabbia del fondo marino, subito dopo la sommersione dell'area, ma prima che il moderno stazionamento alto fosse raggiunto (Cavaleri & Stefanon, 1980) (fig. 3).

Questi corpi sabbiosi sono costituiti da sedimenti appartenenti a depositi costieri trasgressivi sommersi dall'aumento del livello del mare durante la trasgressione flandriana e rielaborati da successivi processi marini di alta energia; sono costanti in lunghezza, forma, altezza, orientazione ed

asimmetria; lo spazio tra loro varia da circa 330 m a circa 740 m, la loro altezza da circa 1,5 m a circa 4 m, l'orientazione è NO-SE, quasi parallela alla costa; sono relativamente estesi e notevolmente asimmetrici con pendenze, dal lato sottovento, da 0,9° a 2,8° a SO. I sedimenti sabbiosi, che li costituiscono, sono caratterizzati dalla presenza di frammenti di quarzo e di feldspati e, per quanto riguarda la componente biogenica, da frammenti di conchiglie marine, di alghe calcaree e di serpulidi (Correggiari, Trincardi & Field, 1996). Sulla maggior parte delle creste degli adunamenti sabbiosi si verificò inoltre un'irregolare cementazione che, favorita anche dalla presenza lungo i fianchi di radici di *Posidonia oceanica* L. (Cavaleri & Stefanon, 1980), limitò la loro attività, prevenendo così la loro distruzione. Sia la formazione che l'inattivazione di questo campo di dune avvenne in un breve intervallo di tempo, all'acme della trasgressione quaternaria e riflette l'instaurarsi di un più energico regime oceanografico, in risposta a diversi fattori conseguenti all'ampliamento del bacino epicontinentale verso nord: questa sua estensione, infatti avrebbe reso più lungo il *fetch* dei venti da SE, dato origine ad una circolazione termalina più intensa e spinto l'Adriatico settentrionale verso un'area maggiormente affetta da forti venti catabatici provenienti da NE (Correggiari, Trincardi & Field, 1996).

Numerosi ed approfonditi studi hanno preceduto le attività di dragaggio e, nel 1992, un rilievo geoelettrico ha consentito di determinare con un buon grado di approssimazione la disposizione spaziale della sabbia di adeguata granulometria insieme allo spessore dello strato sabbioso sovrastante le argille, che è risultato costituito da un'estesa fascia sabbiosa nella parte centrale in direzione NE-SO, mentre nella parte a SO è stata segnalata un'area sabbiosa, ma, per il fatto di essere di estensione limitata, non è stata utilizzata (Cecconi & Ardone, 2000).

All'individuazione ed all'indagine nell'area di cava al largo di Malamocco, ha fatto seguito un approfondito studio di compatibilità ambientale, che si è articolato in una verifica sulla compatibilità delle sabbie, su un'indagine per l'individuazione di biotopi di particolare interesse ambientale e su una valutazione dello stato dei popolamenti bentonici prima del dragaggio. Lo studio di compatibilità ambientale della sabbia ha previsto un confronto tra la sabbia presente nell'area di dragaggio con quella dell'area di versamento, sulla base di analisi chimiche, microbiologiche e granulometriche, effettuate su campioni di sedimenti prelevati nelle due aree. I risultati di queste analisi hanno evidenziato che le caratteristiche granulometriche delle sabbie prelevate dall'area di dragaggio sono molto simili a quel-

le della sabbia presente nell'area di versamento, in tal modo sono limitate al minimo sia le perdite per asportazione delle correnti litoranee, sia la torbidità provocata dalla frazione fine. Inoltre, per il limitato contenuto della frazione limosa-argillosa a valori inferiori a qualche per cento, si è verificato che i fenomeni di torbidità nella zona di versamento generalmente interessano una fascia inferiore al km e si esauriscono nel giro di poche ore (Cecconi & Ardone, 2000). La sabbia del fondale marino, situata a 20 km dalla costa, alla profondità di -20 metri, dal punto di vista microbiologico è di una qualità migliore di quella presente sulla battigia, che risulta più contaminata dall'inquinamento prodotto dagli scarichi urbani.

L'indagine per l'individuazione di biotopi di particolare interesse ambientale è stata effettuata con lo scopo di escludere dall'area di prelievo della sabbia praterie di fanerogame marine o substrati solidi naturali (*beachrock* o *tegnue*). Nel caso in cui fosse stato localizzato un affioramento di substrati solidi o di altri biotopi di particolare valenza ambientale, sono state definite le coordinate con Dgps, stabilendo una fascia di 250 metri di raggio, in modo da garantire la massima sicurezza di esclusione dall'area di effettivo prelievo.

Inoltre, prima del dragaggio, sono state svolte indagini per verificare lo stato dei popolamenti caratteristici del fondale, confrontando campioni di *benthos* dell'area coinvolta nelle operazioni di dragaggio con quelle limitrofe (aree di controllo). L'effetto conseguente il dragaggio determina la rimozione della comunità bentonica dagli strati più superficiali del sedimento (0-40 cm), tuttavia, in base a diversi studi e ad analisi effettuate in diversi intervalli di tempo, risulta che, mantenendo la natura sabbiosa del substrato, i popolamenti bentonici tendono a ricolonizzare spontaneamente il fondale nell'arco di qualche anno, una volta terminata l'azione di disturbo. Dopo 12 e 24 mesi dalla conclusione delle attività di dragaggio, è stato effettuato un controllo mediante il prelievo di campioni di *benthos* e i risultati ottenuti hanno evidenziato una significativa ripresa biologica del fondale, con popolamenti simili a quelli originari (Cecconi & Ardone, 2000).

ANALISI SPERIMENTALE DELL'EVOLUZIONE DEL RIPASCIMENTO DI PELLESTRINA

Per analizzare questo ripascimento sono state esaminate sperimentalmente 5 celle (3, 6, 9, 12, e 15), dislocate lungo il litorale di Pellestrina, per valutare l'evoluzione morfologica delle prime celle realizzate a fronte di quelle più recenti. Per ciascuna cella sono stati effettuati rilievi topografici per misurare la linea di riva, ed analisi granulometriche su

campioni di sabbia, prelevati sulla spiaggia emersa e a mare, sia all'interno che all'esterno della barriera sommersa.

I risultati ottenuti dai rilievi topografici, relativi alle celle considerate, hanno evidenziato che la linea di riva si è mantenuta nelle previsioni fatte nel progetto del Consorzio Venezia Nuova. Infatti, i sedimenti refluiti, per l'azione del moto ondoso e della corrente, sono stati rielaborati secondo un profilo naturale, portando ad un'estensione dell'arenile inferiore rispetto a quella esistente subito dopo l'intervento. (figg. 4 e 5)

Per effettuare le analisi granulometriche sono stati raccolti 45 campioni, prelevati nelle celle prese in esame. Per ogni cella sono stati raccolti 9 campioni, 3 dei quali prelevati sulla spiaggia emersa, a circa 50 m (dove possibile) dalla linea di riva, gli altri 6, inve-

ce, sono stati prelevati dal fondale in prossimità della scogliera sommersa, tra la batimetrica -3 e -4, dalla ditta S.E.L.C. di Marghera e forniti dal magistrato alle Acque di Venezia-Consorzio Venezia Nuova.

Le analisi granulometriche hanno messo in evidenza che i sedimenti prelevati a terra presentano una grana prevalentemente media-fine, mentre le sabbie raccolte a mare all'interno ed all'esterno della berma sono caratterizzate da una grana fine. In tutti i campioni inoltre la frazione conchigliare è scarsa, risultando generalmente inferiore all'1%, così come la percentuale di pelite che è generalmente inferiore all'1%, anche se in alcuni casi, per i campioni prelevati a mare, si aggira intorno al 5%. I sedimenti refluiti, che in base agli studi effettuati nell'area di cava al largo di Malamoc-

co si presentavano originariamente bimodali (Brambati, 1987) risultano ora unimodali per la perdita della frazione pelitica, probabilmente durante le operazioni di refluitamento, cosa che ha favorito un aumento della mediana delle sabbie, migliorando quindi le caratteristiche dei sedimenti che ricostituiscono la spiaggia di Pellestrina e rendendoli più compatibili con le sabbie presenti prima del ripascimento.

Al fine di descrivere quantitativamente i caratteri della distribuzione granulometrica sono stati presi in considerazione inoltre alcuni parametri statistici, calcolati mediante il metodo grafico inclusivo, basato sulla lettura diretta delle curve cumulative, leggendo quali dimensioni in ϕ sulla scala delle ascisse corrispondono a certe percentuali (dette percentili). I parametri determinati sono riportati nella tabella 1 seguente che riassume i valori calcolati, espressi nella notazione dimensionale ϕ , eccetto il parametro della asimmetria che è un numero puro.

Tali parametri confermano la distribuzione tesserale dei sedimenti, infatti i valori del diametro medio sono compresi tra 1,8 ϕ e 2,7 ϕ , con valori dominanti intorno a 2,56 ϕ per i campioni prelevati a mare all'interno ed all'esterno della cella e con valori dominanti intorno a 2 ϕ per i sedimenti analizzati lungo la fascia emersa del litorale.

Il grado di uniformità granulometrica o classazione mette in evidenza che sia i sedimenti della spiaggia emersa sia quelli della spiaggia sommersa si presentano prevalentemente ben classati (con valori di ΔI compresi tra 0,35 ϕ e 0,50 ϕ). In generale i valori di classazione variano da 0,21 ϕ a 0,66 ϕ , alcuni campioni infatti sono moderatamente ben classati (σI compreso tra 0,50 ϕ e 0,80 ϕ), altri molto ben classati ($\sigma I < 0,35 \phi$). Il buon grado di selezione che presentano i sedimenti analizzati prelevati dal fondale va probabilmente riferito all'azione costante operata dalle correnti. Inoltre, in generale, per raggiungere un buon grado di uniformità granulometrica è importante il rapporto tra la quantità di materiale che viene continuamente fornito all'ambiente e la capacità selezionatrice del mezzo. In questo caso si rileva un notevole impoverimento degli apporti solidi lungo i litorali veneziani (Lido e Pellestrina). Infatti, i numerosi interventi di salvaguardia della laguna operati dall'uomo hanno alterato il trasporto solido litoraneo, determinandone una diminuzione, principalmente dovuta alla diversione dei fiumi a mare ed alla costruzione dei moli foranei, che hanno aggravato la situazione soprattutto dei lidi centrali del cordone litoraneo, intrappolando gran parte dei sedimenti solo alle estremità. Anche i sedimenti prelevati lungo la spiaggia emersa si presentano generalmente ben classati. In questo caso, però, si tratta di sabbie medio-fini (rispetto ai sedimenti del fondale costi-

CAMPIONE	MEDIANA	MODA	M _Z	CLASSAZIONE	ASIMMETRIA	APPUNTIMENTO
C3A	2,15	2,75	2,13	0,54	-0,067	0,75
C3B	2,35	2,90	2,25	0,55	-0,30	0,87
C3C	2,30	2,95	2,23	0,47	-0,235	1,09
C3I1	2,60	2,95	2,55	0,31	-0,33	1,57
C3I2	2,60	3,00	2,54	0,33	-0,33	1,63
C3I3	2,70	3,00	2,65	0,29	-0,37	2,45
C3E1	2,60	3,00	2,56	0,47	0,15	1,59
C3E2	2,70	2,95	2,7	0,24	0	3,005
C3E3	2,75	2,95	2,7	0,21	-0,48	7,78
C6A	2,15	2,85	2,15	0,49	-0,031	1,009
C6B	2,00	2,50	2,01	0,44	0,063	1,024
C6C	2,15	2,85	2,15	0,51	-0,02	2,19
C6I1	2,60	3,00	2,56	0,49	0,075	1,59
C6I2	2,55	3,00	2,56	0,51	0,137	2,2
C6I3	2,60	3,00	2,56	0,44	0,125	1,311
C6E1	2,55	3,00	2,55	0,43	0,225	2,73
C6E2	2,60	3,00	2,6	0,26	0,136	2,25
C6E3	2,55	3,00	2,55	0,29	0	2,25
C9A	1,80	2,05	1,85	0,29	0,142	0,97
C9B	1,80	2,05	1,85	0,54	0,153	0,928
C9C	1,80	4,00	1,8	0,44	0,062	1,873
C9I1	2,60	2,95	2,6	0,59	-0,055	2,049
C9I2	2,60	3,05	2,61	0,54	0,045	2,283
C9I3	2,60	3,00	2,56	0,55	-0,136	1,958
C9E1	2,70	3,05	2,7	0,39	0,042	2,868
C9E2	2,60	3,05	2,65	0,33	0,332	3,074
C9E3	2,60	3,00	2,68	0,48	0,384	1,775
C12A	2,00	2,35	1,98	0,49	-0,039	0,907
C12B	2,15	2,75	2,1	0,48	-0,137	0,819
C12C	2,55	2,85	2,56	0,45	0,06	1,008
C12I1	2,60	2,95	2,56	0,49	-0,126	1,453
C12I2	2,60	3,00	2,56	0,4	-0,137	1,229
C12I3	2,60	3,00	2,58	0,43	-0,095	1,311
C12E1	2,60	2,95	2,6	0,48	0,148	1,378
C12E2	2,60	3,00	2,58	0,45	0,095	1,192
C12E3	2,60	3,00	2,65	0,57	0,328	1,803
C15A	2,05	2,75	2,02	0,31	-0,249	1,075
C15B	2,35	3,00	2,32	0,37	-0,187	1,332
C15C	2,45	2,90	2,43	0,30	-0,135	1,288
C15I1	2,45	3,00	2,38	0,38	-0,249	1,275
C15I2	2,30	2,90	2,3	0,37	0	1,522
C15I3	2,20	3,00	2,25	0,38	0,133	1,697
C15E1	2,45	3,00	2,54	0,59	0,312	1,605
C15E2	2,55	2,95	2,6	0,66	0,275	2,086
C15E3	2,55	3,00	2,55	0,46	0,043	1,304

Tab. 1 - Valori dei parametri calcolati, espressi nella notazione dimensionale ϕ , eccetto il parametro della asimmetria che è un numero puro.

Campioni	Prima dei lavori	Dopo i lavori	Un anno dopo i lavori	Ultime analisi (2001)
C3 a terra	180	290	290	208
C3 int. alla berma	190	200	160	161
C3 est. alla berma	170	190	160	156
C6 a terra	180	290	290	233
C6 int. alla berma	180	210	160	167
C6 est. alla berma	190	210	160	169
C9 a terra	210	260	290	287
C9 int. alla berma	200	250	160	165
C9 est. alla berma	250	250	180	161

Tab. 2 Valori della mediana del diametro (in mm) rilevati "prima dei lavori", "dopo i lavori", "un anno dopo i lavori" e "ultime analisi 2001".

tuiti da sabbie fini). Ciò è probabilmente dovuto all'azione del vento ed è correlabile con il consistente fenomeno di trasporto eolico, che si è verificato durante il ripascimento di Pellestrina, provocando lo spostamento della sabbia oltre il murazzo fino all'interno dell'abitato, e comportando notevole disagio alla popolazione.

Per quanto riguarda il parametro dell'asimmetria i risultati evidenziano valori compresi principalmente tra 0,2 e -0,3, anche se se ne presentano alcuni variabili da molto positivi nelle curve dei sedimenti esterni alla berma che quindi si caratterizzano per la presenza di una frazione fine, a molto negativi in qualche curva dei sedimenti prelevati all'interno della berma, evidenziando la presenza di una frazione più grossolana. I valori di asimmetria per i sedimenti prelevati sulla spiaggia emersa e per quelli interni alla berma sono simili, mentre si discostano i valori di quelli esterni alla berma. Ciò si potrebbe riferire alla funzione di contenimento operata dalla barriera sommersa nei confronti delle sabbie refluite, tale da determinare due ambienti diversi: uno interno ed uno esterno alla cella. Infatti, anche il valore del diametro medio distingue le due serie di campioni, interni ed esterni alla berma. Il confronto con lo studio di Brambati (1987) sulle sabbie del litorale di Pellestrina antecedenti il ripascimento riporta valori di diametro medio dei granuli che sono compatibili ai valori dei campioni esterni alla barriera, il che fa pensare che tali sabbie siano prevalentemente quelle originarie.

Infine sono stati presi in considerazione i dati delle analisi granulometriche eseguite nel 1996 dalla ditta SGS Ecologia srl relativi al primo stralcio, che sono stati forniti dal Magistrato alle Acque di Venezia-Consortio Venezia Nuova. Tali dati si riferivano alle prime 9 celle e, quindi, in relazione allo studio, si è potuto effettuare un confronto dei dati per le celle 3, 6 e 9.

Nella seguente tabella 2 vengono riportati i valori della mediana del diametro, espressi in μm , rilevati prima dei lavori, dopo i lavori ed un anno dopo i lavori; nell'ultima colonna sono riportati i dati delle nuove analisi, effettuate nel 2001.

Dal confronto dei risultati delle nuove analisi con quelli messi a disposizione dal Magistrato alle Acque di Venezia-Consortio Venezia Nuova effettuati prima dell'intervento, subito dopo l'intervento e un anno dopo i lavori, si rileva una redistribuzione dei sedimenti dovuto principalmente al fenomeno dell'erosione e del trasporto selettivo a mare come dimostrano le figure seguenti (fig. 6 a,b,c) che mettono in relazione l'andamento dei valori della mediana del diametro nei tre diversi siti di campionamento con la successione temporale.

Si può osservare che in tutti i campioni dopo il ripascimento si verifica un aumento nella mediana del diametro, sia nella spiaggia sommersa che emersa. Si può ritenere che ciò dipenda dal fatto che le nuove sabbie refluite presentano un diametro maggiore.

Un anno dopo l'intervento i valori della mediana diminuiscono per i campioni raccolti a mare, mentre restano invariati per quelli a terra, ciò è probabilmente dovuto, a mare, all'erosione e al trasporto selettivo, a terra, all'azione più lenta della deflazione.

Dalle nuove analisi si nota che per i campioni della spiaggia emersa è presente una diminuzione nella mediana del diametro rispetto ad un anno dopo il ripascimento ed ad un aumento rispetto a prima, a causa della più lenta azione della deflazione. I campioni prelevati a mare presentano anch'essi un aumento della mediana del diametro dopo il ripascimento, una diminuzione dopo un anno ed una situazione invariata in base alle analisi del 2001. Quest'ultima situazione fa pensare che le sabbie dopo un assestamento nel primo anno si siano stabilizzate, anche se su valori appena un po' più bassi

rispetto a prima dell'intervento. Ciò si può spiegare considerando che prima del ripascimento la spiaggia era in erosione da tempo e probabilmente la frazione più fine era stata rimossa. In questo momento la spiaggia è "giovane" e non è stata ancora interessata da grossi fenomeni di trasporto selettivo che avevano avuto modo di agire per molti anni prima del ripascimento.

Da quanto osservato si può ritenere che il ripascimento effettuato lungo il litorale di Pellestrina sia in linea con le previsioni fatte nel progetto del Consorzio Venezia Nuova e in base alle analisi granulometriche, ai parametri considerati e all'esame della ridistribuzione dei sedimenti refluiti si può ritenere che le tali sabbie rispecchino la tendenza evolutiva del litorale, assimilandosi alle caratteristiche sedimentologiche dell'ambiente.

BIBLIOGRAFIA

- BRAMBATI A. (1987) - REGIME, BILANCIO SEDIMENTOLOGICO ED IPOTESI DI RIPASCIMENTO DEI LIDI DI VENEZIA. VI CONGRESSO NAZ. ORD. GEOL., VENEZIA, FONDAZIONE CINI, 209 PP.
- CANIATO G., TURRI E. & ZANETTI M. (A CURA DI) (1995) - LA LAGUNA DI VENEZIA. CIERRE EDIZIONI, VERONA, 528 PP.
- CARBOGNIN L., MARABINI F. & TOSI L. (1995) - LAND SUBSIDENCE AND DEGRADATION OF THE VENICE LITTORAL ZONE, ITALY. PROCEEDINGS OF THE FIFTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LAND SUBSIDENCE, THE HAGUE, IHAS, 134, 39-402.
- CAVALERI L. & STEFANON A. (1980) - BOTTOM FEATURES DUE TO EXTREME METEOROLOGICAL EVENTS IN THE NORTHERN ADRIATIC SEA. MARINE GEOLOGY, 36, 1980, 49-64.
- CECCONI G. & MARETTO G. (1996) - LA CAVA SOTTOMARINA PER IL RIPASCIMENTO DEL LITORALE DELLA LAGUNA DI VENEZIA. IV CONGRESSO AIOM, PADOVA, OTTOBRE 1996.
- CECCONI G., ARDONE V. (1998) - LA PROTEZIONE DEI LITORALI CON IL RIPASCIMENTO DELLE SPIAGGE. L'ESPERIENZA DEI LITORALI DI CAVALLINO E PELLESTRINA. ATTI DEL 10° SEMINARIO IADED "LA PROGETTAZIONE AMBIENTALE NEI SISTEMI COSTIERI", ROMA, 10 LUGLIO 1998, 26 PP.
- CECCONI G., ARDONE V. (2000) - LA FONTE DI APPROVVIGIONAMENTO DELLA SABBIA NEL RIPASCIMENTO DEI LITORALI VENETI. PRESENTAZIONE DEL PIANO DELLA COSTA LIGURE, GENOVA 2-4 FEBBRAIO 2000.
- CONSORZIO VENEZIA NUOVA (1995) - OPERE DI DIFESA A MARE, CENNI STORICI. QUADERNI TRIMESTRALI CONSORZIO VENEZIA NUOVA, 3 (2/3), 7-15.
- CONSORZIO VENEZIA NUOVA (1995) - SALVAGUARDIA DI VENEZIA E DELLA SUA LAGUNA, RINFORZO DEI LITORALI. QUADERNI TRIMESTRALI CONSORZIO VENEZIA NUOVA, 3 (2/3), 30-47.
- CONSORZIO VENEZIA NUOVA (1999) - MURAZZI. LE MURAGLIE DELLA PAURA. GRAFICHE VENEZIANE, VENEZIA, 199 PP.
- CORREGGIARI A., FIELD M. E. & TRINCARDI F. (1996) - LATE QUATERNARY TRASGRESSIVE LARGE DUNES ON THE SEDIMENT-STARVED ADRIATIC SHELF. DE BATIST M. & JACOBS P. (EDS), "GEOLOGY OF SILICICLASTIC SHELF SEAS", GEOL. SOC. AMER. SPEC. PUB., 117, 155-169.
- GATTO P. (1984) - IL CORDONE LITORANEO DELLA LAGUNA DI VENEZIA E LE CAUSE DEL SUO DEGRADO. IST. VEN. SS. LL. AA., RAPPORTI E STUDI, 9, 163-193.
- MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI - MAGISTRATO ALLE ACQUE - TRAMITE IL SUO CONCESSIONARIO CONSORZIO VENEZIA NUOVA (1993) - INTERVENTI DI DIFESA DEL LITORALE DI PELLESTRINA, PROGETTO ESECUTIVO GENERALE, APRILE 1993.
- MOSETTI F. (1966) - MORFOLOGIA DELL'ADRIATICO SETTENTRIONALE. BOLL. GEOFISICA TEOR. APPL., 8 (30), 138-150.



GIOVANNI BRAGA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA -
UNIVERSITÀ DI PAVIA

R. MARCHETTI

C. MELONI
DIPARTIMENTO DI MEDICINA PREVENTIVA,
OCCUPAZIONALE E DI COMUNITÀ -
UNIVERSITÀ DI PAVIA

GIORGIO PILLA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA -
UNIVERSITÀ DI PAVIA

INDAGINI ISOTOPICHE PER LA DETERMINAZIONE DELL'ORIGINE DI METANO NEI DINTORNI DI UNA DISCARICA DI RSU

Parole chiave: *percolato, discarica, metano, rifiuti, indagini isotopiche.*

1. PREMESSA

Gli impatti sull'ambiente maggiormente conosciuti e potenzialmente indotti dalle attività legate allo smaltimento di rifiuti in discarica sono sicuramente rappresentati dall'alterazione della qualità delle acque sotterranee (possibilità di migrazione del percolato prodotto in discarica nel sottosuolo) e dall'emissione in atmosfera di gas maleodoranti, durante il conferimento dei rifiuti in discarica. Altre problematiche am-

bientali, relativamente meno conosciute, ma non per questo meno importanti, sono quelle inerenti al controllo e al contenimento della cospicua produzione di biogas che normalmente si sviluppa dalla biodegradazione di Rifiuti solidi urbani (RSU).

L'accumulo sotterraneo di metano, nell'immediato sottosuolo, può avere ripercussioni negative sia sul normale ciclo biologico delle piante (fitotossicità) che per l'uomo. Per l'uomo gli impatti connessi alla migrazione di biogas nel sottosuolo sono legati al

pericolo d'incendio e al rischio, specialmente in luoghi chiusi, di asfissia e del raggiungimento di concentrazioni in metano potenzialmente detonanti.

I bersagli della migrazione del biogas possono essere localizzati anche ad alcune centinaia di metri dagli impianti di discarica (Soldi et Al., 2002): pertanto risulta necessaria l'utilizzazione di specifiche indagini analitiche in grado di individuare chiaramente l'origine di tali miscele.

Durante la migrazione nel sottosuolo, il biogas può, infatti, mutare anche sostanzialmente la propria composizione chimica sia per diluizione con il gas atmosferico sia per

reazioni geochimiche con composti solidi e/o liquidi presenti lungo il tragitto ipogeo.

Nel presente lavoro sono illustrati i risultati di un'indagine ambientale condotta presso una discarica controllata di rifiuti solidi urbani (RSU), ubicata in provincia di Pavia, all'interno del Parco della Valle del Ticino, in una zona localmente degradata, in periodi antecedenti la costruzione dell'impianto di discarica, da stoccaggi incontrollati di rifiuti nel sottosuolo.

In particolare, le indagini condotte hanno avuto come obiettivo l'identificazione dell'origine di una miscela di gas prevalentemente costituita da metano (localmente anche con concentrazioni > 40 %) e da anidride carbonica, presente come gas interstiziale nel terreno nell'immediato sottosuolo di un'area adiacente al perimetro della discarica.

2. TIPOLOGIA COSTRUTTIVA E GESTIONALE DELLA DISCARICA

La discarica oggetto d'indagine è stata realizzata, agli inizi degli anni Novanta, in prossimità dell'orlo di terrazzo fluviale che delimita verso oriente il ripiano generale terrazzato della Lomellina dalla valle a cassetta, incisa dal Fiume Ticino (fig. 1).

Il sottosuolo della zona risulta costituito da sedimenti di origine alluvionale: i terreni su cui è impostato il ripiano generale terrazzato della pianura sono litologicamente costituiti da sabbie e ghiaietto, localmente con limi argillosi nella parte più prossima al piano di campagna, mentre i depositi rinvenibili sul fondo della valle a cassetta del Fiume Ticino sono rappresentati da ghiaie, sabbie e limi, con locali lenti di torba (Braga & Ragni, 1969).

La zona in descrizione è stata sede, negli anni precedenti la costruzione dell'impianto per lo smaltimento controllato di rifiuti

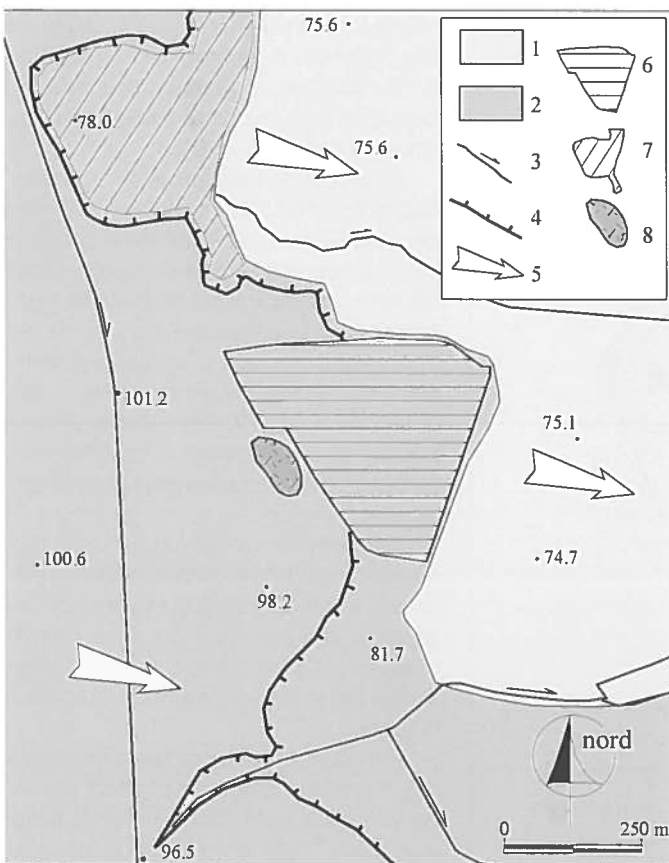


Fig. 1 - Carta geologica. Legenda: 1) Diluvium recente; 2) Alluvium recente; 3) Principali collettori idrici naturali ed artificiali; 4) Orlo di terrazzo fluviale; 5) Senso di deflusso idrico sotterraneo; 6) Impianto di smaltimento di rifiuti solidi urbani; 7) Area contraddistinta da elevate concentrazioni in metano ed in anidride carbonica nel gas interstiziale del terreno; 8) Aree di cava dismessa.

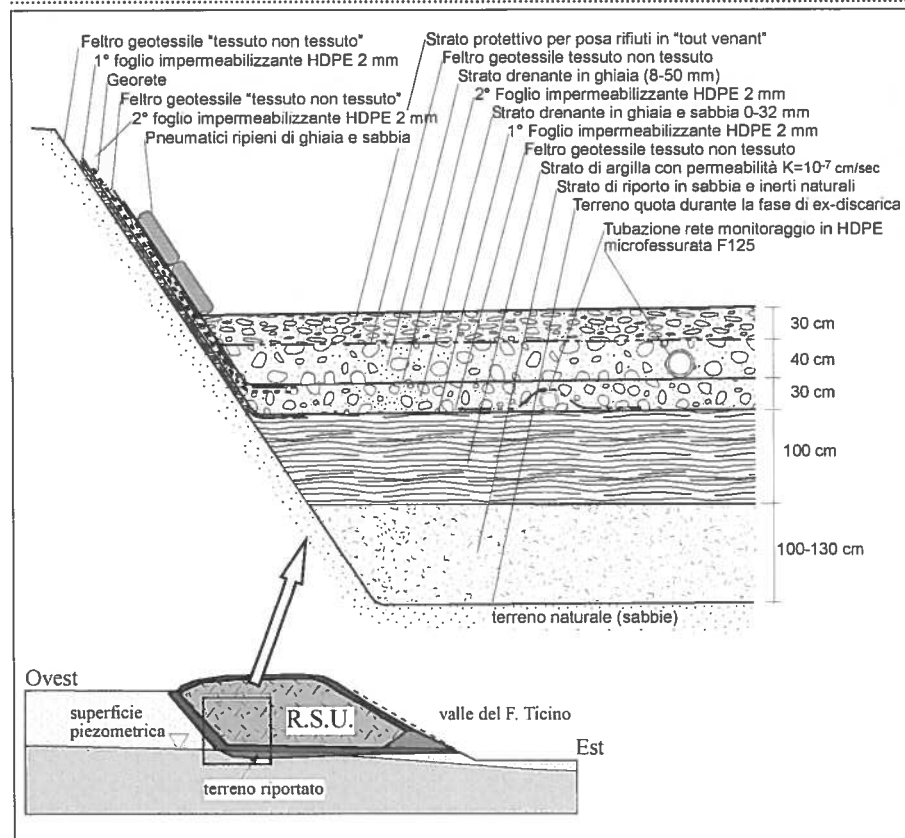


Fig. 2 - Predisposizione della vasca di stoccaggio lungo il lato occidentale della discarica (dati di progetto).

RSU, di un'intensa attività estrattiva che si è materializzata con la realizzazione di numerose cave di terrazzo per l'estrazione di sabbia.

Alcune di tali cave, una volta esaurite, sono state successivamente utilizzate im-

propriamente per lo smaltimento non controllato di rifiuti di varia natura.

All'interno di una cava dimessa (fig. 1) è stata realizzata la discarica oggetto d'indagine. Per la realizzazione dell'impianto si è reso necessario eseguire preliminarmente

la completa bonifica ambientale del fondo della cava tramite la completa asportazione dei rifiuti ivi rinvenuti e il riporto di idoneo materiale laddove il fondo della discarica intercettava la falda freatica, al fine di ricostituire un adeguato diaframma di terreno tra il fondo della discarica e la superficie piezometrica. Nello specifico, nel settore occidentale, a ridosso della scarpata dell'ex-cava, è stato dapprima riportato uno strato di sabbia, per uno spessore pari a circa 1.0-1.3 metri, e successivamente uno strato di materiale di natura argillosa, a bassa permeabilità ($K < 10^{-7}$ cm/sec), per uno spessore di circa 1 m (fig. 2). Per quanto riguarda la fase gestionale, la messa a dimora dei rifiuti è stata effettuata attraverso la realizzazione di più lotti. Successivamente è stato realizzato un ampliamento della capacità complessiva dell'impianto attraverso la sovrarelevazione dei vari lotti. Nel contempo è stata realizzata la rete di captazione del biogas attraverso la realizzazione di un congruo numero di pozzi di aspirazione. Attualmente la discarica è in fase di recupero ambientale.

3. METODOLOGIA D'INDAGINE

La fase operativa dell'indagine ha preso avvio dalla realizzazione lungo il perimetro occidentale dell'impianto, nella porzione centrale dell'area dov'era stata precedentemente individuata la presenza di metano, di un sondaggio geognostico a carotaggio continuo (P5 in fig. 3), spinto ad una profondità di 24 metri, che ha permesso di ricostruire, in dettaglio, la locale sequenza stratigrafica del sottosuolo e la soggiacenza della falda freatica.

In particolare il sottosuolo della zona indagata è costituito prevalentemente da sabbie medio-fini: localmente nella porzione superiore del sottosuolo investigato le sabbie sono accompagnate da ghiaietto, mentre nella porzione mediana (tra 10 e 16 metri circa di profondità) la sabbia si rinviene con una debole frazione limosa. Alla profondità di circa 20 metri dal piano di campagna è stata intercettata la superficie piezometrica della falda freatica presente nella zona.

I dati ottenuti dal sondaggio hanno permesso di posizionare correttamente nel sottosuolo i tratti fenestrati di cinque tubi piezometrici che sono stati successivamente realizzati per poter campionare il gas interstiziale nel sottosuolo, secondo lo schema di figura 4.

Per poter realizzare un campionamento rappresentativo del gas interstiziale alle varie profondità, nelle tratte immediatamente soprastanti i tratti fenestrati sono stati realizzati opportuni anelli di cementazione, così come visualizzati nel riquadro di figura 4. L'installazione dei tubi piezometrici è stata quindi completata da un'ulteriore cementa-

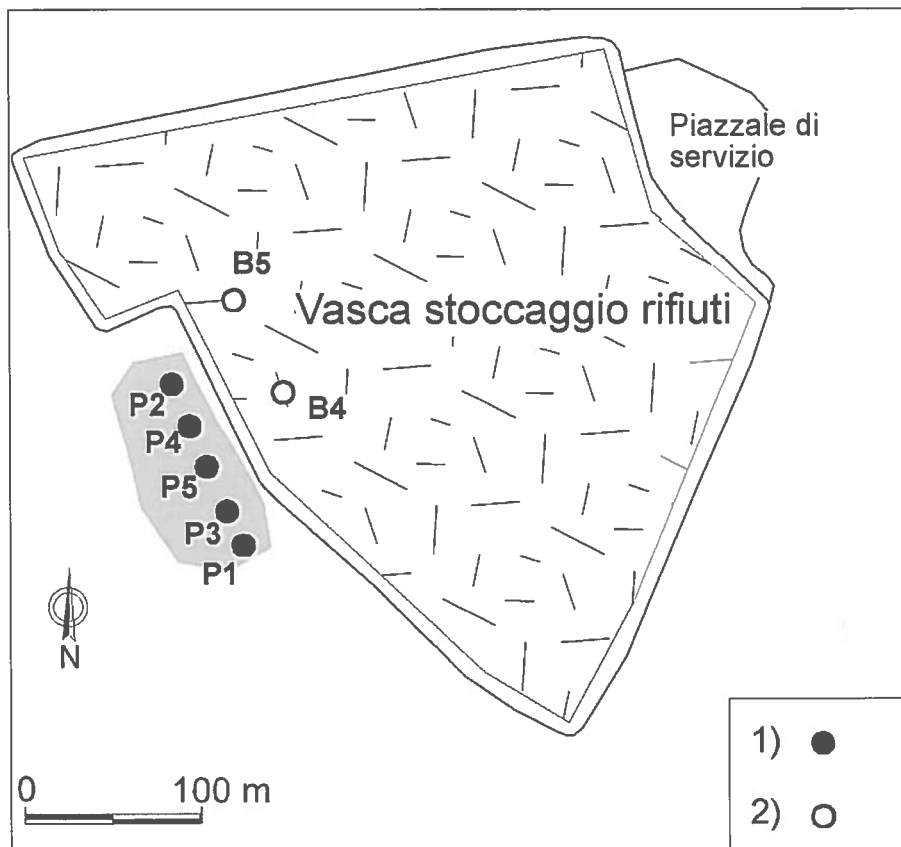


Fig. 3 - Impronta planimetrica della discarica, con ubicazione dei punti di campionamento dei gas e delle acque sotterranee. Legenda: 1) Piezometri per il campionamento dei gas interstiziali; 2) Pozzi di aspirazione del biogas.

Composti	U.M.	P1 (*)	P1 (**)	P2 (*)	P2 (**)	P3 (*)	P3 (**)	P4 (*)	P4 (**)	P5 (*)	P5 (**)	B4 (**)	B5 (**)
Iidrogeno Solforato	H2S mg/m3	<0.033	<0.10	<0.033	<0.25	<0.033	<0.10	<0.033	<0.25	<0.033	<0.10	89.2	85.1
Acqua	H2O g/m3	13.8	7.24	7.92	7.12	10.6	5.73	12.6	4.98	9.61	4.73	8.24	6.34
Metano	% vol. CH4	49.7	57.5	43.7	50.4	41.1	38.5	26.2	18.1	20.1	32.2	57.3	59
Ossigeno	% vol. O2	1.7	0.88	2.7	1.18	3	2.7	5.84	7.51	6.9	2.59	0.77	0.44
Iidrogeno	% vol. H2	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	0.26	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Monossido di Carbonio	% vol. CO	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Biossido di Carbonio	% vol. CO2	34.6	33.7	31.3	30.5	30.7	25.1	19.1	11.2	14.7	21.3	38.6	37.3
Azoto	% vol. N2	14	7.92	22.3	17.9	25.2	33.7	48.6	63.2	58.3	43.9	3.3	3.27
Frazione C3-C5	mg/m3		50		50		53		39		77	361	133
Frazione C6 + Isomeri	mg/m3		7		15		7		6		20	242	38
Frazione C7 + Isomeri	mg/m3		17		33		23		9		33	189	30
Frazione C8 + Isomeri	mg/m3		3		17		8		7		7	50	50
Frazione C9 + Isomeri	mg/m3		7		17		13		17		83	83	25
Frazione C10 + Isomeri	mg/m3		13		10		27		228		1167	1000	600
Frazione C11 + Isomeri	mg/m3		<1		<1		<1		<1		<1	<1	<1
Frazione C12 + Isomeri	mg/m3		<1		<1		<1		<1		<1	<1	<1
Benzene	mg/m3		12		12		7		9		10	22	12
Toluene	mg/m3		<1		<1		<1		<1		30	392	93
Xileni (Isomeri o, m, p)	mg/m3		<1		<1		<1		4		50	140	83
Etilbenzene	mg/m3		<1		<1		<1		1		13	70	24

Tab. 1 - Risultati delle analisi chimiche sui gas campionati. (*) 1° campionamento; (**) 2° campionamento.

zione esterna in prossimità del piano di campagna. Infine nella parte superiore dei piezometri è stato predisposto l'alloggiamento di un tappo a tenuta, dotato di appositi fori per il collegamento del piezometro ai sistemi di prelievo dei gas interstiziali.

Il campionamento dei gas è stato realizzato mediante due campagne di prelievo.

I parametri misurati in laboratorio sui campioni prelevati durante il primo campionamento sono stati i seguenti: contenuto in acqua, H₂S, CH₄, CO, CO₂, H₂, O₂ e N₂.

Per quanto riguarda la seconda campagna di campionamento, le ricerche analitiche sono state orientate alla verifica di possibili correlazioni esistenti tra le caratteristiche dei gas interstiziali riscontrati all'esterno della discarica e quelle del biogas estratto dalla discarica stessa prelevandolo dai due pozzi di aspirazione (pozzi B4 e B5) più prossimi alla zona dove sono stati realizzati i piezometri (fig. 3).

A questo fine le analisi effettuate in laboratorio su tutti i punti di prelievo nella seconda campagna hanno contemplato, oltre la misura degli stessi parametri individuati nella prima campagna di prelievi, anche la ricerca e la determinazione dei principali idrocarburi alifatici ed aromatici.

4. RISULTATI OTTENUTI DALLA FASE ANALITICA

Come è possibile osservare in tabella 1, i gas campionati sono costituiti da una miscela contenente metano, anidride carbonica, vapor d'acqua, ossigeno, azoto e idrocarburi alifatici ed aromatici.

La composizione volumetrica percentuale dei componenti è risultata diversa nei cinque piezometri: in particolare il contenuto in metano ed in anidride carbonica tende, in entrambe le campagne di prelevamento, a diminuire con la profondità di campionamento. I valori massimi (49.7+57.5 % CH₄ e

33.7+34.6 % CO₂) sono stati riscontrati nei campioni prelevati a 3+4 m di profondità (piezometro P1) mentre le concentrazioni minime di metano e di anidride carbonica (rispettivamente 20.2+32.2 % e 14.7+21.3 %) sono stati misurati nei gas campionati ad

una profondità di 18+24 m (piezometro P5).

Tale variazione composizionale dei gas campionati è verosimilmente dovuta alla maggior fugacità posseduta, in generale, da questi composti rispetto agli altri caratterizzanti il biogas.

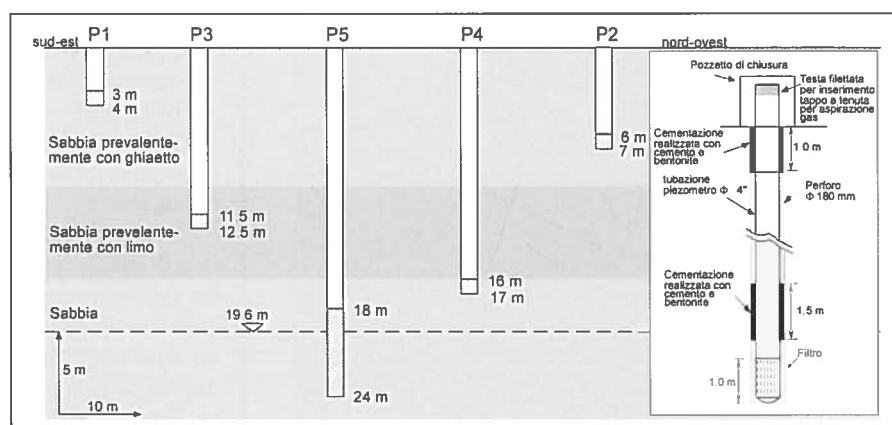


Fig. 4 - Sezione geologica semplificata evidenziante lo schema di realizzazione dei piezometri e l'ubicazione dei filtri di aspirazione (area tratteggiata) e, nel riquadro, la tipologia costruttiva dei tubi piezometrici realizzati.

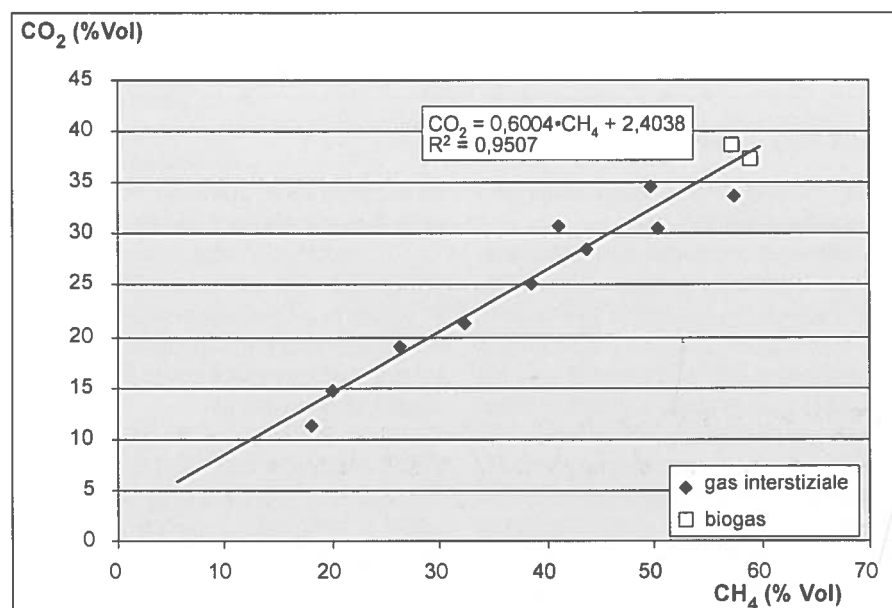


Fig. 5 - CH₄ vs CO₂.

Per quanto riguarda invece il biogas prodotto in discarica esso presenta caratteristiche chimiche, almeno per quanto riguarda il metano e l'anidride carbonica, molto simili a quelle del gas interstiziale campionato nel piezometro P1.

I risultati ottenuti mettono in evidenza una buona correlazione tra le concentrazioni dei due composti; infatti tutti i valori si allineano lungo una retta di correlazione il cui estremo di massima concentrazione è rappre-

di prelievo i pozzi B4 e B5 non erano in depressione).

Per quanto riguarda la presenza dei composti a concentrazioni minori (prevalentemente idrocarburi alifatici ed aromatici) essi, ad eccezione delle frazioni C11 e C12 e loro isomeri, sono stati rinvenuti sia nel biogas campionato che nel gas interstiziale campionato all'esterno della discarica.

Va rilevato che le modeste differenze tra le concentrazioni dei vari componenti ri-

di questi idrocarburi e, in parte, da un leggero decremento della permeabilità della parte medio-profonda del sottosuolo investigato, conseguente ad un aumento della componente limosa riscontrato negli strati medio-profondi.

Per quanto riguarda i parametri analizzati, è infine da sottolineare che il solfuro di idrogeno è quello che denota maggiori differenze fra l'interno e l'esterno della discarica. Tale composto presente con concentrazioni anche dell'ordine di circa 90 mg/m³ nel biogas di discarica risulta sempre assente invece dai campioni di gas interstiziale prelevato nel sottosuolo dai piezometri P1+P5.

5. INDAGINI ISOTOPICHE

Le differenze chimiche più evidenti dall'analisi comparata dei gas campionati sono sicuramente rappresentate dalla completa mancanza del solfuro d'idrogeno nel gas interstiziale prelevato nel sottosuolo all'esterno della discarica.

Sebbene alcuni composti quali gli idrossidi di ferro, i carbonati e condizioni ambientali con pH leggermente alcalino favoriscono reazioni in grado di fissare il Solfuro d'idrogeno e bloccare la diffusione nel sottosuolo, la breve distanza tra il limite della discarica e i punti di campionamento (circa 30 m) non sembra di poter giustificare la completa mancanza di tale composto nel gas interstiziale nel sottosuolo all'esterno dell'impianto tecnologico.

Tale particolarità ha, pertanto, suggerito di integrare l'indagine in descrizione con specifiche analisi isotopiche dei costituenti la molecola del metano prelevato sia in discarica che nel sottosuolo, come gas interstiziale all'esterno dell'impianto.

È risaputo, infatti, come i valori isotopici assunti dal Deuterio e dal Carbonio-13 della molecola CH₄ forniscano importanti informazioni circa l'origine del metano (Waldron et Al., 1995). Durante la formazione di questo gas, l'ambiente geochimico di formazione condiziona, infatti, palesemente il frazionamento isotopico sia del carbonio che dell'idrogeno.

Nel caso in esame i risultati ottenuti dalle indagini sul metano presente nel biogas estratto dalla discarica e su quello campionato da uno dei piezometri appositamente realizzati mostrano rapporti isotopici pressochè identici (tab. 2), tenuto conto anche dell'errore strumentale che di norma si registra per queste determinazioni ($\pm 2\%$ per il carbonio-13 e $\pm 5\%$ per il deuterio). Ciò porta a ritenere, in maniera inconfutabile, che il metano sottoposto ad analisi abbia avuto origine da una medesima matrice organica ed abbia subito gli stessi processi fisici, chimici e biologici che ne hanno condizionato il frazionamento isotopico.

L'evoluzione chimica ed isotopica del metano, infatti, dipende fortemente dall'am-

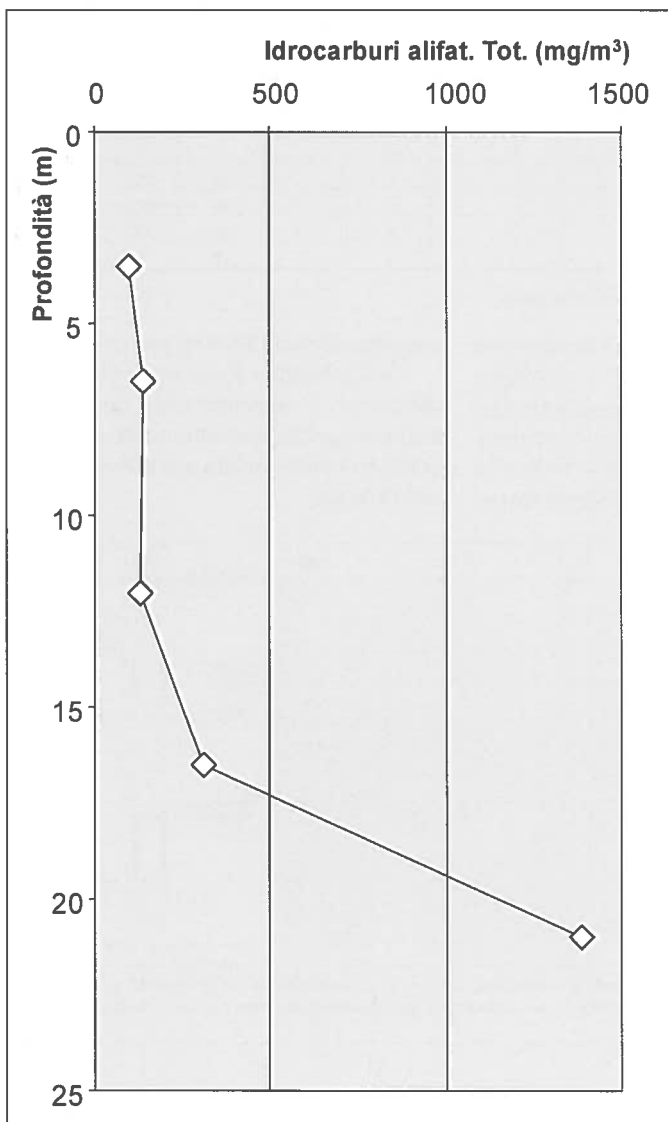


Fig. 6 - Variazione della concentrazione degli idrocarburi alifatici totali nel gas interstiziale con la profondità di campionamento.

sentato dal biogas campionato direttamente in discarica (fig. 5).

Dall'esame comparato dei risultati analitici non si osservano, inoltre, per i costituenti maggiori dei gas interstiziali campionati nei piezometri, particolari differenze di concentrazione nella prima e nella seconda campagna. Le modeste variazioni sono, pertanto, da mettere in relazione sia alle differenti condizioni meteorologiche (temperatura dell'aria, umidità dell'aria, pressione atmosferica, ecc) che allo stato di funzionamento dei dispositivi di estrazione del biogas al momento dei due prelievi (in proposito si ricorda che nella seconda campagna

oltre all'Etilbenzene, agli Xileni ed al Benzene, è presente anche il Toluene.

Gli idrocarburi alifatici, invece, sono stati rinvenuti in tutti e cinque i piezometri, ma al contrario del metano e dell'anidride carbonica la loro concentrazione tende, in questo caso, ad aumentare con la profondità di campionamento (fig. 6).

Si rileva inoltre che, fra gli idrocarburi alifatici ricercati, la frazione C10 e i suoi isomeri hanno raggiunto nel piezometro P5 il valore di 1167 mg/m³, perfino più elevato dei campioni prelevati in discarica.

Tale fenomeno potrebbe essere condizionato dalla relativamente minore mobilità

sconstrate nei due pozzi di aspirazione campionati (B4 e B5) sono da ricondurre verosimilmente sia alla tipologia dei rifiuti stoccati, che alla loro età e al loro stato di compattazione nell'area dove sono stati realizzati i due pozzi di aspirazione.

Come precedentemente indicato, gli stessi composti minori associati al biogas, riscontrati in discarica, sono stati ritrovati praticamente tutti, seppure in concentrazioni diverse, anche nel gas interstiziale campionato nei piezometri esterni la discarica.

Solamente alcuni idrocarburi aromatici (yoluene, xileni, etilbenzene) non sono stati individuati nei gas dei piezometri più superficiali (P1, P2 e P3).

Nel piezometro P4 è stata riscontrata la presenza di Etilbenzene e degli Xileni, pur in concentrazioni modeste, mentre nel piezometro P5, ol-

biente in cui hanno luogo le reazioni di biotrasformazione.

Come si può evincere dall'analisi del diagramma di fig. 7 l'origine del metano campionato è pertanto riconducibile a fenomeni di biodegradazione (di materia organica), in quanto i punti caratteristici dei gas campionati ed analizzati (P1 e B4) ricadono a cavallo tra campi nei quali predominano quei fenomeni che contraddistinguono la trasformazione di materia organica in ambiente di discarica.

CONCLUSIONI

L'insieme dei dati acquisiti ha permesso di stabilire che la miscela di metano ed anidride carbonica presente nel gas interstiziale nel sottosuolo all'esterno della discarica è stata prodotta dai normali fenomeni di degradazione della materia organica.

In particolare l'indagine isotopica ha permesso di stabilire inequivocabilmente che il metano del biogas e il metano del gas interstiziale avendo il medesimo segnale isotopico hanno avuto origine da una medesima matrice organica e che gli stessi hanno subito i medesimi processi chimici, fisici e biologici.

La diffusione del biogas verso l'esterno della discarica deve essere pertanto stata favorita dalla parziale rottura delle protezio-

Parametri	P1	B4
$\delta^2\text{H (CH}_4\text{) vs SMOW}$	-238	-231
$\delta^{13}\text{C (CH}_4\text{) vs PDB}$	-60.2	-60.5

Tab. 2 - Risultati delle analisi isotopiche dei composti del metano.

ni artificiali realizzate nella fase costruttiva dell'impianto di smaltimento. È probabile che la rottura dei teli impermeabilizzanti in Hdpe possa essere stata causata, o comunque favorita, dallo stato tensionale che si è creato nei teli a ridosso del limite occidentale della discarica a seguito del normale consolidamento che ha verosimilmen-

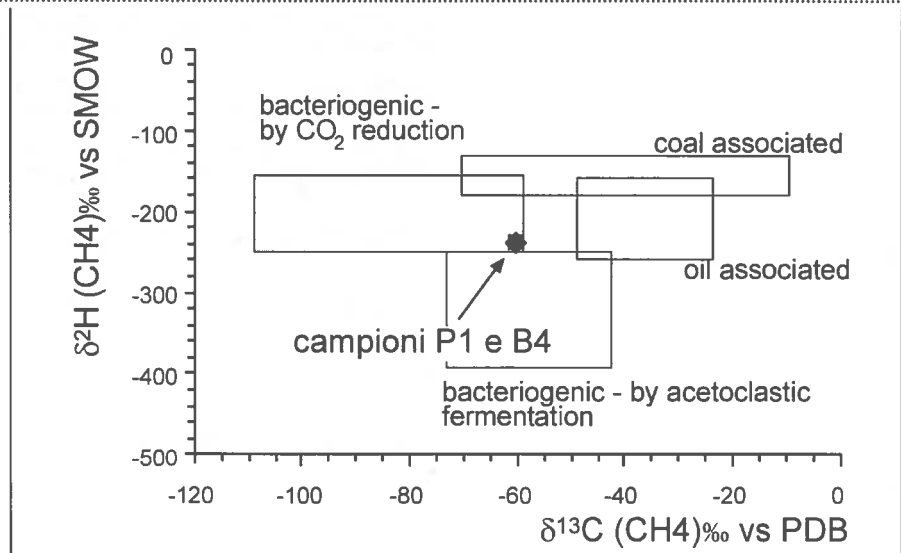


Fig. 7 - Composizione isotopica del metano di diversa origine (modificato da Waldrom et al., 1995).

te interessato il terreno di riporto utilizzato per posizionare il fondo della vasca di stoccaggio ad una adeguata distanza dalla sottostante falda freatica.

Sulla base delle indagini realizzate si può pertanto ipotizzare che il meccanismo di diffusione del biogas verso settori di sottosuolo esterni all'impianto di discarica possa essere quello schematizzato in figura 8.

L'assenza dell'idrogeno solforato nel gas interstiziale migrato all'esterno dell'impianto, che ha suggerito l'integrazione dell'indagine con tecniche isotopiche, può pertanto essere riferita sia alla naturale instabilità di tale composto sia alla mancata produzione dello stesso nelle porzioni più vecchie della discarica (parte basale) dove la degradazione dei rifiuti ha raggiunto il pieno sviluppo.

Va ricordato, infatti che la produzione di idrogeno solforato in discarica avviene solamente nelle porzioni di rifiuti dove la metanogenesi non ha ancora raggiunto la sua fase di piena maturità. La metanogenesi può, infatti, prendere avvio solo quando tutti i composti dello zolfo sono stati ridotti.

Le discariche di RSU, il cui esercizio si

protrae per diversi anni, possono pertanto presentare contemporaneamente le tre fasi evolutive del processo di degradazione dei rifiuti, e cioè: fase anaerobica, acetogenica e metanigena. Con il passare del tempo la messa a dimora dei rifiuti, causa dell'innalzamento della discarica stessa, fa sì che ad una determinata profondità della discarica corrisponda una certa anzianità dei rifiuti ed una relativa fase di degradazione.

BIBLIOGRAFIA

BRAGA G., MARCHETTI R., MELONI C. & PILLA G. (2001) - DIFFUSIONE DI BIOGAS NEL TERRENO CIRCOSTANTE UNA DISCARICA DI R.S.U.: METODOLOGIE DI VALUTAZIONE. IST. LOMB. REND. SC., 135/1.

BRAGA GP. & RAGNI U. (1969) - NOTE ILLUSTRATIVE DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA - SCALA 1:100.000, FOGLI 44-58, NOVARA-MORTARA. SERV. GEOL. D'IT., ROMA.

DAMIANI A. & GANDOLLA M. (1992) - GESTIONE DEL BIOGAS DA DISCARICHE CONTROLLATE. IN: ISTITUTO PER L'AMBIENTE, MILANO, MONOGRAFIE, 8, 207 P.

GANDOLLA M. & DUGNANI L. (1987) - IMPATTI DERIVANTI DALLA MIGRAZIONE DI BIOGAS E CRITERI DI CONTENIMENTO. IN: "XXXII CORSO DI AGGIORNAMENTO IN INGEGNERIA SANITARIA-AMBIENTALE". POLITECNICO DI MILANO.

GANDOLLA M., ACAIA C. & FISCHER C. (1997) - LANDFILL GAS MIGRATION IN THE SUBSOIL: EXPERIENCES OF CONTROL AND REMEDIATION. IN: INTERNATIONAL DIRECTORY OF SOLID WASTE MANAGEMENT 1997/8. THE ISWA YEARBOOK (L. UHRE, ED), JAMES & JAMES SCIENCE PUBLISHERS, LTD, LONDON, UK, 237-245.

GANDOLLA M., ACAIA C. & FISCHER C. (1999) - REMEDIATION AND CONTROL OF LANDFILL GAS MIGRATION. IN: PROCEEDINGS OF THE SEVENTH INTERNATIONAL LANDFILL SYMPOSIUM "SARDINIA 99", S. MARGHERITA DI PULA (CA) 4-8 OTTOBRE 1999, 5, 541-550, ED. CISA, CAGLIARI.

MORETTO M., FIORNI E., SOLDI G.L. & BUSSI C. (2002) - BIOGAS NEL SOTTOSUOLO: METODI DI CAMPIONAMENTO E INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI. ATTI DEL CONVEGNO: "BIOGAS DA DISCARICA - PROBLEMATICHE ED OPPORTUNITA'", TORINO 8 APRILE 2002, GEAM.

SOLDI G.L., ROSATI S. & FILIPPINI G. (2002) - PROBLEMI DI MIGRAZIONE DI BIOGAS NEL SOTTOSUOLO PRESSO LE DISCARICHE DELLA PROVINCIA DI TORINO. ATTI DEL CONVEGNO: "BIOGAS DA DISCARICA - PROBLEMATICHE ED OPPORTUNITA'", TORINO 8 APRILE 2002, GEAM.

WALDRON S., HALL A.J., FALICK A.E., GILMOUR R.A. & MACDONALD M. (1995) - STABLE ISOTOPES ANALYSIS AS A MEANS OF IDENTIFYING THE SOURCE OF METHANE. WASTE DISPOSAL BY LANDFILL - GREEN '93, SANSBY (ED.), 1995 A.A. BALKEMA, ROTTERDAM

WILLIAMS G.M. & AITKENHEAD N. (1991) - THE UNCONTROLLED MIGRATION OF LANDFILL GAS. QUARTERLY JOURNAL OF ENGINEERING GEOLOGY, 24, 191-207.

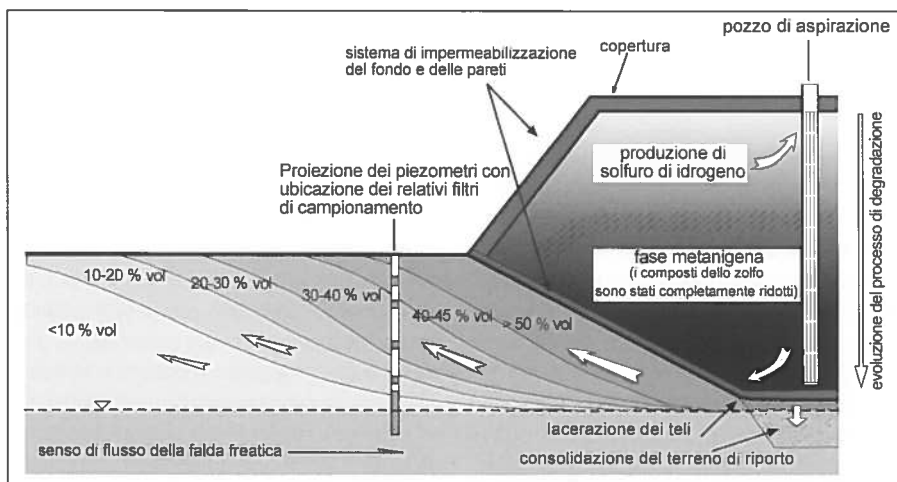


Fig. 8 - Sezione schematica evidenziante il probabile cinematiso di diffusione del biogas nel sottosuolo dell'area ad ovest della discarica (i numeri si riferiscono alle concentrazioni in metano).

**ALBERTO DONI
LUCA RANFAGNI
STEFANO ROSSI**

ARPAT (AGENZIA REGIONALE PER LA
PROTEZIONE AMBIENTALE DELLA TOSCANA)
SEZIONE REGIONALE GRANDI
INFRASTRUTTURE DI MOBILITÀ

SCHEMA PROCEDURALE PER LA PREVISIONE E IL MONITORAGGIO DEGLI IMPATTI SULLE RISORSE IDRICHE SOTTERRANEE NELLA COSTRUZIONE DI GALLERIE

Parole chiave: risorse idriche, VIA, galleria, modello previsionale, monitoraggio.

PREMESSA

Le gallerie, nella loro realizzazione, causano inevitabilmente impatti per lo più irreversibili sui sistemi idrogeologici presenti nelle aree attraversate. E', quindi, indispensabile inserire, in fase progettuale e di procedura di VIA, un approfondito percorso conoscitivo che porti ad una valutazione il più possibile attendibile degli impatti idrogeologici, ciò anche in ossequio ad una maggiore attenzione per l'ambiente e non solo ai riflessi indotti sul sistema socio-economico.

Si rileva, quindi, l'importanza della completezza ed attendibilità delle indagini geologiche ed idrogeologiche preliminari, di supporto alla redazione del SIA ed alla progettazione definitiva, per la previsione degli impatti sulla risorsa idrica, in generale, ed idropotabile in particolare, nella realizzazione di scavi in galleria e più in generale di grandi opere infrastrutturali. Una prima verifica è effettuata attraverso un'attenta ed estesa attività di monitoraggio su punti d'acqua preventivamente individuati come si-

gnificativi, con l'analisi delle eventuali difformità, indispensabile per una effettiva taratura e controllo dell'idoneità dei modelli predittivi utilizzati.

A tal fine vengono, perciò, di seguito proposte indicazioni operative da applicare nelle fasi progettuale, *ante operam*, in corso d'opera e post opera per la definizione delle previsioni dei possibili scenari di impatto sulla risorsa idrica e delle caratteristiche del monitoraggio.

Tale schema nasce dall'esperienza maturata nel corso della attività di istruttoria tecnica e di approfondimento riguardante i contenuti progettuali e le metodiche previsionali adottate nel SIA e nel Progetto esecutivo della tratta Bologna-Firenze del Treno ad alta velocità (Tav). Particolare riguardo è stato posto agli impatti sulla risorsa idrica ed ai contenuti progettuali minimi per una corretta redazione dei necessari studi geologico-strutturali ed idrogeologici preliminari e di successivo approfondimento e nell'attività di verifica svolta sul campo.

ASPETTI PREVISIONALI DEL SIA E DEL PROGETTO ESECUATIVO TAV

Nella previsione dei possibili impatti relativi alla matrice acque sotterranee è di basilare importanza disporre di un sufficiente numero di dati che possa consentire di ridurre al minimo le semplificazioni e le generalizzazioni da operare in fase di scelta dei modelli previsionali e di caratterizzazione geologico-strutturale ed idrogeologica dell'area d'interesse. Il corretto sviluppo di una procedura di raccolta ed analisi dei dati nell'ambito del SIA e del Progetto esecutivo è, contrariamente a quanto spesso avviene, fondamentale, nel caso di grandi opere infrastrutturali, per giungere, poi, ad un Progetto costruttivo che effettivamente tenga conto degli impatti potenziali e preveda, quando oggettivamente non evitabili, interventi di mitigazione. Come detto, il SIA ed il Progetto esecutivo possono contenere delle previsioni d'impatto non completamente attendibili, in particolare dal punto di vista idrogeologico. Ciò a causa delle ca-

renze che riguardano gli approfondimenti degli aspetti geologici ed idrogeologici. E' da evidenziare, in tal senso, la necessità di rilevamenti di dettaglio a carattere stratigrafico e strutturale che permettano una ricostruzione delle diverse sequenze litologiche e delle strutture interferite dallo scavo della galleria. Sono di conseguenza da evitare le consistenti generalizzazioni operate in fase di previsione per la scarsa qualità e il limitato numero dei dati geologici a scapito della chiarezza e del dettaglio del quadro geologico ed idrogeologico.

Da tali carenze possono derivare assunti progettuali e previsionali forzatamente non aderenti alla realtà dei fatti.

Quanto sopra illustrato può essere ulteriormente complicato da un contesto geologico quale quello del territorio appenninico costituito da ammassi rocciosi aventi la comune prerogativa di essere caratterizzati da sequenze multistrato con alternanza di strati litoidi fratturati a permeabilità secondaria e strati pelitici pressoché impermeabili. Tali ammassi mostrano, perciò, elevata anisotropia con conseguenti implicazioni sulla circolazione idrica sotterranea.

In sostanza, l'esperienza sul campo ha dimostrato come la carenza di dati di base e la conseguente scelta di modelli di simulazione degli impatti di tipo semplificato ha fatto sì che sia stata utilizzata, nel Progetto Esecutivo, una metodologia previsionale per la stima dell'impatto idrogeologico rilevata, alla prova dei fatti, inidonea a rappresentare un mezzo spiccatamente anisotropo, caratterizzato da permeabilità di tipo secondario legata allo sviluppo delle strutture disgiuntive presenti negli ammassi rocciosi attraversati, ad elevata variabilità idrogeologica. Ciò ha avuto come conseguenza diretta l'impossibilità di definire, in fase di Sia e di Progetto esecutivo, con sufficiente attendibilità, i tempi, i luoghi e l'entità degli impatti sulla risorsa idrica legati ai rapporti con l'andamento strutturale dell'area attraversata dalla galleria, vanificando in gran parte, nei fatti, la validità del giudizio di compatibilità ambientale espresso in sede di procedura di Via. Da qui la continua necessità di provvedere in corso d'opera ad integrazioni progettuali che permettessero di raggiungere uno standard qualita-

tivo e conoscitivo attraverso il quale costruire quel quadro di riferimento geologico, strutturale e idrogeologico che potesse consentire di formulare una serie di modelli idrogeologici interpretativi dotati del necessario grado di attendibilità sui quali basare le previsioni dei possibili impatti sulla risorsa idrica.

Nel progetto Tav attinente alla tratta appenninica sono, infatti, contenuti assunti di base, che alla prova dei fatti hanno dimostrato tutti i loro limiti:

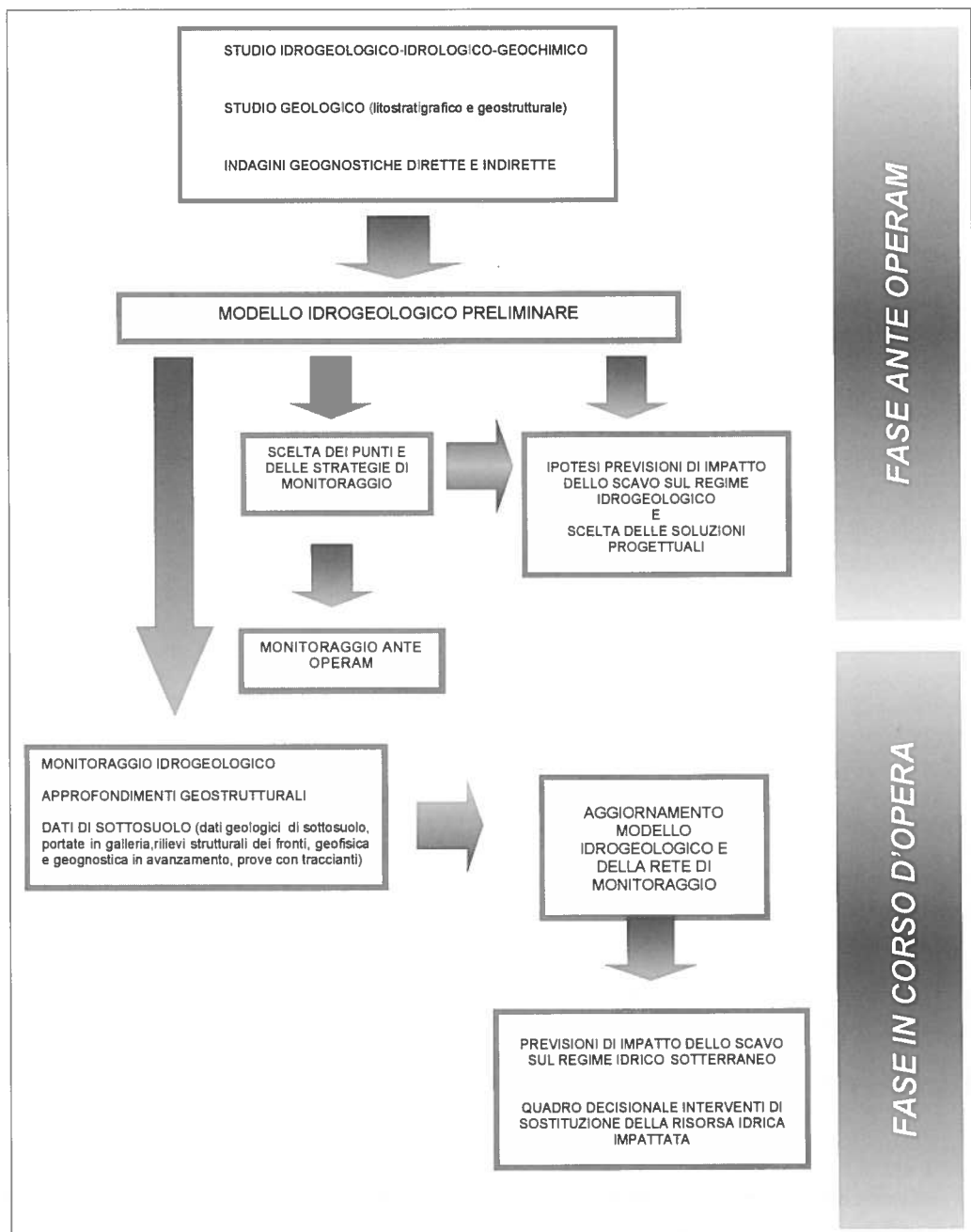
- il considerare l'ammasso roccioso come un mezzo omogeneo ed isotropo, caratterizzato da permeabilità primaria;
- l'assunzione di un valore medio di permeabilità costante per tutto l'ammasso; l'utilizzo di un modello idrogeologico previsionale deterministico, quindi bisognoso di ampie generalizzazioni in fase di input;
- il monitoraggio di una serie di punti

d'acqua considerati significativi per una previsione degli impatti sulla risorsa idrica, anziché utili alla sola registrazione degli effetti indotti;

- la messa in opera di un rivestimento definitivo a sezione drenante di spessore 90 cm, non armato, idoneo a sopportare un carico idrostatico massimo di 5 bar con la conseguente necessità di abbattere fortemente la piezometrica per garantire le condizioni di sicurezza statica della galleria.

PROPOSTA DI CONTENUTI TECNICO-PROGETTUALI PER LA CARATTERIZZAZIONE DI UN TERRITORIO INTERESSATO DALLA REALIZZAZIONE DI OPERE IN SOTTERRANEO

Per quanto sopra esposto ed in base all'esperienza maturata, riteniamo utile pro-



porre l'introduzione, nella pianificazione delle indagini e degli studi di progetto per la realizzazione di opere in sotterraneo, di un approccio che consideri irrinunciabile, oltre al rapporto "grado di incertezza residuo - costi realizzativi", anche il rapporto "grado di incertezza residuo - costi ambientali". Per raggiungere tale obiettivo, stante la complessità della materia, si illustra, di seguito, uno schema che riporta i contenuti minimi necessari per uno studio geologico-idrogeologico di supporto alla corretta progettazione delle opere infrastrutturali in sotterraneo in ammassi rocciosi. Lo schema proposto, a nostro avviso, può consentire di acquisire una base di dati minima sufficiente per individuare criticità; formulare previsioni d'impatto sulla risorsa idrica sotterranea e superficiale; progettare e predisporre opere di mitigazione e di sostituzione della risorsa impattata, supportando l'eventuale utilizzo di modelli matematico-deterministici e/o statistici di previsione. Lo schema procedurale proposto si articola in tre sezioni principali rispettivamente riguardanti lo studio geologico-strutturale, lo studio idrogeologico e il monitoraggio delle risorse idriche superficiali e sotterranee.

STUDIO GEOLOGICO-STRUTTURALE

Per definire in dettaglio le caratteristiche del flusso idrico nel caso di ammassi rocciosi e per la definizione di uno stato conoscitivo affidabile si deve necessariamente partire da uno studio geologico-strutturale e geologico-tecnico di dettaglio. Di seguito se ne descrivono i contenuti:

Progetto Preliminare

L'acquisizione ed l'analisi critica di tutto il materiale bibliografico pubblicato sulla zona di interesse, nonché analisi alla megascala di foto aeree e immagini da satellite, unita a sopralluoghi mirati, finalizzata alla definizione di un quadro geologico-strutturale a livello regionale (area indagata con estensione di circa 20 Km a cavallo dell'asse della galleria), che permetterà di inquadrare i successivi rilevamenti di dettaglio nella dinamica tettonica regionale. In questa fase si dovranno, inoltre, elaborare carte e sezioni più dettagliate (in scala 1:25.000 e 1:10.000) con le prime interpretazioni idrogeologiche dell'area.

Nelle successive fasi di progettazione definitiva ed esecutiva lo studio geologico dovrà raggiungere un maggior dettaglio e quindi, comprendere:

Progetto Definitivo e/o Esecutivo

- un "remote sensing" dettagliato, con confronto tra immagini da satellite e foto aeree, anche a grande scala, se disponibili, atto ad individuare i lineamenti geologici che verranno interpretati al-

la luce del quadro geostrutturale regionale ricostruito;

- rilevamento geostrutturale alla mesoscala di dettaglio, in scala 1:5.000, per una fascia di ampiezza funzione del rapporto profondità della galleria da realizzare/complessità geologica, nonché dalla formulazione del quadro geostrutturale già individuato nella prima fase e in considerazione delle situazioni di possibile interesse che possono venire via via alla luce durante i rilevamenti (a titolo di esempio, nel caso esaminato, con gallerie profonde intorno ai 300-600 m, è stato ritenuto congruo, in prima approssimazione, il rilievo di dettaglio di una fascia di almeno 2+2 Km a cavallo del tracciato). Il rilievo avrà come oggetto:

- le litologie presenti;
- le giaciture delle stratificazioni, le pieghe (assi e fianchi), le faglie (piani strati e indicatori cinematici), le fratture e loro interpretazione genetica (joints, di tensione, stilolitiche etc.) e loro parametri morfometrici (orientazione, spaziatura, persistenza, apertura, riempimento, terminazione, presenza di fluidi), le fasce fratturate o cataclastiche, i clivaggi, ecc.;

- correlazione e integrazione del rilevamento con i dati dei sondaggi geognostici, anche con riferimento a indici geomeccanici (quali l'RQD) che possono dare delle indicazioni sul grado di fratturazione e, quindi, sulla conducibilità idraulica dell'ammasso;

- correlazione con i dati geosturali di sottosuolo (rilievi geomeccanici in cunicolo pilota di prospezione);

- interpretazione indagini geofisiche alla luce del quadro geologico e geostrutturale.

I dati rilevati devono essere rappresentati tramite:

- *carte geologiche* scala 1:5.000 in cui siano chiaramente individuabili le aree effettivamente rilevate da quelle interpretate;

- *sezioni geologiche*, in asse alla galleria per tutto lo sviluppo del tracciato e trasversali e/o su direzioni strutturalmente significative, con spaziatura non superiore ai 500 m e, comunque, sufficiente alla caratterizzazione puntuale della situazione geo-strutturale ed idrogeologica;

- *trattazione statistica dei dati strutturali* con elaborazioni stereografiche delle discontinuità (stereogrammi; diagrammi a rosa, stargraph, istogrammi dei parametri indice etc.), determinazione degli indici di qualità dell'ammasso (RMR, Q, etc.) e delle permeabilità teorica.

- *elaborazioni 2D e 3D*, per facilitare la comprensione delle strutture in profon-

dità, profilo longitudinale e sezioni trasversali in numero sufficiente a chiarire le strutture e la circolazione di sottosuolo;

- *relazione geologica*, che illustri i dati e gli assunti di partenza, i rilievi e le elaborazioni effettuati, i risultati ottenuti, nonché giustifichi, in funzione di questi ultimi, le scelte progettuali individuate. In particolare dovranno essere descritte nel dettaglio le strutture fragili potenzialmente conduttive ed il loro quadro deformativo nonché le singole zone strutturalmente omogenee per ciascuna delle quali dovranno essere descritte nel dettaglio le associazioni strutturali presenti in ciascuna zona strutturalmente omogenea ed i modelli distributivi della fratturazione applicabili alla formulazione del modello idrogeologico interpretativo.

STUDIO IDROGEOLOGICO

Lo studio idrogeologico dovrà permettere di determinare i parametri idrogeologici da associare ai singoli acquiferi e prevedere anche:

un censimento di pozzi e sorgenti, nonché delle derivazioni e degli scarichi in alveo;

l'acquisizione dei dati idrologici: portate di sorgenti e corsi d'acqua, livelli statici di pozzi e piezometri scelti sulle basi dello studio idrogeologico ;

l'effettuazione di prove di permeabilità, prove di portata in pozzo al fine di ricavare i parametri idrogeologici degli acquiferi individuati nel modello idrogeologico;

la raccolta di dati meteorologici, che, in caso di mancanza di serie storiche, deve, comunque, precedere di almeno un anno idrologico l'inizio dei lavori, con eventuale applicazione di modelli di simulazione del regime idrologico dei corsi d'acqua ;

caratterizzazione geochimica isotopica delle acque sotterranee e sorgive.

Dagli studi è necessario ricavare almeno:

una *Carta Idrogeologica* di tutta l'area d'interesse in scala 1:10.000. Essa dovrà contenere:

le formazioni geologiche presenti, caratterizzate secondo il tipo (primaria o secondaria) ed il grado di permeabilità media (alta, media, ecc.) con eventuali distinzioni all'interno di una stessa formazione, nel caso di variazioni significative di permeabilità per differenze litologiche e/o dello stato di fratturazione;

la indicazione delle direttrici del deflusso sotterraneo ipotizzate in base allo studio geostrutturale e/o con traccianti geochimici; limiti dei bacini idrogeologici principali interessati dallo sviluppo della galleria;

una ipotesi di delimitazione della fascia di influenza del drenaggio della galleria in

funzione dei rapporti cavo galleria/bacini idrogeologici interferiti e, quindi, non più su base meramente geometrica e/o geologico-strutturale;

le sorgenti ed i pozzi censiti e ricadenti all'interno della fascia di influenza;

una delimitazione delle aree di alimentazione delle sorgenti e dei pozzi principali;

Sezioni idrogeologiche sia longitudinali che trasversali, con indicazione del profilo della superficie piezometrica ante operam, la indicazione delle direttrici del deflusso sotterraneo ed una rappresentazione delle modificazioni che il drenaggio del cavo potrà causare su tale profilo.

una *relazione riassuntiva* che illustri i dati e gli assunti di partenza, le elaborazioni ed i rilievi effettuati, descriva in dettaglio i singoli acquiferi interessati dallo scavo e le loro caratteristiche idrodinamiche qualitative e quantitative, individui le potenziali aree di criticità, definisca l'entità e la tempistica presunta degli impatti previsti e le opere di mitigazione e/o di sostituzione della risorsa idrica impattata, nel caso in cui questa rivesta un valore ambientale e/o socio-economico non trascurabile.

I dati raccolti e le conseguenti valutazioni effettuate potranno andare a far parte di un modello previsionale di tipo deterministico-statistico da tarare in continuo, in corso d'opera, attraverso le osservazioni geologiche in galleria, ed in particolare con quelle relative all'assetto strutturale, alla tipologia ed orientazione delle discontinuità, ed alla entità e tipologia delle venute d'acqua, nonché con gli effetti indotti e verificati sul sistema idrogeologico, attraverso l'esecuzione puntuale del monitoraggio idrogeologico sui punti significativi individuati.

IL MONITORAGGIO IDROGEOLOGICO

Il monitoraggio permette, da una parte, l'ottenimento di un ampio quadro conosciuto *ante-operam*, da confrontare con quello in *post-operam* in modo da definire le ipotesi di impatto e, di conseguenza, l'entità del danno ambientale. Dall'altra, in fase costruttiva, costituisce uno strumento in grado di seguire l'evolversi dello stato della risorsa idrica sotterranea e superficiale, di verificare l'attendibilità dei modelli utilizzati ed in grado di contribuire alla predisposizione delle misure sostitutive o mitigative. Il monitoraggio non può comunque essere sostituito dagli studi previsionali sopra descritti.

Si possono distinguere quattro fasi:

1ª FASE: Scelta dei punti, che sarà effettuata sulla base dei risultati del censimento effettuato nello studio idrogeologico e in relazione all'ampiezza della fascia d'influenza del cavo della galleria come ipotizzata all'interno dello stesso "Studio idrogeologico", individuando anche stazioni di misura significative (coefficienti di deflusso e le portate di magra) lungo le aste dei cor-

si d'acqua comprese nella fascia d'influenza.

2ª FASE: *Ante-operam*, in cui le frequenze di misura per pozzi, sorgenti, piezometri dovranno essere almeno mensili. Per alcune sorgenti principali si dovranno ricostruire anche alcune "curve di esaurimento" significative mediante misure giornaliere. Per i pozzi dovranno essere ricavati i principali parametri caratteristici. Per i corsi d'acqua le misure dovranno avere una frequenza tale da permettere la valutazione del coefficiente di deflusso.

3ª FASE: In corso d'opera dove la frequenza di misura sarà simile all'ante operam. La frequenza di misura sarà intensificata su quei punti d'acqua ritenuti significativi per il monitoraggio del manifestarsi di eventuali impatti all'avvicinarsi del fronte di scavo. Si dovrà aggiungere una misura in continuo delle portate d'acqua drenate dalle gallerie, anche con una caratterizzazione geochimica delle principali venute, in modo da permettere correlazioni con i risultati del monitoraggio. Rilievi del fronte e correlazione con dati di superficie

4ª FASE: *Post-operam*, nella quale il monitoraggio dovrà essere mantenuto per un congruo lasso di tempo (indicativamente 5 anni) per verificare eventuali impatti a lungo termine e/o l'efficacia delle opere di mitigazione.

In tutte le fasi i dati rilevati dovranno essere correlati con i dati meteo.

CONCLUSIONI

L'esperienza ha dimostrato, a nostro giudizio, come l'approccio iniziale adottato per la realizzazione di Sia e Progetti esecutivi per opere in sottterraneo che, in particolare, si sviluppino in un mezzo roccioso fratturato, debbano presentare i necessari approfondimenti a tutela dell'ambiente idrico superficiale e sotterraneo. Se è vero, infatti, che un approccio di minor dettaglio può fornire, comunque, una fotografia di massima delle possibili interferenze idrogeologiche a scala complessiva, è anche vero che tale approccio ha mostrato la propria inadeguatezza al momento di individuare entità, estensione e tempi degli impatti causati dall'interagire dello scavo con la variabilità locale delle caratteristiche geologiche, strutturali e idrogeologiche dell'ammasso roccioso, causa di effetti acuti localizzati, di notevole riflesso ambientale e socio-economico. Assume quindi assoluta rilevanza il grado di dettaglio che tali studi devono raggiungere, funzione della complessità della situazione geologica ed idrogeologica in cui si va ad operare. Non esistono, infatti, metodi e/o modelli standard di riferimento. Lo schema proposto è un tentativo, basato sull'esperienza ormai pluriennale, sulla verifica degli impatti indotti dallo scavo di gallerie e della rispondenza ed adeguatezza dei

contenuti degli studi a supporto dei Sia che della progettazione esecutiva, soprattutto dove l'entità e la localizzazione degli impatti è legata strettamente alla natura geologica e strutturale dei luoghi. In corso d'opera, dovrà inoltre essere via via aggiornato il quadro idrogeologico previsionale in base alla sistematica correlazione fra i dati di superficie e dati rilevati durante gli scavi in galleria. Gli elaborati progettuali suddetti dovranno essere redatti in modo omogeneo secondo una comune procedura metodologica, tale da rendere possibile un giudizio di merito da parte degli Enti di controllo.

L'esperienza ha portato ad affinare la procedura presentata nel presente articolo che col procedere delle opere verrà ulteriormente messa a punto e, in parte, è già stata applicata come modello per le verifiche istruttorie di altre grandi opere con scavi in sottterraneo che interessano il territorio toscano.

BIBLIOGRAFIA

- AGI, ANIM, GEAM, IAEG, ITCOLD, SIG, SIGI, 1997- LINEE GUIDA PER OPERE IN SOTTERRANEO - GALLERIE E GRANDI OPERE SOTTERRANEE, 51.
- AGI, 1995, PROGETTO NAZIONALE NORMATIVA OPERE IN SOTTERRANEO, RIVISTA DI GEOTECNICA ITALIANA, ANNO XXIX, N.4.
- AGNELLI A., CANUTI P., GARAVOGLIA S., GARGINI A., INNOCENTI P., 1999 - MONITORAGGIO E VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA DELLE RISORSE IDRICHE LUNGO IL TUNNEL FERROVIARIO APPENNINICO ALTA VELOCITÀ BOLOGNA-FIRENZE - ATTI 3° CONVEGNO NAZIONALE SULLA PROTEZIONE E GESTIONE DELLE ACQUE SOTTERRANEE PER IL III MILLENNIO, PARMA 13-15 OTTOBRE 1999.
- BARLA G., CIVITA M., SCHIAVINATO L., 1998, APPROCCIO INTERDISCIPLINARE PER LO STUDIO E LA SALVAGUARDIA DI UN ACQUIFERO FRATTURATO IN PRESENZA DI UNO SCAVO IN SOTTERRANEO, MIR 98, TORINO NOVEMBRE.
- CRAVERO M., FIDELIBUS C., 1998, MODELLI PREVISIONALI DEL FLUSSO NEGLI AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI, MIR 98, TORINO NOVEMBRE.
- CRAVERO M., IABICHINO G., CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOMETRICA DEI CAMPI DI FRATTURE NATURALI, QUARTO CICLO DI CONFERENZE DI MECCANICA ED INGEGNERIA DELLE ROCCE, MIR 92, TORINO.
- FEDERICO F., 1984 - IL PROCESSO DI DRENAGGIO DA UNA GALLERIA IN AVANZAMENTO - RIVISTA ITALIANA DI GEOTECNICA, 4, 191-208.
- GISOTTI G., PAZZAGLI G., 2001, L'INTERAZIONE TRA LE OPERE IN SOTTERRANEO E LE FALDE IDRICHE, UN CASO RECENTE DI STUDIO. "PROCEEDINGS OF THE AITES-ITA 2001 WORLD TUNNEL CONGRESS "PROGRESS IN TUNNELLING AFTER 2000", MILAN-ITALY 10-13 TH JUNE, 2001, VOL.I, PATRON BOLOGNA.
- MASSOLI NOVELLI R., PETITTA M., 2001, IMPATTO IDROGEOLOGICO DELLE GALLERIE AUTOSTRADALI DEL GRAN SASSO, GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, ANNO IX, N.3.
- PAZZAGLI G., 2001, L'INTERAZIONE TRA OPERE IN SOTTERRANEO E FALDE IDRICHE. INTRODUZIONE AL TEMA, GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, ANNO IX, N.3.
- PELIZZA S., PEILA D., 2000, L'UTILIZZO DI OPERE IN SOTTERRANEO PER INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDROGEOLOGICA, GEAM.
- ROSSI S., RANFAGNI L., BIANCALANI P., CALZOLARI L., 2001, GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL ANALYSIS IN LARGE SCALE TUNNELING AND IMPACT FORECASTING ON GROUNDWATER RESOURCES: BOLOGNA-FLORENCE HIGH SPEED RAILWAY (ITALY), "PROCEEDINGS OF THE AITES-ITA 2001 WORLD TUNNEL CONGRESS "PROGRESS IN TUNNELLING AFTER 2000", MILAN-ITALY 10-13 TH JUNE, 2001, VOL.I, PATRON BOLOGNA.
- DOCUMENTI PROGETTUALI DELL'OPERA, DOCUMENTI ARPAT E DOCUMENTI DELL'OSSERVATORIO AMBIENTALE DEL MINISTERO DELL'AMBIENTE (IN PARTICOLARE "INTERFERENZE IDROGEOLOGICHE CAUSATE DALLO SCAVO DELLE GALLERIE: VALUTAZIONI E PRESCRIZIONI DELL'OSSERVATORIO AMBIENTALE" DEL 2/8/2000)

**PIERO DE BONIS
FILIPPO ONORI**

PROGETTO MODELLISTICA COSTIERA
ENEA C.R. PORTICI
WWW.COSTE.PORTICI.ENEA.IT

USO DEL SUOLO DEL BACINO DEL RIO GRAGNANO (GOLFO DI NAPOLI)

Parole chiave: dinamica costiera, bacino, analisi quantitativa, GIS, DEM.

Il "Progetto Modellistica Costiera" prende vita da una Intesa di programma Enea/Murst, con la collaborazione dell'Università degli Studi "Federico II" di Napoli ed ha per fine la realizzazione di un "Centro permanente di studi sulla dinamica costiera" nella sede Enea di Portici.

La struttura e l'organizzazione del gruppo di lavoro prevedono uno studio multidisciplinare dei numerosi aspetti correlati con la dinamica costiera. Il fine ultimo è la previsione di scenari di evoluzione futura.

In questa ottica assume grande rilevanza lo studio dei bacini imbriferi afferenti alle zone litoranee oggetto di studio. L'interesse principale è focalizzato nella quantificazione del trasporto solido.

In mancanza di serie storiche di misura del trasporto solido, si è ritenuto opportuno, accanto a metodologie di tipo idraulico, uti-

lizzare il concetto di analisi geomorfica quantitativa, già sviluppato negli anni Ottanta da un gruppo di ricercatori dell'Università di Roma (Ciccacci et al., 1980,1987).

Le carte dell'uso del suolo del bacino del Rio Gragnano, che presentiamo in questa occasione, sono state compilate sia allo scopo di fornire ulteriori parametri a questa tipologia di analisi, sia come evidenza della forte pressione antropica che agisce sul territorio in esame (Keller, 1996).

Nel presente lavoro intendiamo soffermarci più sulle metodologie utilizzate per ottenere il dato che sull'analisi del dato stesso.

STUDIO DELLE IMMAGINI TELERILEVATE DEL TERRITORIO IN ESAME

Per lo studio del territorio in esame, che

è situato nella regione Campania tra il corso del Fiume Samo e i Monti Lattari e la cui estensione è di circa 42,5 Km², sono state impiegate fotografie aeree Igm riprese durante i voli del 1956 e del 1990 e immagini del satellite Spot riprese nel 1996.

FOTOGRAFIE AEREE

Per quanto riguarda le fotografie aeree occorre ricordare che si tratta di voli piuttosto alti (circa 5.200 metri) che implicano una scala indicativa piuttosto piccola (circa 1:33.000).

L'interpretazione dell'uso del suolo è stata derivata da valutazioni visive, per cui la risoluzione di scansione doveva necessariamente essere ad alta definizione.

SCANSIONE DELLE FOTOGRAFIE AEREE E DELLA CARTOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Ogni singolo fotogramma, in ragione di quanto detto precedentemente, è stato scansionato ad una risoluzione pari a 1.200 dpi, che permette di lavorare anche a questa scala senza perdere particolari importanti. L'inconveniente, ovviamente, poteva scaturire dall'elaborazione dei fotogrammi, a causa della pesantezza in termini di byte. L'utilizzo di due workstation biprocessore a 1 Ghz dotati di 4 Gb di memoria Ram, ha permesso una gestione piuttosto agevole delle immagini.

ID	TIPOLOGIA	COUNT	AREA (Mq)	AREA (%)
1	Terreno urbanizzato	11	1575217.1470	3.7150
2	Seminativo	19	12927433.8080	30.4930
3	Colture arboree	2	1115628.0380	2.6310
4	Bosco rado	8	3343482.4160	7.8850
5	Bosco fitto	8	20003224.0900	47.1780
6	Prato o pascolo	4	3419883.8410	8.0660
7	Roccia affiorante	5	13844.2970	0.0330

Tab. 1 - Uso del suolo del bacino del rio Gragnano (1956).

ID	TIPOLOGIA	COUNT	AREA (Mq)	AREA (%)
1	Terreno urbanizzato	41	6918832.9290	16.3310
2	Seminativo	23	2895440.0180	6.8360
3	Colture arboree	4	81701.9810	0.1930
4	Bosco rado	18	10858002.8150	25.6350
5	Bosco fitto	9	18667383.4810	44.0700
6	Prato o pascolo	10	996958.9490	2.3550
7	Roccia affiorante	26	1941632.6220	4.5840

Tab. 2 - Uso del suolo del bacino del Rio Gragnano (1990).

La cartografia utilizzata come base di riferimento per il riconoscimento dei punti di controllo (*Ground Control Point - GCP*) e per la verifica dei punti omologhi (*Tie Point*) riconosciuti in automatico dal programma *Erdas - Orthobase Pro* (Erdas, 2001) è costituita dalle tavolette in scala 1:25.000 I.G.M.

La risoluzione di scansione scelta in funzione di queste necessità è stata di 300 dpi. In questo modo si è ottenuto il risultato voluto senza creare un file eccessivamente pesante.

GEOREFERENZIAZIONE DELLA CARTOGRAFIA

Ogni tavoletta è stata georeferenziata nel sistema di coordinate Utm 33, datum Ed50.

Il sistema di coordinate è fondamentale per la qualità del dato. Ricordiamo a questo proposito la necessità di riconoscere ed utilizzare uno dei sistemi di riferimento propri della carta. Per la georeferenziazione e la mosaicatura delle tavolette si è utilizzato il software *Erdas - Imagine 8.5* (Erdas, 1999).

Lo sforzo maggiore consiste nel garantire la qualità nella georeferenziazione delle carte. A questo scopo sono stati effettuati controlli in sito tramite *Global positioning system*. Particolare attenzione è stata rivolta ancora una volta al sistema di coordinate: il Gps utilizza il Wgs 84, datum WGS 84. Il passaggio tra sistemi che utilizzano un datum differente non sempre è agevole ed esente da errori, motivo per il quale è stato necessario procedere a verifiche incrociate tra dato proveniente dal Gps, dato proveniente dalla cartografia scansita e georeferenziata e dato proveniente dalla cartografia cartacea.

POSIZIONAMENTO DEI GCP E RICONOSCIMENTO DEI TIE POINT SULLE FOTOGRAFIE AEREE

Il posizionamento dei GCP e il riconoscimento dei *Tie Point* sono stati ottenuti tramite il software *Erdas - Orthobase Pro* (Erdas, 2001). Una volta ottenuto il dato raster nel formato ed alla risoluzione desiderata, *Erdas - Orthobase Pro* (cfr [5]) richiede la conoscenza di alcune caratteristiche tecniche del dispositivo di acquisizione del-

le immagini (i.e. distanza focale, coordinate dei punti fiduciali, ecc.), che si ricavano dai certificati di calibrazione delle macchine fotografiche utilizzate.

Dal confronto della cartografia con i fotogrammi, si riconoscono punti omologhi posizionati opportunamente nelle zone di sovrapposizione tra immagini appartenenti ad una stessa strisciata o a strisciate differenti. Questi punti (*Ground control point*) costituiscono il riferimento per la generazione in automatico dei *Tie Point*.

I *Tie Point* sono punti omologhi, cioè punti che, pur appartenendo a fotogrammi diversi, individuano un medesimo punto sul terreno. *Orthobase Pro* riconosce punti omologhi in fotogrammi diversi attraverso l'analisi statistica dell'andamento degli istogrammi cromatici propri dei fotogrammi. La successiva triangolazione permette di riconoscere la loro posizione nel sistema di coordinate utilizzato.

COSTRUZIONE IN AUTOMATICO DEL DEM

Orthobase Pro permette la costruzione di un modello di elevazione digitale del terreno. La quota è ottenuta a partire dalla distanza dei Gcp e dei *Tie Point* omologhi. Questa distanza, infatti, è la distanza della proiezione sul terreno dovuta all'angolo di ripresa del fotogramma durante il volo. Tanto maggiore è la quota, tanto più i punti omologhi sono distanti tra loro.

La verifica della bontà del dato ottenuto (valore z) è stata effettuata sia dal confronto con le isoipse della cartografia di riferimento, sia attraverso l'analisi statistica dei valori presenti in un'area delimitata da un raggio di 500 metri a partire da ognuno dei punti.

La derivazione di un modello digitale del terreno è necessaria per la successiva corretta georeferenziazione delle immagini. Per questo scopo è stata sufficiente una risoluzione del Dem a 100 metri.

GEOREFERENZIAZIONE E MOSAICATURA DEI SINGOLI FOTOGRAMMI

Il modello di elevazione digitale del terreno costituisce la base della ortorettificazione e quindi della georeferenziazione dei

fotogrammi. *Erdas - Orthobase Pro* fornisce sia i singoli fotogrammi georeferenziati, utili per lo studio stereoscopico effettuato tramite *Erdas Stereo Analyst* (Erdas, 2000), sia il mosaico degli stessi utile per la visione di insieme. Sono stati ottenuti due mosaici di fotografie aeree relativi al primo al volo del 1956 e il secondo al volo del 1990 relativi all'intero bacino del Rio Gragnano.

IMMAGINI DA SATELLITE SPOT

Per quanto riguarda il lavoro effettuato sulle immagini satellitari, questo è stato molto semplificato dal fatto che si trattava di una immagine già georeferenziata nello stesso sistema di coordinate di quello utilizzato per le fotografie aeree. In questo modo è stato sufficiente riconoscere le diverse tipologie di terreno, sempre tramite l'esame visivo e le verifiche in sito.

RICONOSCIMENTO DELLE DIVERSE TIPOLOGIE DI USO DEL SUOLO

In funzione di quanto osservato sono state riconosciute sette tipologie di uso del suolo, definite come segue:

Terreno urbanizzato: Territorio coperto per più del 70% da edifici o da asfalto

Seminativo: Territorio coperto per più del 70% da colture seminative

Colture arboree: Territorio coperto per più del 70% da colture ad alto fusto

Bosco rado: Territorio coperto per una porzione compresa tra il 30 e il 70% da boschi

Bosco fitto: Territorio coperto per più del 70% da boschi

Prato o pascolo: Territorio coperto per più del 70% da prati o pascoli

Roccia affiorante: Territorio coperto da roccia affiorante a giorno

CREAZIONE DEL TEMATISMO USO DEL SUOLO IN AMBIENTE ESRI - ARCGIS 8.1.

La necessità di visualizzare i dati e di analizzare le modifiche avvenute sul territorio e quindi il trend evolutivo è stata risolta con la creazione di un tematismo uso del suolo in ambiente Esri - ArcGIS 8.1.

Sono stati creati tre differenti shapefile, due di essi ricavati dalle foto aeree riprese nel 1956 e nel 1990 e il terzo ricavato dalle immagini del satellite Spot riprese nel 1996. Il risultato così ottenuto permette una facile visualizzazione del dato ed una notevole capacità di interrogazione dello stesso.

ESAME DEI RISULTATI

L'elaborazione delle tre carte dell'uso del suolo relative alla stessa area ripresa in anni diversi ha permesso di verificare l'entità delle modifiche subite dal territorio.

A questo proposito si deve premettere che l'area oggetto dello studio è, da questo punto di vista, estremamente interessante, poiché nel corso dei 40 anni considerati vi è stata una notevole variazione nell'economia dell'intera fascia costiera napoletana, con il passaggio da una economia prettamente agricola allo sviluppo di industrie e del terziario (cfr [1]).

I risultati che presentiamo (tabella 1) evidenziano un uso del territorio profondamente modificato nel corso degli anni e, forse, una ferita difficilmente sanabile.

L'esame delle fotografie aeree del 1956 ha permesso di verificare quanto segue:

- Il territorio urbanizzato occupa il 3,71% del totale. Le aree urbanizzate sono concentrate soprattutto lungo il litorale (Castellammare di Stabia) e nella zona di Gragnano. Il comune di Lettere, nella porzione nord-orientale dell'area e il comune di Casola di Napoli, al centro dell'area, risultano di dimensioni estremamente ridotte.
- Il terreno seminativo occupa il 30,49% del totale. La maggior parte del territorio pianeggiante è dedicato a coltivazioni di tipo seminativo.
- Le colture arboree occupano il 2,63% del totale. Le aree a coltura arborea sono ubicate nei comuni di Castellammare di Stabia e Sant'Antonio Abate, nella porzione occidentale della carta.
- Il bosco rado occupa il 7,89% del totale. Questa tipologia di uso del suolo si estende nelle zone collinari, soprattutto al centro della carta.
- Il bosco fitto occupa il 47,18% del totale. Il bosco fitto è largamente diffuso in tutte le zone montane e nelle colline dei comuni di Lettere e di Gragnano.
- La tipologia definita come prato o pascolo occupa l'8,07% del totale. Le zone adibite a prato o pascolo si trovano a quote intermedie nei comuni di Lettere e di Gragnano.
- La roccia affiorante occupa lo 0,03% del totale.

A 34 anni di distanza la situazione cambia radicalmente:

- Il terreno urbanizzato occupa il 16,33% del totale. In ogni comune si ha l'espansione delle aree urbanizzate. Interessante è lo sviluppo dell'area urbana

del comune di Pimonte, nella porzione sud-occidentale della carta.

- Le colture seminative occupano il 6,84% del totale. Gran parte del territorio urbanizzato si è sviluppato a scapito di questa tipologia di uso del suolo.
- Le colture arboree occupano lo 0,19% del totale.
- Il bosco rado occupa il 25,63% del totale. L'aumento del territorio a bosco rado è dovuto in parte al diboscamento e in parte all'abbandono delle campagne.
- Il bosco fitto occupa il 44,07% del totale. Si è perso poco più del 3% del territorio occupato da questa tipologia di uso del suolo.
- Il territorio occupato da prato o pascolo occupa il 2,36% del totale. Si ha una netta diminuzione rispetto al 1956, probabilmente a causa del sostanziale abbandono della pratica dell'allevamento.
- Il territorio occupato da roccia affiorante occupa il 4,58% del totale. L'abbandono delle zone montane ha inciso sul degrado della vegetazione.

Per quanto riguarda la carta dell'uso del suolo ricavata dalle immagini del satellite Spot del 1996, occorre premettere una precisazione: la metodologia utilizzata non è la più idonea, in quanto si sono utilizzate solamente immagini pancromatiche con 10 metri di risoluzione e non, come sarebbe stato opportuno, immagini multispettrali.

In forza di quanto detto, i valori riportati in tabella vanno presi come indicativi di un trend evolutivo, ma non sono accurati come quelli ricavati dalle fotografie aeree.

La cosa che può comunque essere rilevata è, nuovamente, l'aumento delle zone urbanizzate a scapito di quelle adibite a colture di tipo seminativo. Per il resto è stato molto difficile distinguere tra bosco rado e fitto e tra prato o pascolo e roccia affiorante, per cui i valori andrebbero considerati associati.

- Il terreno urbanizzato occupa il 27,54% del totale. L'urbanizzazione in questa area sembra non avere fine, si occupano anche le aree più impervie.
- Il seminativo occupa il 2,59% del totale.
- Il bosco occupa il 63,83% del totale.
- Le tipologie prato o pascolo e roccia affiorante, associate, occupano il 6,04% del totale.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La metodologia utilizzata per l'estrazione del modello di elevazione digitale del terreno e l'ortorettificazione delle fotografie aeree, seppur complessa, è risultata decisamente efficace e le verifiche effettuate hanno dato risposte confortanti.

Le carte dell'uso del suolo si sono dimostrate molto utili al fine di verificare la perdita di terreno erodibile nell'ambito del bacino del Rio Gragnano e quindi l'aumento dell'impermeabilizzazione di origine antropica.

BIBLIOGRAFIA

- C.C.I.A.A. DI NAPOLI & Ge. PRO.TER. (1999). I SUOLI DELLA PROVINCIA DI NAPOLI, C.C.I.A.A. DI NAPOLI, NAPOLI.
- CICCACCI, S., FREDI, P., LUPIA PALMIERI, E. & PUGLIESE, F. (1980). CONTRIBUTO DELL'ANALISI GEOMORFICA QUANTITATIVA ALLA VALUTAZIONE DELL'ENTITÀ DELL'EROSIONE NEI BACINI FLUVIALI. BOLL. SOC. GEOL. IT. 99:455-516.
- CICCACCI, S., FREDI, P., LUPIA CALMIERI, E. & PUGLIESE, F. (1987). INDIRECT EVALUATION OF EROSION ENTITY IN DRAINAGE BASINS THROUGH GEOMORPHIC, CLIMATIC AND HYDROLOGICAL PARAMETERS. IN: INTERNATIONAL GEOMORPHOLOGY 1986 (ED. BY V. GARDINER), PART II, 33-48. JOHN WILEY, NEW YORK.
- ERDAS IMAGINE 8.5 FIELD GUIDE (1999)
- ERDAS IMAGINE ORTHOBASE USER'S GUIDE (2001)
- ERDAS STEREO ANALYST USER'S GUIDE (2000)
- KELLER, E. A. (1996). ENVIRONMENTAL GEOLOGY 7TH EDITION, PRENTICE HALL, UPPER SADDLE RIVER, NJ.



ID	TIPOLOGIA	COUNT	AREA (Mq)	AREA (%)
1	Terreno urbanizzato	2	12315777.7600	27.5450
2	Seminativo	2	1156602.4220	2.5870
4	Bosco rado	9	8082166.9070	18.0770
5	Bosco fitto	3	20456178.1820	45.7520
6	Prato o pascolo	6	2609293.0980	5.8360
7	Roccia affiorante	5	90988.1920	0.2030

Tab. 3 - Uso del suolo del bacino del Rio Gragnano (1996).

RECUPERO GEOAMBIENTALE DI UNA CAVA A FOSSA DI PIROCLASTITI FLEGREE.

IL PROGETTO PREVEDE LA CREAZIONE DI UN SITO DI
CONFERIMENTO DI 2ª CATEGORIA TIPO A PER MATERIALI DI
RISULTA INERTI SOLIDI

GREGORIO PALUMBO

ISTITUTO DI RICERCA CNR
"GEOMARE SUD" NAPOLI

Parole chiave: recupero geoambientale, cava, piroclastiti, inerti solidi, risanamento.

PREMESSA

Questo lavoro sulle cave trae origine dal rinnovato interesse che l'opinione pubblica presta, da più di un decennio, alle tematiche ambientali.

Vari fattori interferiscono, infatti, sulle componenti fisiche dell'ambiente generando linee di impatto ambientale che producono perdita di beni o determinano situazioni di rischio per la salute e la sicurezza delle popolazioni.

L'attività di cava rientra tra quelle che danno luogo a più impatti ambientali.

Spesso ci si chiede se devono prevalere le esigenze del settore estrattivo su una generale politica di salvaguardia dell'ambiente, o se invece si debbano coniugare entrambe le esigenze con una gestione pianificata del territorio.

L'imprenditore estrattivo deve partecipare a tale progetto sotto una duplice veste: non solo come soggetto che avverte il peso dei vincoli e considera il recupero ambientale come rimedio al danno, ma anche come colui che, operando insieme alla comunità, è interessato a riedificare il territorio. Infatti, una cava fine a se stessa, oggi non ha più senso.

Un diverso concetto della rendita fondiaria potrebbe disegnare, in tali casi, nuovi scenari imprenditoriali.

Occorre pensare al recupero non più in termini di peso, onere, rimedio o coazione normativa, bensì come possibilità di godere di una rendita aggiuntiva di produttività fondiaria, ricavata dal fondo già sfruttato per

fini estrattivi, attraverso il recupero, ma con un diverso utilizzo di quell'area.

Disinquinare un fiume, recuperare un'area degradata o eliminare le discariche abusive non è un'esigenza puramente estetica, ma un problema che si pone con urgenza per evitare ulteriori danni ecologici.

INTRODUZIONE

Nell'ambito del piano di recupero e risanamento ambientale, previsto dal Decreto del presidente della Giunta regionale della Campania n° 337/DEC/98, il presente progetto si propone di rappresentare, nella provincia di Napoli, e precisamente nel territorio comunale di Giugliano in Campania, gli elementi necessari per la ricomposizione ambientale di una cava di tufo giallo napoletano, a mezzo di una discarica di 2ª Categoria Tipo A di rifiuti inerti solidi.

Il tentativo, non miracolistico, è di ripristinare l'antico rapporto tra uomo ed ambiente, aspetto che è alla base del progetto di ristrutturazione previsto.

Il dimensionamento e la localizzazione della discarica di inerti, è stato basato su accertamenti di carattere geologico, tecnico ed idrogeologico, come previsto dalla normativa tecnica vigente e dovrà evitare di compromettere importanti valenze ambientali.

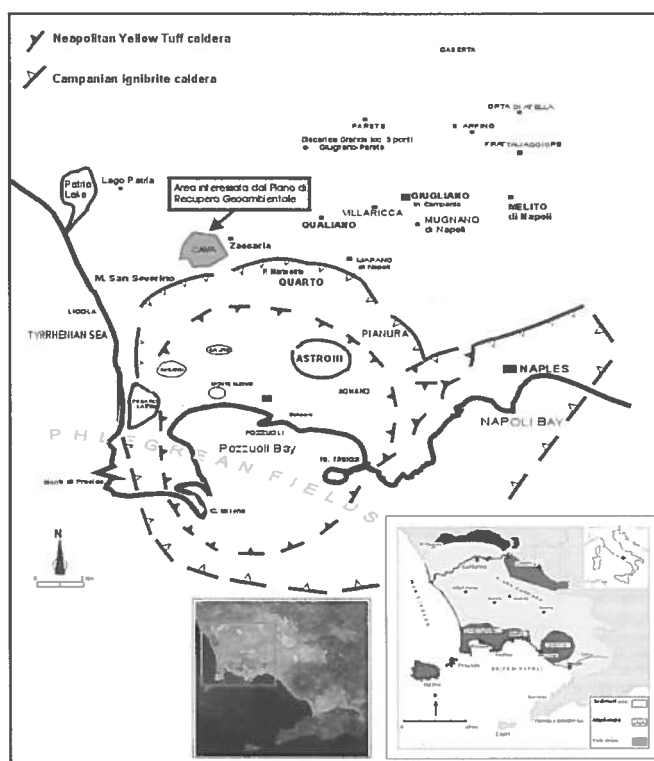


Fig. 1 - Carta schematica dei Campi Flegrei s.s. (Di Vito et al., 1988) e dell'area interessata dal piano di recupero geoambientale.

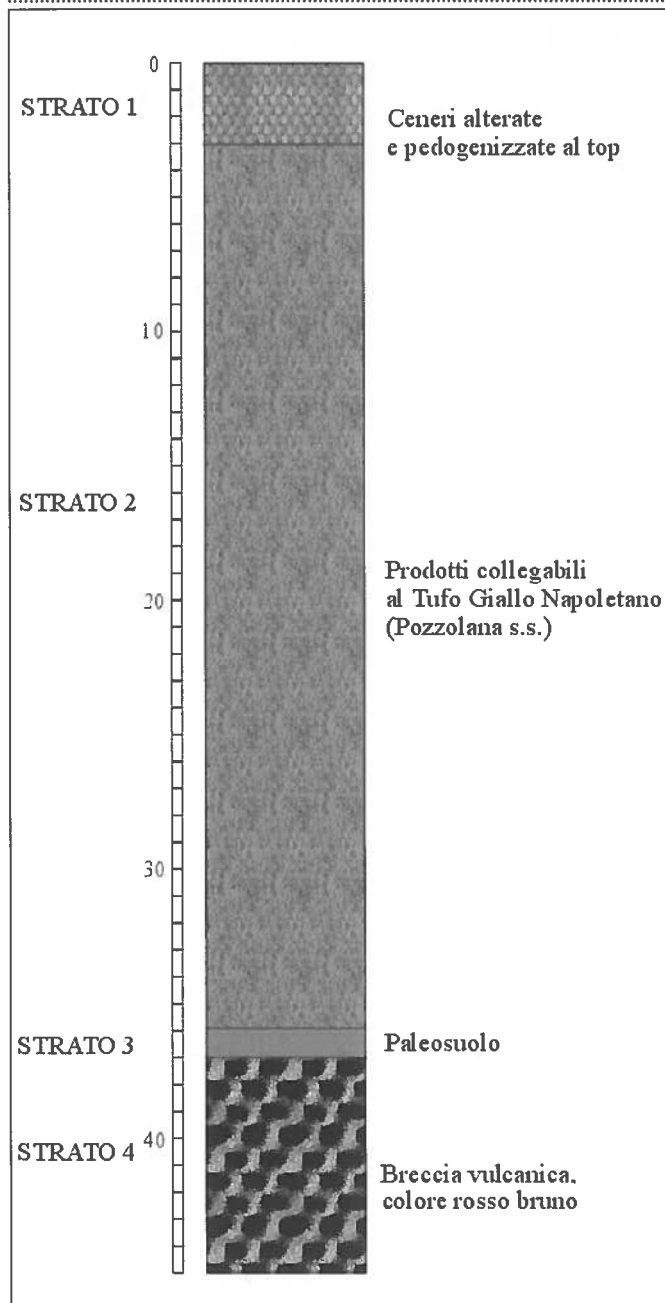


FIG. 2 - Sezione stratigrafica tipo, del sito di cava "Pozzolana Flegrea" Varcaturu - Giugliano in Campania (Na).

La bonifica del sito a colmamento del bacino, consentirà di restituire nel minor tempo possibile, l'aspetto originario riconsegnandola all'uso agricolo, in sintonia con le previsioni del Piano regolatore generale del Comune di Giugliano in Campania.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOLOGICO GENERALE DELL'AREA DICUI SI PROPONE LO STUDIO

Ubicazione : L'area oggetto di studio, è ubicata in una zona della Piana Campana, delimitata a Nord dall'Alveo dei Camaldoli, a Ovest dal Mar Tirreno ed a Sud dai rilievi vulcanici dei Campi Flegrei.

È inclusa nel territorio comunale di Giugliano in Campania (Na) in località Varcaturu, e ricade nel IV quadrante del foglio geologico 184 Napoli (fig. 1).

La vasta area pianeggiante limitata a NW dai rilievi carbonatici mesozoici dei Monti

osservazioni effettuate in cava e dall'analisi dei pozzi profondi eseguiti in aree limitrofe.

Da tale analisi, è risultata una successione stratigrafica (fig. 2) costituita da :

- 1° strato: Ceneri alterate, pedogenizzate al top (spessore 3 mt);
- 2° strato: Tufo Giallo Napoletano, in facies sciolta (pozzolana ss - ceneri ben addensate) (spessore 30 mt);
- 3° strato: paleosuolo (spessore 1,5mt);
- 4° strato: breccie vulcaniche (spessore 8 mt, fine scavo);

Aurunci, a N-NE da Monte Maggiore e Monte Avella, a SE dai Monti Lattari della Penisola Sorrentina e sempre a SE dall'apparato vulcanico del Somma-Vesuvio, è chiamata Piana campana.

L'attività vulcanica dei Campi Flegrei si è sviluppata, unitamente a quella degli altri centri eruttivi campani, in connessione con le fasi tettoniche distensive quaternarie, che hanno interessato il margine tirrenico dell'Appennino, generando faglie normali ad andamento NW-SE e NE-SW (Ippolito et al., 1973; D'Argenio et al., 1973; Bartole et al., 1984; Ortolani et al., 1986).

DESCRIZIONE DELLA STRATIGRAFIA E MORFOLOGIA DELLA CAVA

La natura geologica dei terreni presenti nel sito, è legata all'attività del sistema vulcanico dei Campi Flegrei e dei locali centri eruttivi sepolti.

Essa è stata desunta da dati stratigrafici ottenuti mediante

ASSETTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DELL'AREA

La geomorfologia generale dell'area, risulta sub-pianeggiante con quote che oscillano tra i 40 e 55 mt slm.

Essa evidenzia una leggera pendenza in direzione Nord-Ovest (direzione principale di deflusso delle acque).

Il paesaggio, molto diverso da quello delle pianure tirreniche presso il mare, si presenta schematicamente costituito da un terreno piano e fertilissimo, con una straordinaria intensità delle colture diversificate e caratterizzato da radi insediamenti antropici, per lo più rurali.

Come si può evincere dal Prg del Comune di Giugliano in Campania, l'area in esame e tutte le confinanti sono destinate ad uso agricolo. Infatti esse sono, nella quasi totalità, coperte da grosse estensioni di frutteti (pesche, albicocche, susine, uva e qualche noce) e da orticole praticate su piccole estensioni, o in consociazione con frutteti.

La circolazione idrica sotterranea nell'area oggetto di studio si inserisce nello schema idrologico dell'area flegrea sl.

In generale, sono individuabili tre complessi idrogeologici, ciascuno con proprie caratteristiche di permeabilità:

- 1) complesso delle piroclastiti e dei detriti alluvionali incoerenti;
- 2) complesso dei tufi ;
- 3) complesso delle lave e delle scorie.

Lo schema di circolazione idrica sotterraneo è quello a falde sovrapposte, derivante appunto dal susseguirsi in profondità di litotipi a diverso grado di permeabilità.

Da uno studio idrogeologico di dettaglio (Celico et al., 1986) è stato evidenziato che la falda raggiunge il suo massimo livello (26 mt slm) presso la zona Marano - Calviz-

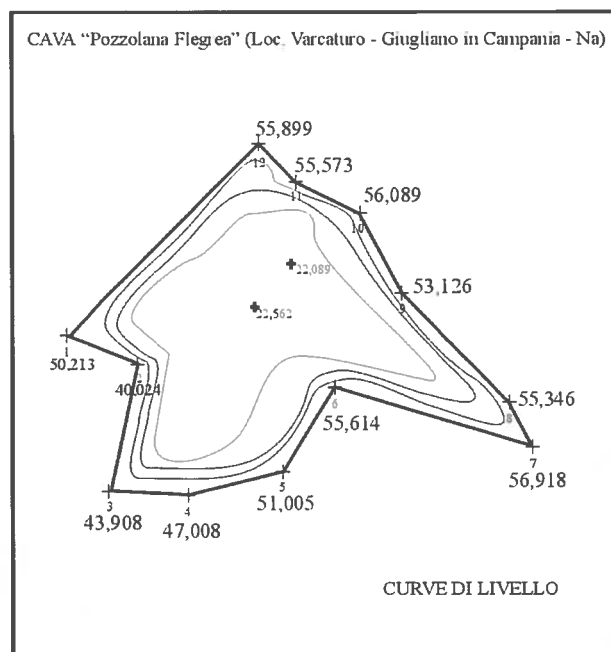


FIG. 3 - Pianta topografica schematica del sito di cava.



Foto 1 - Modalità di scavo, gradonatura e messa in sicurezza dei fronti di cava.

zano, e si mantiene su livelli alti lungo tutto il tratto che si estende da Marano fino all'isopiezometrica di 21 mt slmm.

RICOMPOSIZIONE AMBIENTALE DI UNA PROFONDA CAVA A FOSSA DI POZZOLANA E BRECCIA VULCANICA, A MEZZO DI UNA DISCARICA DI INERTI DI RISULTA DI 2^a CAT DI TIPO A

Finalità e modalità di recupero.

Le finalità del recupero devono essere quelle di riportare l'uso del suolo allo stato precedente l'inizio della coltivazione.

L'area di progetto ha una forma di un poligono irregolare (fig. 3), ed è attualmente una cava a fossa, il cui regolare esercizio si protrae dal 1971 (foto 1, 2, 3 e 4).

Essa è interessata da attività estrattiva di piroclastici flegree (Tufo Giallo Napoletano facies pozzolana ss e breccia vulcanica-

lava), è di proprietà della Società "Pozzolana Flegrea Srl", ed ha un'estensione totale di 250000 mq.

Una parte della cava (S = 75.230 mq) è esaurita, e, vista la sua entità è inquadrabile tra quelle aree che necessitano di recupero ambientale in tempi medio brevi.

Obiettivo primario del progetto è di recuperare l'area di cava esaurita, ridandole, nel minor tempo possibile, l'originario aspetto paesaggistico-ambientale ripristinandone nel contempo l'uso agricolo dei suoli recuperati.

"Le discariche di 2^a Categoria sono impianti di stoccaggio definitivo sul suolo o nel suolo, nella fattispecie, quelle di Tipo A sono impianti di stoccaggio definitivo nei quali possono essere smaltiti soltanto rifiuti inertici di seguito elencati: - sfridi di materiali da costruzione e materiale proveniente da demolizione, costruzioni e scavi (movimenti di terra);- materiali ceramici cotti; - vetri di tutti i tipi; - rocce e materiale litoide da co-

struzione" (Delibera del comitato interministeriale del 27 07 1984 punto 4231).

"I rifiuti inertici, per caratteristiche proprie, non hanno affinità con gli altri rifiuti speciali e richiedono un sistema di smaltimento autonomo. Per il loro smaltimento il Piano indica un sistema omogeneo e programmato per l'utilizzo di siti costituiti da cave abbandonate o aree da recuperare (LR n 17 del 13 04 1995 art 9).

L'attuale situazione dei rifiuti speciali in Campania, in particolare i residui delle attività edilizie, è divenuta ormai insostenibile da parte dell'Ente pubblico.

Infatti sul territorio regionale, si notano, ovunque, sempre più spesso evidenti ed ingombranti cumuli di materiale edilizio abbandonato abusivamente forse perché poco conveniente da smaltire nelle regolari discariche Rsu operanti, unica sede attualmente idonea allo smaltimento.

A ciò bisogna aggiungere che tali rifiuti inertici, se conferiti in discarica, vanno a colmare volumi sottraendoli ai Rsu.

L'attività riguardo cave e torbiere è disciplinata dalla LR 17/95, che modifica ed integra la LR 54/85 e dal Decreto del Presidente della Giunta regionale della Campania n° 337/DEC/98.

L'art. 8 della citata LR 17/95 detta le norme ed i criteri per la sistemazione di una cava a fine lavori di estrazione; l'art 9 puntualizza che: "La Regione Campania, nello spirito della legge regionale 10 febbraio 1993 n 10, assume, anche attraverso l'istituzione di consorzi pubblici o privati, ogni iniziativa volta a smaltire i rifiuti prodotti in Campania provenienti da demolizioni, costruzioni e scavi, utilizzando cave dismesse, da recuperare anche per altre utilizzazioni".



Foto 2 - Particolare dello scavo, parete Nord-Est.

VIABILITÀ

L'accesso al bacino, ubicato nel comune di Giugliano in loc. Zaccaria-Settecainati-Grotta dell'Olmo, è garantito dalla strada Vicinale Settecainati, attualmente sterrata, ma di discreta percorribilità; con il suo sviluppo lineare di circa 650 m si collega quindi alla Strada provinciale Grotta dell'Olmo.

La Sp Grotta dell'Olmo, rappresenta un asse viario di una certa importanza, infatti si incrocia a Nord con via Ripuaria e a Sud con via S. Nullo, facilmente raggiungibili dalla città di Napoli e dai comuni della provincia attraverso la tangenziale di Napoli, rispettivamente con le uscite di Varcaturo e di Licola.

POTENZIALITA' DELL'IMPIANTO

La produzione di materiali inerti per la provincia di Napoli, secondo uno studio statistico del 1988 riportato nel piano della LR n 10 del 10 02 1993, è stimata in 295.000 t/anno.

Considerando che la densità relativa degli inerti è stimabile in 1 t/mc, si ottiene una produzione annua per la provincia di Napoli di circa 295000 mc/anno.

Lo stato dei luoghi ottenuto da rilievo topografico, ha evidenziato che l'area di cava da riempire con gli inerti, ha un'estensione di 75.230 mq ed il volume di reinterro, calcolato con il metodo dello spianamento, è pari a 1.707.086 mc.

Considerando che la produzione media annuale per la provincia di Napoli è pari a 295000 mc/anno, e che il territorio provinciale rappresenta la principale utenza di ta-



Foto 3 - Particolare della parete Nord-Ovest del giacimento interessato dal recupero geoambientale previsto.

le impianto, si può facilmente ricavare la vita media del riempimento.

Se nell'arco di un anno si ipotizzano come lavorativi: 365 gg - 52 domeniche - 9 festività = 304 gg e se quindi, nell'arco di una settimana, si prevede l'orario lavorativo di 8 ore al giorno dal lunedì al venerdì e 4 ore il sabato, il numero totale di ore annue di esercizio sarà: (304 gg - 52 sabati) ~ 8 ore/g + 52 sabati ~ 4 ore/g = 2224 ore/anno

Pertanto, poiché la quantità annua di rifiuti inerti è di 295.000 mc/anno, gli afflussi medi previsti saranno: mc/anno 295000 / 2224 h/anno = 132 mc/h- afflusso dal lunedì al venerdì mc/h 111 ~ 8 h/giorno = 1061 mc/giorno- afflusso il sabato mc/h 111 ~ 4 h/giorno = 530 mc/giorno.

In definitiva, se in via teorica si è calcolato che quotidianamente saranno smaltiti

1061 mc di rifiuti inerti, presumendo che gli automezzi che arriveranno alla discarica hanno una portata media di circa 15 mc, si deduce che ne arriveranno circa 70 al giorno con una cadenza oraria di circa 9, dal lunedì al venerdì e 4 il sabato.

Il tempo necessario al riempimento del bacino quindi può teoricamente ipotizzarsi nel seguente prospetto:

volume di progetto: mc 1707086; tempo necessario al riempimento del bacino: mc 1707086 / mc/anno 295000 = anni 6 circa.

MODALITA' DI SISTEMAZIONE DELLA DISCARICA

Per esigenze di scavo, all'atto della coltivazione, le pareti si ritrovano con un'inclinazione che in alcuni casi supera anche i 60° di pendenza; inoltre da una serie di ve-



Foto 4 - Veduta della porzione di giacimento S-SW.

rifiche di stabilità fatte in fase progettuale, utilizzando il metodo di Fellenius per il calcolo del coefficiente di sicurezza n , si sono riscontrati dei casi per i quali $n < 1,3$ (valore limite di stabilità).

La presenza di una coesione "apparente" (sicuramente da non considerare in qualsiasi calcolo di stabilità) e la particolare natura granulare delle piroclastiti flegree (i granuli si presentano vetrosi ed a spigoli vivi quindi facilmente s'incastano fra loro) concorrono alla tenuta del versante, finché non intervengono altri fattori d'instabilità a rompere l'equilibrio, come ad esempio piogge torrenziali, per periodi medio-lunghi, o terremoti.

Questa condizione di "quiescenza" sicuramente non sarà eterna.

Il meccanismo scatenante i fenomeni franosi che si possono verificare, è costituito, nella quasi totalità dei casi, dallo scalzamento al piede delle pareti della cava.

Ciò determina un aumento degli sforzi di taglio, da cui deriva un movimento improvviso e veloce con prevalenza della componente verticale dello spostamento (*earth fall*).

Tale situazione implica la necessità di realizzare interventi atti a scongiurare ogni possibilità di crollo e quella di garantire l'incolumità di chi vi andrà ad operare.

Per ottimizzare il riempimento e, soprattutto, per garantire l'incolumità di chi vi opera, si è scelto di transennare, ad una distanza non inferiore a 15 metri, le pareti instabili della cava, in particolare le pareti sui confini Nord ed Est (fig. 4).

La realizzazione della staccionata di protezione prevede paletti di legno, di 6 cm di diametro e 200 cm di altezza, collegati tra loro con mezzanelle corredate di adeguata segnaletica di pericolo.

Il riempimento partirà dal settore centrale della depressione.

Descriviamo in dettaglio come verrà effettuata la colmata nelle sue principali fasi

Dopo aver accumulato una certa quantità di materiale, esso sarà sistemato e compattato a formare un primo strato di circa 4 mt in altezza che si estenderà fino ad arrivare, con il piede del suo fronte di avanzamento, alla staccionata (fig. 4).

Si procederà, poi, al recupero della staccionata protettiva ed alla chiusura dei varchi laterali che, nel frattempo, si saranno formati tra le pareti ed il primo strato di materiale sistemato (fig. 5).

Il secondo strato, partendo sempre dalla parte centrale della depressione, si fermerà quando tra il top del fronte di riempimento e la parete, ci sarà una distanza di 15 metri, in questo modo sarà garantita la

sicurezza di chi vi opera.

Dopo la sistemazione del secondo strato comincerà a colmarsi anche il corridoio creatosi tra le pareti ed il riempimento.

Il fronte si estenderà verso la parete stabilizzandosi su di un angolo di riposo "d", con $40^\circ < d < 60^\circ$, pertanto minore è il valore di "d" più il fronte di avanzamento si avvicinerà ai piedi della parete.

Il terzo strato segue le stesse modalità di messa in posto del secondo, cioè si fermerà, sempre frapponendo una distanza di 15 metri, tra la parete ed il top del fronte di riempimento.

Analoga modalità di messa in posto si eseguirà per il quarto e il quinto strato di colmata, con la differenza che la distanza minima tra il top del fronte di riempimento e la parete dell'invaso può essere abbassata da 15 a 10 metri, ciò in considerazione del fatto che, riducendo la lunghezza del versante ancora da colmare, si riduce sia la possibilità che si possano innescare fenomeni di crollo sia l'entità delle masse che possono mobilitarsi.

Si procederà nella colmata fino ad un'altezza "h", con $-2m < h < -4m$, presumibilmente col sesto strato, dal piano di progetto definitivo, in modo da poter chiudere il riempimento con terreno vegetale pronto per essere adeguatamente piantumato (fig. 6).

Per la colmata verranno utilizzati con materiali provenienti dalle scoperte di altri giacimenti, residui di lavorazione di altre cave di piroclastiti, sterri di cantieri edili e, come previsto dall'art. 9 della LR17/95, potranno essere utilizzati anche materiali di risulta delle costruzioni, bonificati dalle componenti inquinanti: plastiche, metalli, vetro, carta, etc. Queste oltre ad esercitare un notevole impatto ambientale, possono essere recuperati come materie prime secondarie attraverso i consorzi di recupero (Assovetro, Assocarta, etc).

MODALITA' DI COLTIVAZIONE E FASI DI AVANZAMENTO

Il riempimento del bacino avverrà per la sua totale estensione mediante la creazione di strati successivi alti circa 7-8 metri.

Si procederà partendo dalla zona centrale in modo da evitare di operare sotto i fronti di scavo, cominciando a migliorare la stabilità delle pareti interne, in particolare si procederà dal versante della strada Vicinale Settecainati all'interno del bacino.

In una prima fase si prevede che gli automezzi di conferimento possano depositare i residui inerti in un'apposita area per lo stoccaggio provvisorio a ridosso del versante della discarica.

Le pale meccaniche provvederanno allo sversamento dei rifiuti inerti lungo le pareti della discarica.

Il materiale accumulato all'interno del bacino sarà sistemato e compattato fino al

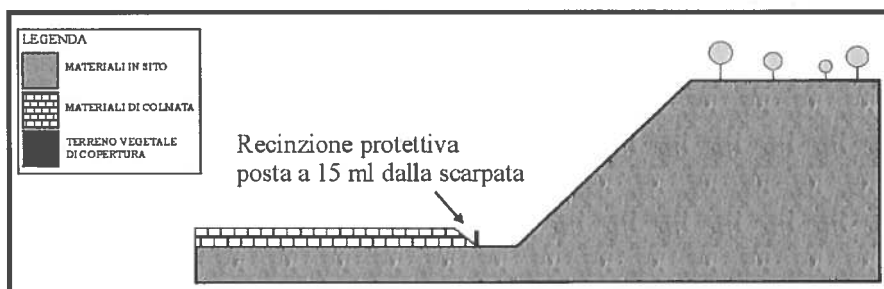


FIG. 6 - Fase iniziale : Transennamento del fronte di scarpata.

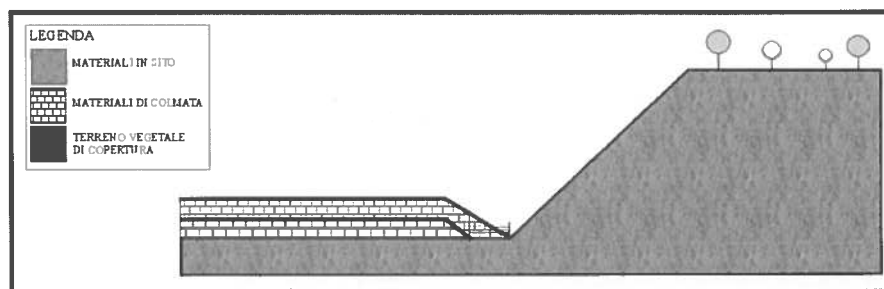


FIG. 7 - Fase 2 : Transennamento del corridoio.

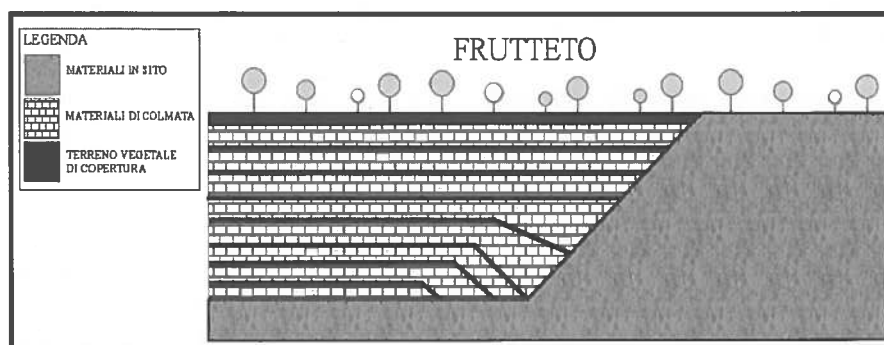


FIG. 8 - Fase 3: Fase finale di colmata.

la formazione di un primo strato di accumulo dell'altezza di circa 7-8 metri.

Quando questo primo strato avrà raggiunto le dimensioni sufficienti gli automezzi addetti al conferimento alla discarica dei materiali di risulta, potranno accedervi e scaricare direttamente i rifiuti sul fondo del bacino.

Tale procedura verrà osservata per tutta la fase di colmataura.

Durante le varie fasi di riempimento del bacino, si provvederà a creare piste interne di servizio per accedere ai vari strati di accumulo.

La loro realizzazione e le successive modifiche, dipenderanno dall'avanzamento della coltivazione della discarica.

Tali piste conserveranno sempre dei requisiti tali da evitare pericoli sia ai mezzi che operano nella discarica sia a quelli che conferiranno ad essa: la loro pendenza non dovrà mai superare il 10-15%.

Per la formazione dei successivi strati si procederà nel modo sopraindicato, fino al riempimento complessivo del bacino.

Il recupero definitivo dell'area a riempimento ultimato può essere sintetizzato in due fasi:

- 1) copertura finale con terreno agrario;
- 2) recupero completo all'attività agricola ottenuto attrezzando l'area recuperata a frutteto.

PERSONALE E MEZZI D'OPERA

Gli automezzi di conferimento alla discarica depositeranno i rifiuti inerti in una apposita area per lo stoccaggio provvisorio da dove le macchine operanti all'interno provvederanno al loro trasporto, sistemazione ed alla loro compattazione.

Poiché la natura dei materiali che saranno smaltiti nella discarica non prevede alcun tipo di trattamento prima che essi vengano stoccati definitivamente, non è previsto all'interno della discarica nessun tipo di impianto fisso.

Di conseguenza opereranno solo macchine addette al trasporto, alla sistemazione ed alla compattazione dei rifiuti inerti.

In relazione quanto descritto in merito alla capacità ricettiva, ai flussi medi giornalieri, alla semplicità delle modalità di coltivazione della futura discarica, l'ottimale andamento dei lavori può essere garantito dalle macchine appresso elencate:

- n. 3 pale (gommate o cingolate) per accumulo, sistemazione e compattazione dei materiali inerti conferiti alla discarica;
 - n. 1 autobotte di capacità di 6000 lt per trasporto acqua abbattimento polveri all'interno del cantiere;
 - n. 1 autocarro addetto al movimento dei materiali.
- Le pale meccaniche avranno il compito

di accumulare e sistemare i materiali conferiti alla discarica, provvedendo poi anche alla compattazione degli strati di accumulo.

L'autobotte garantirà con il lavaggio delle piste interne e del materiale conferito, l'abbattimento delle polveri che si formeranno all'interno del cantiere per il continuo transitare dei mezzi operatori e conferitori.

Tenendo presente i mezzi necessari ad una ottimale gestione della futura discarica si elenca di seguito il personale previsto:

- n. 2 autisti;
- n. 3 operatori abilitati alla guida delle pale meccaniche;
- n. 3 manovratori a terra degli automezzi operativi (pale);
- guardiano;

OPERE DI PREDISPOSIZIONE DELLA DISCARICA

La fase di attuazione della coltivazione della discarica prevede la realizzazione di alcune opere ritenute necessarie per l'intera vita della discarica; esse, vista la semplicità delle operazioni di coltivazione possono ridursi ad una strada di accesso e alla recinzione dell'area interessata.

L'accesso al sito viene garantito dalla strada Vicinale Setteccainati, di discreta percorribilità, avente uno sviluppo lineare di circa 650 m ed una carreggiata di 4 m, collegata alla Sp Grotta dell'Olmo e, quindi, attraverso quest'ultima alla via Ripuaria ed alla via S Nullo.

Per facilitare l'accesso degli automezzi di conferimento alla discarica si provvederà alla sistemazione ed alla manutenzione della strada Vicinale Setteccainati.

In fase di attuazione della discarica, tutto il perimetro dell'area interessata a contenerla e di estensione di circa 1400 ml, sarà recintato con rete zincata di altezza pari a circa 2,10 m sul piano campagna.

Attualmente, i versanti del bacino sono protetti naturalmente lungo tutto il perimetro da siepi e arbusti che li rendono inaccessibili a chiunque.

10 CONCLUSIONI

Con il presente lavoro si è cercato principalmente di porre l'accento sui benefici che una discarica di 2ª categoria di Tipo A per materiali di risulta inerti solidi può apportare nella risoluzione di una parte dei problemi legati alla salvaguardia del territorio.

In sintesi :

- l'area presa in questione è attualmente una cava esaurita ed è inquadrabile tra quelle che necessitano di un risanamento paesaggistico ambientale;
- i materiali che saranno smaltiti, per la loro natura hanno un limitato impatto sull'ambiente;
- per la natura stessa dei materiali, l'allestimento della discarica non richiede impianti fissi poiché tali materiali non hanno bi-

sogno di nessun tipo di trattamento prima di essere stoccati definitivamente;

- la capacità ricettiva del bacino, permette la possibilità di poter smaltire tutta la quantità di residui inerti prodotti nell'intera provincia di Napoli;

- nel breve infatti permette di sgravare, in un periodo di emergenza rifiuti, le discariche di RSU dall'impegno di dover smaltire anche tali tipi di rifiuti, ed inoltre di diminuire il fenomeno dello sversamento abusivo lungo le strade;

- inoltre, in un intervallo temporale relativamente breve, calcolato in un arco di tempo che va dai 6 ai 10 anni, permetterà il pieno recupero dell'area attualmente compromessa, restituendo il terreno agli usi produttivi agricoli, analoghi a quelli praticati sui fondi limitrofi.

Quindi è importante sottolineare come, l'allestimento di una discarica di 2ª Categoria Tipo A, con le caratteristiche di ubicazione, di accessibilità, di potenzialità e di semplicità di conduzione che sono state descritte, permette di risolvere nel breve e medio periodo, una parte dei problemi legati alla salvaguardia del territorio.

BIBLIOGRAFIA

ABATE I, M L'ALTRELLI, 1998 - ATTIVITÀ ESTRATTIVA E RECUPERO AMBIENTALE.

APRILE F & ORTOLANI F: 1979, SULLA STRUTTURA PROFONDA DELLA PIANA CAMPANA BOLL. SOC. NAT. IN NAPOLI (VOL. LXXXVIII).

APRILE F, BRANCACCIO L, CINQUE A, DI NOCERA S, GUIDA M, IACCARINO G, ORTOLANI F, PESCATORE T & TORRE M (1979) - DATI PRELIMINARI SULLA NEOTETTONICA DEL FOGLIO 183-184 (NAPOLI-ISOLA D' ISCHIA) PUBBL. N 251, PROG FIN GEOD.

CARRARA E, IACOBUCCI F, PINNA E E RAPOLLA A (1973) GRAVITY AND MAGNETIC SURVEY OF THE CAMPANIAN VOLCANIC AREA SOUTHERN ITALY BOLL. GEOL. TEOR. APPL. VOL. XV, N 57.

CELICO P, DE GENNARO M, PAGANO D, RONCA A, STANZIONE D, VALLARIO A, (1986): "IDROGEOLOGIA ED IDROGEOCHIMICA DEI CAMPI FLEGREI: RELAZIONI TRA CHIMISMO DELLE ACQUE ED IDRODINAMICA SOTTERRANEA" - ATTI CONV. " BRADISIMO E FENOMENI CONNESSI" III TRIM., 94-100 NAPOLI, 1987.

ISAIA R : 1998, "STORIA VULCANICA ED EVOLUZIONE MORFOLOGICA STRUTTURALE DELLA CALDERA DEI CAMPI FLEGREI NEGLI ULTIMI 12 Ka" NAPOLI, FEBBRAIO.

LUONGO G, PD COLE, G GIORDANO, A PERROTTA, R SCANDONE, C SCARPATI: 1994, MAIN PIROCLASTIC DEPOSITS OF THE CAMPANIAN VOLCANIC PROVINCE, SOUTHERN ITALY GEOLOGICAL SOCIETY OF LONDON.

ORTOLANI F & APRILE F: NUOVI DATI SULLA STRUTTURA PROFONDA DELLA PIANA CAMPANA A SUD-EST DEL FIUME VOLTURNO BOLL. SOC. GEOL. IT., 97 (1978).

ORTOLANI F & APRILE F : PRINCIPALI CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E STRUTTURALI DEI DEPOSITI SUPERFICIALI DELLA PIANA CAMPANA BOLL. SOC. GEOL. IT., 104 (1985) O PALUMBO GREGORIO 1999 : "PROPOSTE DI RESTAURO GEOAMBIENTALE DI PROFONDE CAVE A FOSSA DELL'AREA COMPRESA TRA I CAMPI FLEGREI ED IL GIUGLIANESE CON NUOVI DATI SULLA STORIA GEOLOGICA E VULCANOLOGICA DELLA ZONA DURANTE L'OLOCENE" (GEOLOGIA AMBIENTALE E PIANIFICAZIONE DEL TERRITORIO) TESI DI LAUREA, DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA (FACOLTÀ DI SCIENZE GEOLOGICHE - "FEDERICO II" NAPOLI), PP 109.

ROMANO P, SANTO A, VOLTAGGIO M : L' EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA DELLA PIANURA DEL FIUME VOLTURNO DURANTE IL QUATERNARIO (PLEISTOCENE MEDIO-SUPERIORE OLOCENE) IL QUATERNARIO 7 Vol. 1ª (41-46) (1994)

BRADASCHIA & PELOSI ARCH. ASS : PROGETTI DI RECUPERO GEOAMBIENTALE DI CAVE. QUARRY AND CONSTRUCTION APRILE 1998

IDA REPOLA
GEOLOGO-TECNICO AMBIENTALE

LOREDANA PESIRI
ARCHITETTO

VIA L'EOLICO NEL FORTORE

Parole chiave: eolico, Via, energia rinnovabile, aerogeneratore, impatto.

INTRODUZIONE

La rinnovabilità di una fonte di energia non è per definizione sinonimo di compatibilità ambientale. Rispetto ad un inopinabile beneficio ambientale globale dovuto al loro utilizzo in sostituzione delle tradizionali fonti fossili, l'impatto locale può essere rilevante (fig. 1). Tale impatto è strettamente connesso alle scelte progettuali adottate.

Proprio da queste considerazioni prende forma l'idea dell'applicazione della Valutazione di impatto ambientale (Via) che, com'è noto, è una procedura di supporto alle decisioni avente come obiettivo la valutazione della compatibilità ambientale di politiche, piani, programmi e progetti. Ecco perché una buona procedura di Via consente di migliorare uno studio di impatto ambientale inadeguato.

L'oggetto di questo nostro studio è quel fenomeno di "colonizzazione" delle "fattorie del vento" nella nostra penisola, e più specificatamente in quella zona appenninica dell'Italia meridionale della provincia Sannita a scavalco con l'Appennino Dauno e Molisano: la Val Fortore (fig. 2).

Il nostro lavoro non ha la pretesa d'essere una completa procedura di Via ma piuttosto, partendo da essa, un'analisi con relativa sintesi del "caso eolico nel Fortore". Si ritroveranno, dunque, "solo" considerazioni, ma non sterili elucubrazioni, che mirano ad effettuare un'analisi dei fatti lontana dalle polemiche di natura meramente politica. Cogliamo l'occasione per chiarire che non abbiamo alcuna intenzione di "demonizzare" l'energia eolica in quanto tale. D'altra parte sarebbe un'eresia se noi, in qualità di tecnici ambientali, scartassimo a priori l'eolico come fonte rinnovabile d'energia. La nostra idea mira piuttosto a promuovere più attente analisi di impatto ambientale in tutte le fasi del ciclo di vita di questi impianti, ed una dovuta considerazione dell'opinione popolare (dopo attente e ben studiate opere di informazione alle cittadinanze).

LEGISLAZIONE

L'obbligatorietà o meno della procedura di Via dei differenti progetti definita dalla direttiva della Comunità europea 335/85/CE è stata adottata dalla Repubblica Italiana con il Dpr del 12 aprile 1996. Questo docu-

mento presentava due allegati riportanti gli elenchi dei progetti per i quali sussisteva o meno l'obbligo di Via. Gli impianti eolici erano ascritti all'allegato II nel quale erano elencati quei progetti per i quali la Via era facoltativa. Successivamente il suddetto Dpr è stato modificato dal D.P.C.M. del 3 settembre 1999 e dal D.P.C.M. del 1 settembre 2000 (Direttiva 11/97/CE punto 3, lett. i) e per gli impianti eolici, inseriti così nell'Allegato I lett. e, è scattato l'obbligo di procedura Via. Purtroppo però, sia perché molti dei campi eolici esistenti sono di generazione precedente al 1999-2000, sia per l'assenza in alcune regioni italiane, come la Campania, di adeguati Piani Territoriali, quasi tutte le *Wind Farms* attualmente realizzate non sono state interessate da una procedura di Via

Considerato, tra l'altro, anche l'art. 9 della nostra Costituzione per la tutela del paesaggio, non è chiaro perché non sia stata contemplata l'area del Fortore, come bene ambientale da tutelare e salvaguardare, nell'elenco previsto dal Testo Unico delle disposizioni legislative in materia dei beni culturali ed ambientali, dell'art. 140 del DLvo 29 ottobre 1999 n. 490. Forse che le verdeggianti ed articolate incisioni della valle fortorina non siano altrettanto belle quanto alcune località costiere o montane solo perché paesaggisticamente meno suggestive?

D'altra parte se:

- i commi 1 e 2 dell'art. 1 del Titolo I della legge n. 10 del 9 gennaio 1991 recitano: "Al fine di migliorare i processi di trasformazione dell'energia, di ridurre i consumi di energia e di migliorare le

condizioni di compatibilità ambientale dell'utilizzo dell'energia a parità di servizio reso e di qualità della vita le norme del presente Titolo favoriscono ed incentivano...l'utilizzazione delle fonti rinnovabili di energia...lo sviluppo delle fonti rinnovabili...";

- ed ancora il decreto Bersani (Dlvo 16 marzo 1999, n. 79, attuazione della Direttiva 96/92/CE recante norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica)

hanno incentivato e promosso lo sfruttamento dell'energia eolica nel nostro paese, è anche vero che poco è stata tenuta in considerazione, secondo il nostro modesto avviso, la Direttiva CE del 27 settembre 2001, n. 77, (Promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità) che pur puntando su "un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel relativo mercato interno..." pone l'accento, tra l'altro, sulle diversità geografiche e culturali, degli stati membri, delle quali tener conto.

ANALISI DEL "CASO EOLICO" NEL FORTORE

Come spesso accade, pur essendo già esistente un adeguato panorama legislativo, anche nel caso della procedura di Via sussiste il "problema" dell'applicazione delle leggi per ogni singolo progetto e dello studio delle loro specificità.

Il presente lavoro ha come oggetto una zona della Provincia di Benevento, il Fortore, nota per le sue verdi ed articolate valli ed



Fig. 1

incisioni. La depressione economica che, purtroppo, ha da sempre interessato quest'ambito territoriale ha però contribuito, sostanzialmente, alla salvaguardia delle sue condizioni ambientali.

Il panorama articolato della Val Fortore deve la sua morfologia, oltre che all'azione della tettonica (ricordiamo che il sito è "incastonato nell'Appennino meridionale"), principalmente alla natura dei suoi litotipi.

Sostanzialmente in affioramento si riconosce l'intera *facies* di flysh miocenico con alternanze di calcareniti, arenarie quarzose, argille, marne siltose con intercalazioni di calcari e calcari marnosi.

Dai litotipi elencati è facile comprendere come l'intero territorio possa essere interessato da smottamenti e fenomeni franosi di variabile entità.

La "questione eolica" nel Fortore, così come nel resto del paese, vede attori contrapposti: i fautori ed i contrari di questi aerogeneratori riuniti in gruppi (campi) di 10-15 elementi. Se, infatti, da una parte si può scorgere l'opera delle aziende "colonizzatrici", costruttrici delle *Wind Farms*, dall'altra si levano le urla di dissenso, dettate dalla preoccupazione di una speculazione solo economica del proprio territorio, degli abitanti del luogo, riuniti in un'Associazione finalizzata alla tutela della "propria valle". È opportuno evidenziare, come già specificato, che la quasi totalità dei campi eolici, che sorgono in molti dei paesi fortorini, siano stati realizzati senza alcuna procedura Via, poiché di generazione precedente all'entrata in vigore del DPCM del 3 settembre 1999 e dal DPCM del 1 settembre 2000.

Osservando il panorama non si può che rimanere perplessi alla vista della colonizzazione degli innumerevoli aerogeneratori che orlano quasi tutto l'orizzonte della Val Fortore ed ancor più esterrefatti nel leggere di qualcuno che attribuisce un "piacevole incedere elegante e magnetico del roteare delle pale". Non volendo, però, esser tacciati, ingiustamente, di ambientalismo integralista, con il nostro lavoro esponiamo le nostre osservazioni e perplessità riguardo questo "insolito tentativo di riqualificazione" di un'area economicamente depressa.

I molteplici sopralluoghi e gli studi effettuati ci hanno fatto riscontrare che i venti che caratterizzano il Fortore, ed in generale l'intera penisola italiana, non sono poi così intensi e costanti da giustificare un uso così pronunciato dell'eolico come fonte rinnovabile alternativa ai combustibili fossili in Italia.

Non a caso, difatti, le nuove generazioni di aerogeneratori sono di altezze sempre maggiori (si consideri che gli ultimi realizzati sono alti circa 100 metri) nel tentativo di raggiungere quote sempre più alte dove i venti tendono ad essere più costanti.

Del nostro stesso avviso è il Premio Nobel per la fisica Carlo Rubbia il quale ha sot-



Fig. 2

to lineato l'esiguità attuale del contributo dell'energia eolica al fabbisogno di energia nel nostro Paese, nonostante i numerosi campi eolici già funzionanti. Secondo l'accreditato scienziato per ottenere dall'eolico, in Italia, un apporto energetico significativo sarebbe necessario installare un numero esorbitante di aerogeneratori (probabilmente dell'ordine delle centinaia di migliaia).

Come dire ai cittadini della Valle del Fortore che, allo stato attuale, si sono visti deturpare il paesaggio (ed ancora i lavori continuano tra innumerevoli scontri) per contribuire, insieme con tutte le altre *Wind Farms* costruite sull'intero territorio italiano, al solo 0.5% del fabbisogno nazionale di energia elettrica?

Le nostre perplessità su questo tipo di scelta di energia alternativa non sono da attribuirsi al solo impatto visivo, malgrado si resti un po' esterrefatti nel leggere che i tentativi di minimizzare l'impatto visivo sono da riscontrare nell'utilizzo da parte di talune aziende (in comuni come S. Marco dei Cavoti, per esempio) di torri a tralicci, tramite i quali sarebbe possibile, a leggere dalle perizie dei tecnici interni, scorgere "l'azzurro del cielo".

In più ci fanno riflettere tutti quei lavori di sbancamento (fig. 3), indispensabili per la costruzione delle vie d'accesso ai mezzi pesanti necessari per l'installazione delle torri, quelle "cicatrici" sui versanti, strade che portano ad ogni singolo aerogeneratore, indelebili segni di un paesaggio deturpato di difficile recupero, nonché la cementificazione del sottosuolo per le opere di fondazioni che, sia pur non significativamente, vanno ad interfe-

rire con gli equilibri ambientali, in una zona da sempre interessata da fenomeni dinamici franosi.

Ovviamente condizioni simili fanno decadere quelle vocazioni turistiche della zona che timidamente si avvicina ad uno sfruttamento agrituristico del territorio.

Ad ogni modo, malgrado si apprezzino gli innumerevoli sforzi delle grandi aziende costruttrici, supportate da esperti italiani e stranieri, sulla risoluzione di problemi di natura geologica e geotecnica, nonché la riduzione sia del rumore, prodotto dal moto delle pale rotanti, sia dei campi elettromagnetici, tramite l'utilizzo di pale in resina e non metalliche, desta in ogni caso qualche perplessità l'atteggiamento garantista riguardo altre eventuali problematiche legate all'impatto sull'avifauna o allo smaltimento degli aerogeneratori, le cui spiegazioni a riguardo appaiono spesso generiche e non precise.

Ci chiediamo, dopo quanto detto, se i molti consensi nelle scelte dei siti, sicuramente supportati in parte dagli anemometri, siano stati influenzati dalla sindrome di Nimby. D'altra parte, se ci si pensa, la Val Fortore è sufficientemente lontana dagli occhi dei molti, decisamente poco popolata (dunque il malcontento è limitato ad un numero piuttosto esiguo di persone) e non risulta essere meta di turismo di massa. A pensarla diversamente, ovviamente, la popolazione fortorina che tra l'altro è stanca di sentirsi dire dalle aziende costruttrici "quanto le loro Amministrazioni non siano, spesso, dotate di adeguate pianificazioni, quanto sottovalutino il proprio potenziale eolico,



Fig. 3

gli aerogeneratori sono, in quanto energie alternative, supportati e finanziati da fondi della Comunità europea e/o della Regione.

In un discorso di questo tipo ovviamente non ci spingiamo a parlare di "danno esistenziale" degli abitanti della Val Fortore ma domandarsi cosa ci guadagnino da tutta questa situazione pensiamo sia spontaneo.

Difatti pur non avendo subito una modificazione sostanziale e/o sensibile nella qualità della loro vita, ci chiediamo se sia valsa la pena di sacrificare il proprio territorio per qualche irrوريا, a volte persino ridicola, somma di danaro come "risarcimento" e qualche sporadica richiesta di manovalanza o di consulenze a tecnici della zona.

Data l'entità dell'opera ci si sarebbe aspettati un cospicuo sviluppo economico nonché, un'adeguata occupazione diretta e di indotto sul territorio fortorino.

Ovviamente non una risoluzione del problema ma almeno un'attenuazione dello stesso, o di ciò che è stato già compiuto, potrebbe consistere nel rendere partecipi i paesi dei benefici della produzione di energia eolica; dunque un utilizzo dell'energia eolica nel rispetto degli interessi degli abitanti del Fortore e non in ottemperanza alle scelte delle società costruttrici.

Qualche voce si leva a supporto di quanto ora scritto, sottolineando però l'esigenza di una precisa nonché trasparente regolamentazione che dovrebbe in ogni caso partire dal presupposto che per esigenze fisiche le *Wind Farms* vanno installate sui crinali ed in aperte distese pianeggianti dove ovviamente l'impatto visivo è notevole. Al contrario l'assenza di un attento intervento regolamentare e di un'informazione delle popolazioni interessate, genera situazioni caotiche, nelle quali si confondono progetti interessanti e ben strutturati con la "colonizzazione selvaggia" degli aerogeneratori (magari in zone ad elevato interesse paesaggistico), bloccati da associazioni territoriali sensibili ed attente alle speculazioni del proprio territorio.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il lavoro effettuato, dunque, non è consistito nel seguire una procedura di VAS sensu stricto. Grazie però all'approccio della procedura nell'analisi di un problema, o meglio di una diatriba ancora in atto, abbiamo tentato di considerare tutti gli innumerevoli fattori positivi e negativi, nelle varie fasi del ciclo di vita degli impianti.

Sicuramente apprezziamo gli innumerevoli sforzi delle grandi aziende costruttrici, supportate da esperti italiani e stranieri, sulla risoluzione di problemi di natura geologica e geotecnica, nonché la riduzione sia del rumore, prodotto dal moto delle pale rotanti, sia dei campi elettromagnetici, tramite l'utilizzo di pale in resina e non metalliche, ma siamo altrettanto consapevoli che restano comunque irrisolti e, purtroppo, di ardua soluzione, tutti quei problemi legati all'impatto visivo, alla stabilità dei versanti (a causa anche delle opere di riporto per la costruzione delle vie d'accesso ai singoli pali) ed allo smaltimento degli aerogeneratori.

In più stando ai dati, la realizzazione di innumerevoli campi eolici non è supportata né da elevati benefici energetici per la zona in oggetto (ed in generale per l'intero paese) né, tanto meno, da sviluppi economici e/o ricadute occupazionali per l'intera Val Fortore che, economicamente depressa, assiste alla speculazione del proprio territorio ad opera di aziende esterne, a volte straniere.

Infine a coloro che propongono un coinvolgimento sostanziale delle Amministrazioni e delle popolazioni nella gestione e nello sfruttamento delle *Wind Farms* vorremmo chiedere se, dunque, il nodo del problema sia solo di natura economica. Siamo difatti persuasi che dati alla mano ed informati delle potenzialità del territorio, le popolazioni della Val Fortore, come d'altra parte hanno già affermato sottoscrivendo in tanti una petizione, preferirebbero rientrare in possesso delle proprie colline e, magari pensare allo sfruttamento di altre fonti di energie alternative più consone alle potenzialità della zona quale ad esempio l'energia solare.

BIBLIOGRAFIA

- CARAVITA B. (2001). DIRITTO DELL'AMBIENTE. IL MULINO, BOLOGNA.
- COMITATO NAZIONALE DEL PAESAGGIO. (2002). IMMAGINI DI PARCHI EOLICI NELL'APPENNINO CENTRALE.
- COMITATO NAZIONALE DEL PAESAGGIO. (2002). LA QUESTIONE EOLICA IN ITALIA 2002.
- L SOLE A 360 GRADI (MARZO 2002). "COMPATIBILITA' AMBIENTALE DEGLI IMPIANTI EOLICI", N. 3. ISES ITALIA, ROMA.
- MAGLIA S., SANTOLOCI M. (2002). IL CODICE DELL'AMBIENTE 2002. LA TRIBUNA, PIACENZA.
- MALCEVSKI S. (1991). QUALITA' DI IMPATTO AMBIENTALE. ETAS LIBRI, MILANO.
- MORSELLI L. (2001). ATTI DEI SEMINARI DI RICICLA 2001. MAGGIOLI EDITORE, RIMINI.
- PEPE V. (2002). LO SVILUPPO SOSTENIBILE. LA TRIBUNA, PIACENZA.
- VISMARA R. (2001). PROTEZIONE AMBIENTALE. ESSELIBRI-SIMONE, NAPOLI.

quanto siano impreparati a gestire quel processo di liberalizzazione del settore elettrico voluto in fondo dalla Ue e dal mondo ambientalista"...

La stessa popolazione che continua a sentirsi dare dell'ignorante, però, è a conoscenza della questione dei Certificati Verdi. Dal primo gennaio 2002, infatti, anche in Italia ha avuto inizio lo scambio dei Tgc, *tradeable green certificate* o "certificati verdi" sul Mercato Elettrico nel più vasto ambito della liberalizzazione nazionale delle forniture di energia. Poiché il già citato Decreto Bersani del '99 obbliga tutti i fornitori o gli importatori di energia elettrica a produrre almeno il 2% da fonti rinnovabili o ad acquistare "crediti" da quote eccedenti di energia pulita prodotta da altri operatori, si comprende bene come il contribuire alla riduzione delle emissioni inquinanti in atmosfera, utilizzando fonti di energia rinnovabili, diventi un vero e proprio "titolo azionario", scambiabile sui mercati finanziari. I certificati verdi ottenuti vengono depositati e utilizzati per il libero scambio in una "Borsa Verde": difatti le aziende e le società che dovessero possedere certificazioni maggiori, potranno "vendere" la propria quota in eccesso ad aziende non ancora adeguatesi, secondo il meccanismo di *emission trading* stabilito dal Protocollo di Kyoto.

Dunque un vero e proprio business per le aziende i cui oneri per le installazioni de-

IL DISSESTO IDROGEOLOGICO IN ITALIA

UBERTO CRESCENTI

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA,
UNIVERSITÀ " G. D'ANNUNZIO ", CHIETI

Parole chiave: *dissesto idrogeologico, alluvioni, frane, instabilità versanti, suolo.*

Con il termine "dissesto idrogeologico" si indicano comunemente soprattutto i fenomeni di instabilità dei versanti e le alluvioni, ossia gli eventi più o meno catastrofici che avvengono sulla superficie terrestre, innescati e quindi collegati all'azione delle acque in occasione di eventi meteorici particolarmente intensi.

Questo significato del termine è in linea con la definizione data dal Gndci (Gruppo nazionale difesa catastrofi idrogeologiche) del Cnr, secondo cui per dissesto idrogeologico è da intendere " qualsiasi disordine o situazione di squilibrio che l'acqua produce nel suolo e/o sottosuolo" (Gisotti e Benedini, 2000, pag. 26).

La legge quadro sulla difesa del suolo (L. 183/1989) inserisce nell'ambito del dissesto idrogeologico, anche i fenomeni di subsidenza indotti dall'uomo, le erosioni delle coste e le valanghe.

Di recente, Canuti et alii (2001), con il termine "Geo-hydrological hazards" comprendono oltre alle frane ed alle alluvioni, anche i fenomeni di inquinamento delle falde acquifere.

Va infine ricordato che, da parte dei geomorfologi, si sconsiglia di usare il termine dissesto idrogeologico per indicare le frane, per le quali si preferisce il termine dissesto geomorfologico "dato che si tratta di fenomeni che modificano la superficie terrestre" (Sorriso Valvo, 2000).

Per necessità di chiarezza, in questa mia nota, indico con dissesto idrogeologico, tra gli eventi naturali catastrofici, solo le frane e le alluvioni. Ed è di queste calamità che riferirò.

DATI STORICI

La letteratura specializzata e non solo è ricca di notizie riguardanti i fenomeni di dissesto idrogeologico accaduti nel nostro Paese che, per caratteristiche geologiche, morfologiche e climatiche, è particolarmente soggetto a questi fenomeni.

Di seguito si ricordano le principali fonti di informazione sul dissesto idrogeologico in Italia, ben note agli addetti ai lavori.

La prima raccolta sistematica di dati sulla franosità si deve ad Almagià (1907 e 1910). L'Autore nelle due memorie riferisce in dettaglio sui fenomeni franosi accaduti in Italia tra il 1100 e il 1908.

Il lavoro contiene interessanti riflessioni, nella parte conclusiva del 2° volume, sulle cause e sulle tipologie delle frane.

Nel 1964 il ministero dei Lavori Pubblici pubblica una rassegna sulle frane attive in Italia. Nel 1957 erano noti 1987 movimenti franosi con 783 comuni minacciati; nel 1963 il censimento individua 2685 frane con 1094 comuni interessati.

Dopo l'alluvione dell'Arno (1966) il Governo costituì una commissione, nota come Commissione De Marchi, con il compito di analizzare i problemi relativi alla sistemazione idraulica e difesa del suolo. La Commissione concluse i lavori nel 1970 (Commissione interministeriale, Atti Camera dei Deputati 1970); si prevedeva una spesa di 8.923 miliardi di lire per un trentennio, a fronte di uno stato di dissesto diffuso.

Nel 1973 la Tecneco pubblica la carta della distribuzione delle frane in Italia, in scala 1:2.500.000, in cui si coglie visivamente il grande problema legato a questi fenomeni.

Importante è pure il contributo dell'Ordine nazionale dei geologi (1975), che in un vero e proprio "libro bianco" sulle calamità naturali riferisce sull'inchiesta promossa presso tutti gli 8.051 comuni italiani, per conoscere gli eventuali inconvenienti prodotti dal dissesto idrogeologico. Ben 4.000 comuni lamentavano di essere soggetti a frane o ad alluvione.

La Geotecneco, per conto del ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, pubblica nel 1978 una poderosa opera in ventuno volumi intitolata " Carta della Montagna ". Si tratta di monografie regionali in cui, accanto ad altri argomenti, vengono trattati anche temi

relativi al dissesto idrogeologico.

Nel 1983 l'Istituto per la protezione idrogeologica del Cnr (Torino) pubblica un voluminoso libro sugli eventi alluvionali e le frane accadute nell'Italia settentrionale tra il 1972 e 1974, da cui si rileva la notevole diffusione di tali fenomeni. Di notevole interesse è il contributo di Tropeano e Turconi (1999) sulla valutazione del potenziale detritico in piccoli bacini della Alpi.

Si deve a V. Catenacci (1992) una documentata ed ampia rassegna sul dissesto idrogeologico ed ambientale in Italia, dal dopoguerra al 1990. Per quanto riguarda più propriamente il dissesto idrogeologico (frane, alluvioni e trasporti di massa) l'Autore riferisce che ben 4.568 territori comunali sono stati interessati da questi fenomeni, con 3.488 vittime, tra cui 345 per alluvioni (e trasporti di massa), 2.447 per frane e 696 per dissesti idrogeologici non meglio specificati (frane ed alluvioni), con un ritmo medio di 6,8 morti al mese. Gli eventi più luttuosi sono quelli del Salernitano (1954), Vaiont (1963) e Val di Stava (1985) rispettivamente con 297, 1917 e 269 vittime.

Dal 1970 in poi è da ricordare l'impegno del Cnr che organizza quattro centri di ricerca, gli Irpi (Istituto ricerca protezione idrogeologica) e successivamente crea il Gndci (Gruppo nazionale difesa catastrofi idrogeologiche) a cui partecipano unità operative sparse in tutte le regioni italiane. Sono attività ben note nel mondo della ricerca, come ad esempio il Progetto Avi e il Progetto Scai attraverso i quali si ottengono informazioni puntuali sul dissesto idrogeologico italiano, di cui in varie occasioni riferiscono vari ricercatori.

Numerosi sono ad esempio i contributi di Canuti, responsabile della sezione frane del Gndci, e suoi collaboratori, come si dirà più avanti.

Sempre nell'ambito delle attività del Cnr Guzzetti (2000) pubblica una sintesi dettagliata sulle frane accadute tra il 1279 e 1999 in Italia, cause di vittime e danni. Sono ri-

cordate 840 frane e 10.000 vittime.

Infine, un'ampia documentazione sul dissesto idrogeologico in Italia è fornita da Gisotti e Benedini con un volume specifico pubblicato in varie edizioni. Quella del 2000 è completa di informazioni non solo scientifiche, ma anche storiche e legislative. In appendice sono riportati i dissesti idrogeologici più importanti accaduti in Italia tra il 1103 e il 1999.

Non possiamo concludere questa rapida rassegna storica, senza ricordare l'attività del Servizio Geologico della Regione Emilia e Romagna, che ha pubblicato numerosi lavori sul dissesto idrogeologico della regione spesso in collaborazione con ricercatori universitari, e dell'Irpi-Cnr di Perugia che ha realizzato una ampia documentazione storica su frane ed alluvioni accadute nel secolo scorso in Italia, in particolare con il progetto AVI.

IL DISSESTO IDROGEOLOGICO E LA COMUNITÀ ITALIANA

La breve rassegna storica sopra riportata è sufficiente per testimoniare che i fenomeni calamitosi legati al dissesto idrogeologico in Italia sono assai diffusi come del resto ben noto. Questa situazione ha da tempo sollecitato l'impegno della società che si è realizzato attraverso due itinerari distinti, tra loro comunicanti, ed in particolare attraverso la emanazione di leggi da parte del Governo e attraverso la ricerca scientifica perseguita soprattutto da strutture dello Stato (Università, Cnr, Servizio Geologico d'Italia, ecc.).

Nel primo caso possiamo dire che l'impegno del Governo è stato determinato dall'impatto socio-economico degli eventi calamitosi, nel secondo caso l'impegno della comunità scientifica è stato determinato dal desiderio tipico del ricercatore di conoscere ed approfondire gli argomenti e per fornire un servizio al Paese attraverso i risultati della ricerca.

2A. IMPATTO SOCIO-ECONOMICO

Un primo contributo su questo argomento lo si rileva dall'esame della tabella 1, in cui sono riportati gli eventi calamitosi (frane ed alluvioni) più dannosi accaduti in Italia nella seconda metà del secolo scorso, dal 1950 al 2000 (Catenacci, 1997; Gisotti e Benedini, 2000; Canuti et alii, 2001; Canuti, Casagli e Tarchi, 2001).

I "numeri" delle frane.

Canuti, Casagli e Tarchi (2001) hanno presentato il 30 novembre 2001 presso la Sala del Cenacolo della Camera dei deputati a Roma, in occasione della Giornata di studio sulle "Tecnologie per la mitigazione del rischio idrogeologico" organizzata dal Comitato di parlamentari per l'Innovazione tecnologica e lo Sviluppo sostenibile, una

- **Vittime o dispersi**
10.555 in epoca storica
5.939 nel XX secolo (59,4 per anno)
2.447 nel dopoguerra (54,3 per anno)
- **Stanziameti per rischio di frana:**
33 438 Mld. (1945-1990)
743 Mld/anno (0,6 per mille del P.I.L.)
- **Costo dei danni:**
ca. 2000 Mld/anno
(1,5 per mille del P.I.L.)
- **Centri abitati instabili (L.445/1908)**
1306 dichiarati da consolidare, 323 da trasferire (totale 1629)
- **Aree a rischio:**
8000 aree classificate a rischio elevato (R3) o molto elevato (R4) ai sensi della L.267/1998 (ex DL 180)

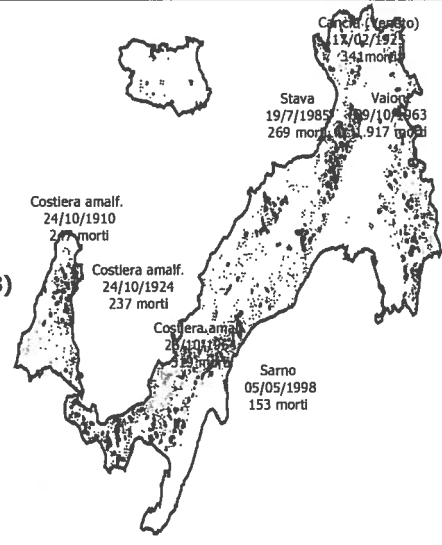


Fig. 1 - I "numeri" delle frane in Italia (da Canuti, Casagli e Tarchi, 2001).

nota sulle nuove tecnologie di allertamento strumentale per la mitigazione del rischio di frana. Nella nota, gli Autori documentano l'impatto socio-economico dei fenomeni franosi in Italia, con dati assai significativi, come si può rilevare dalle figure 1 e 3.

I dati riferiti assumono particolare rilievo se confrontati in un contesto globale (Guzzetti, 2000). Si rileva allora che l'Italia, con una media di 59 vittime all'anno per frana nell'ultimo secolo, risulta al 4° posto nel mondo dopo i Paesi andini, la Cina e il Giappone, con rispettivamente 735, 150 e 130 vittime per anno. A livello di danni, stimato 1-2 miliardi di Euro all'anno, l'Italia è addirittura al 2° posto assieme all'India e Usa, dietro il Giappone, con un rapporto danni/Pil di 1,5 per mille.

I "numeri" delle alluvioni.

Ricercatori dell'Irpi, Cnr di Perugia, ed in particolare Guzzetti (2002) e Guzzetti e Pasuto (2002) hanno riferito sul dissesto idrogeologico in Italia durante il secolo scorso. Dalle loro relazioni si hanno informazioni sia sulle frane, sia sulle alluvioni.

Riferisco di seguito i dati relativi alle alluvioni.

Dal 1900 al 1998 sono stati registrati 23.426 eventi alluvionali che hanno colpito 12.991 località, con una frequenza molto diversificata nello spazio (fig. 4).

La documentazione del Progetto AVI raccolta e fornita dall'Irpi-Cnr di Perugia contiene inoltre, per ogni regione, le località colpite dalle inondazioni.

La figura 5, tratta dall'archivio AVI (B19), illustra la consistenza delle informazioni; si osserva che la maggior parte delle inondazioni sono note per il secolo scorso, soprattutto a partire dagli anni Cinquanta. Ciò ovviamente non significa che tali fenomeni sono aumentati, ma solo che se ne hanno conoscenza storica in rapporto all'aumentato sviluppo antropico sul territorio e delle fonti di informazione.

E' indubbio, per quanto detto, che il dis-

sesto idrogeologico costituisce un problema sociale di notevole importanza. Da qui l'azione dei governi che si sono succeduti nel nostro Paese sin dalla unità d'Italia, con leggi, iniziative e finanziamenti. Per una rassegna sulla legislazione, si rimanda a Gisotti e Benedini (2000).

C'è da tenere conto che dopo il trasferimento alle Regioni, tra il 1970 e il 1977, di funzioni amministrative, si sono succedute anche leggi regionali sulla difesa del suolo. Il quadro legislativo è quindi assai complesso.

Si ricordano, tra le innumerevoli leggi e norme la legge n. 2248 del 20 marzo 1865, che contiene le prime norme sulla difesa del suolo; la legge 183/1989 titolata "Norme per il riassetto organizzativo funzionale per la difesa del suolo" ed infine il D.L. 180/1998, convertito in legge n. 267/1998, emanato dopo i disastri di Sarno e Quindici.

2B. IMPATTO CON LA COMUNITÀ SCIENTIFICA

Il dissesto idrogeologico ha richiamato in Italia l'interesse della comunità scientifica, come si evince dai numerosi gruppi di ricerca che operano nelle Università, nei centri di ricerca del Cnr all'uopo costituiti (Irpi, Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica), nel Servizio Geologico Nazionale, in alcuni Servizi Geologici Regionali.

L'attività di ricerca è ben documentata da innumerevoli pubblicazioni, dai numerosi congressi e convegni sull'argomento, dai risultati dei progetti Cnr curati dal Gruppo nazionale difesa catastrofi idrogeologiche (Gndci).

Significativa al riguardo è la rassegna sulla bibliografia delle frane in Italia, curata da Guida et alii (1979), in cui sono riportate le pubblicazioni apparse dal 1900 al 1978.

L'Accademia Nazionale dei Lincei ha dedicato vari Convegni ai temi della difesa del suolo tra cui ricordo quelli del 1968, 1971, 2001.

Così pure il Gruppo nazionale dei geo-

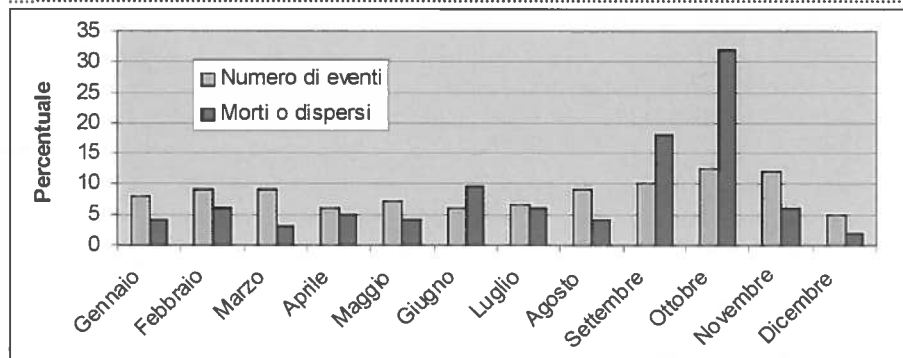


Fig. 2 - Distribuzione dei fenomeni franosi in Italia dal 1419 al 1999, durante i mesi dell'anno (da Canuti, Casagli e Tarchi, 2001).

logi applicati, successivamente confluiti nell'Aiga (Associazione italiana di Geologia applicata e ambientale) si è reso promotore di convegni sull'argomento, dal 1991 al 1998.

Nell'ambito del Gndci del Cnr si sono avuti numerosi incontri sul tema della difesa del suolo dal 1984 in poi; il gruppo inoltre ha varato i progetti Scai e Avi. La banca dati Avi documenta 23.600 eventi franosi e 23.426 eventi alluvionali accaduti nel secolo scorso; tra gli 8.103 comuni 4.528 (55%) lamentano fenomeni franosi e 4.200 (52%) alluvioni.

Non sono da dimenticare i numerosi congressi organizzati dall'Ordine nazionale dei geologi, ben dieci dal 1984 in poi.

Così pure va ricordata l'attività dei ricercatori del Servizio Geologico d'Italia per fornire linee guida per la catalogazione dei fenomeni franosi e per la redazione di carte di pericolosità.

Recentemente è stato varato il progetto Iffi (Inventario fenomeni franosi in Italia) per la realizzazione di un sistema informativo alla scala 1:25.000 relativo a 200.000 fenomeni franosi (Amanti, 2001).

Meritoria, infine, è stata l'attività del Servizio Geologico della Regione Emilia e Romagna, che ha realizzato numerose pubblicazioni e cartografie specialistiche sul problema del dissesto idrogeologico.

Sono pure da ricordare i numerosi contributi di ricerca, con memorie e note sparse, dei ricercatori degli Irpi del Cnr (Torino, Perugia, Cosenza) e delle 40 unità operative che operano nell'ambito del Gndci per lo studio delle frane.

Per la Regione Lazio è bene ricordare il valido contributo nella valutazione del rischio di frana da parte di Prestininzi (2000), mentre per la Campania, una documentazione importante sul dissesto idrogeologico è quella di Vallario (1998), autore pure del volume "Frane e Territorio" (1992).

Queste sintetiche notizie sono sufficienti per comprendere lo sforzo e l'impegno con cui la comunità scientifica ha affrontato l'annoso problema del dissesto idrogeologico. Grazie a questa attività oggi abbiamo acquisito conoscenze approfondite sull'argomento e siamo più preparati a comprendere, prevedere e quindi prevenire gli effetti degli eventi catastrofici.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Questa rapida rassegna sul dissesto idrogeologico in Italia, certamente incompleta, è comunque sufficiente per testimoniare il grave problema degli eventi calamitosi, per quanto riguarda la salvaguardia sia di beni sia della pubblica incolumità. Le numerose ricerche, l'esperienza del passato, i dati raccolti consentono oggi di affrontare il problema della difesa dai dissesti idrogeologici, con nuovi approcci rispetto al passato. E' ormai da tutti accettato il concetto che la migliore difesa dagli eventi calamitosi è la previsione per la prevenzione dei loro effetti. Si dice: bisogna correre davanti alle calamità naturali, non dietro. Questa considerazione significa che è opportuno far prevalere progetti e programmi di prevenzione a quelli di bonifica e consolidamento.

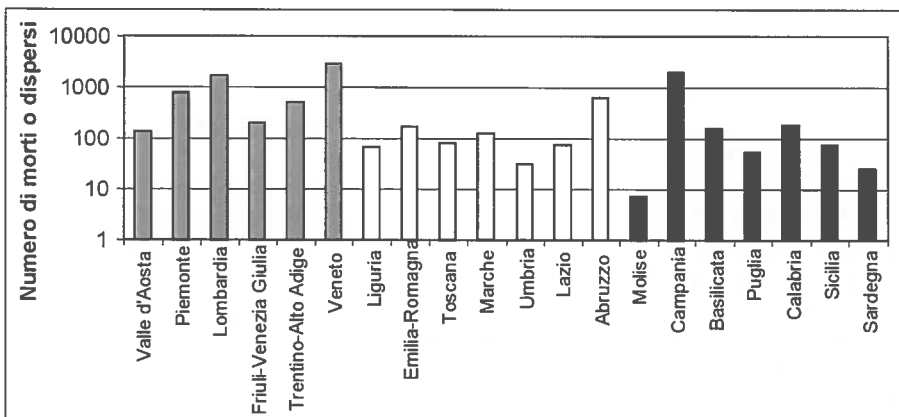


Fig. 3 - Distribuzione dei fenomeni franosi nelle varie regioni dal 1419 al 1999. (da Canuti, Casagli e Tarchi, 2001).

Se in teoria tutti, anche politici ed amministratori, sono d'accordo su questo concetto, in pratica si investe ancora molto di più nel risanamento.

Per dare concretezza a questa mia breve nota ai fini della salvaguardia dagli eventi catastrofici, si riportano di seguito alcune considerazioni che tengono conto delle conoscenze acquisite dalla ricerca scientifica su questo argomento.

IMPORTANZA DELLA INDAGINE STORICA

E' ormai accertato da parte della comunità scientifica che le notizie storiche sono molto utili ai fini della previsione delle aree soggette a frane ed alluvioni. Le frane di nuova generazione sono assai rare, non superano qualche punto percentuale rispetto a quelle che si riattivano. Nella Regione Emilia e Romagna sono meno dell'1% del numero totale di frane accadute dal 1950 alla fine del secolo (Canuti et alii, 1998). Da qui la grande utilità della ricerca storica (si veda ad es. Del Prete et alii, 1991), come di recente anche confermato da Dramis et alii (2001), riferendo sull'evento alluvionale dell'ottobre 2000 in Piemonte occidentale e in Val d'Aosta. Gli autori confermano che "i dissesti tendono a ripetersi di volta in volta negli stessi luoghi e con le stesse modalità". Rilevano comunque la differenza tra fenomeni ad evoluzione lenta e fenomeni ad evoluzione rapida. I primi si riattivano in genere nella stessa posizione, i secondi in posizione diversa pur interessando gli stessi versanti e gli stessi materiali rocciosi.

I MODELLI MATEMATICI

La messa a punto di uno strumento predittivo che, a partire da un ragionevole numero di misure e dati, ci permetta di prevedere il comportamento di un sistema allorquando le condizioni cambino è attualmente la nuova frontiera della ricerca applicata. La matematica, mediante la costruzione di modelli, è lo strumento potente che ci rende agevole l'utilizzo delle leggi della natura e dei dati ricavabili dalla sua osservazione diretta.

Negli ultimi anni, grazie all'enorme sviluppo delle potenzialità di calcolo elettronico, è stato possibile simulare il comportamento di molti fenomeni naturali con tecniche e calcoli numerici sempre più precisi. La modellazione matematica, l'analisi e il calcolo numerico sono pertanto diventati strumenti necessari ed indispensabili per poter studiare le cause e l'evoluzione di un fenomeno naturale.

Gli esempi di applicazione sono innumerevoli, dallo studio della evoluzione di un versante al comportamento sismico di un deposito naturale, dalla previsione di una piena fluviale alla diffusione stazionaria di un inquinante in un acquifero.

Formulare modelli della realtà non è, però, sufficiente per ottenere indicazioni su come intervenire. Infatti dal modello matematico, costituito da insiemi di equazioni, differenziali e non, occorre ricavare il dato numerico con il quale confrontare il dato sperimentale misurato in laboratorio o *in situ*. Ben poche volte nel caso di fenomenologie complesse si hanno a disposizione soluzioni analitiche. Diventa quindi fondamentale l'utilizzo di tecniche numeriche che consentono l'utilizzo del computer come potente ausilio.

Con questa ottica risulta evidente la necessità di possedere una ragionevole dimestichezza con i più importanti strumenti matematici e numerici.

Un altro aspetto molto importante è costituito dal concetto di "esperimento numerico" e di "laboratorio numerico-virtuale". Quando si eseguono delle misure o delle simulazioni in laboratorio si introducono inevitabilmente delle perturbazioni più o meno importanti del sistema reale. L'"esperimento numerico", ovviamente, non presenta questo inconveniente. Di contro, però, non esiste alcuna garanzia che l'esperimento numerico che stiamo svolgendo contenga tutti gli elementi della realtà che stiamo osservando. Pertanto è l'integrazione dei due metodi, quello sperimentale e quello matematico-numerico, che può fornire delle indicazioni realmente utili alle nostre indagini.

I fenomeni naturali possono essere classificati come sistemi dinamici più o meno complessi, e come tali la loro interpretazione si basa su modelli matematici e numerici atti a modellare un sistema dinamico. Le analisi numeriche attualmente più utilizzate riguardano soprattutto il metodo alle differenze finite, agli elementi finiti, agli elementi distinti e ad automi cellulari.

Numerosissime sono le applicazioni software disponibili e su di esse occorre avere un controllo totale per evitare che il risultato finale sia non congruente con la realtà.

L'importanza di tali metodologie appare più evidente soprattutto in chiave di controllo e previsione dell'evoluzione di un dato fenomeno; basti pensare che è quasi possibile prevedere il tempo di collasso di un determinato fenomeno franoso, il tempo di realizzazione di una piena, valutare le diverse intensità di movimento in punti differenti di una stessa frana, ecc.. L'importanza di ciò si riflette soprattutto in chiave di protezione civile, in quanto con tali strumenti è possibile realmente operare in termini di previsione e prevenzione.

I modelli matematici, con l'introduzione di "numeri" nelle indagini geologiche, rispondono anche ad una esigenza professionale da non sottovalutare. Come fece ben rilevare Ippolito (1978, pag. 307) nella relazione "La geologia nella Difesa del Suolo" tenuta proprio a Genova in occasione

del II Congresso nazionale di studi sui problemi della Geologia Applicata (settembre 1971), i geologi "non devono limitarsi a dare pareri generici" ma assumersi le loro responsabilità, se vogliono stabilire una corretta collaborazione con ingegneri. "In altri termini il geologo deve giungere ad una sua verità e tale verità trasfondere nell'animo dell'ingegnere, ricordando, come scriveva Maurice Lugeon nel 1928, che un geologo che parla al condizionale, che cerca di mettersi al sicuro non ha niente da fare in un ambiente di persone concrete come quello degli ingegneri".

IL MONITORAGGIO

Le tecniche di monitoraggio degli eventi naturali vanno sempre più sviluppandosi e perfezionandosi. Così, nell'ambito delle frane, è stato introdotto il controllo dei movimenti in profondità anche mediante la messa a punto di un inclinometro automatizzato, che registra in continuo e autonomamente i movimenti, da parte del Cnr-Irpi di Torino (Lollino et alii, 2002). I dati raccolti vengono inviati automaticamente agli addetti al controllo, tramite modem telefonico o satellitare. Possono così tenersi sotto controllo la velocità e l'accelerazione dei movimenti e allertare così la popolazione in caso di pericolo imminente. Nella nota di Lollino et alii (2002) viene tra l'altro documentata una buona correlazione tra movimenti in profondità e piovosità.

Per quanto riguarda i movimenti superficiali, le tradizionali misure topografiche vengono sempre più sostituite con tecniche più moderne. Così, ad esempio, l'interferometria radar satellitare va ormai diffondendosi per la efficacia e l'accuratezza con cui possono rilevarsi gli spostamenti superficiali nel periodo compreso tra due osservazioni, con previsioni ormai elevate (da centimetriche a millimetriche). Questa tecnica però ha dei limiti per le frane che si attivano lungo i versanti ripidi che sfuggono all'osservazione da satellite. Va comunque perfezionandosi la interferometria radar con sensori a terra (sistema Lisa del Jrc), che consente di misurare spostamenti di versanti in frana in rapida evoluzione (Canuti, Casagli, Tarchi, 2001).

Ulteriori informazioni sulle moderne tecniche di monitoraggio possono ricavarsi consultando i contributi presentati da vari ricercatori in occasione del Convegno dell'Accademia Nazionale dei Lincei, "Il dissesto idrogeologico: inventario e pro-

spettive", Roma, 5 giugno 2001.

A mio avviso, il monitoraggio geologico, avrebbe grandi possibilità di successo, se controllato anche da una capillare presenza di geologi sul territorio. E' il concetto del medico condotto che opera per il controllo della salute pubblica. Il "geologo condotto" che vive con il territorio, ne conosce ogni comportamento in caso di eventi meteorici critici, diventa il controllore privilegiato dei fenomeni calamitosi ed è in grado di allertare al meglio le popolazioni a rischio.

Ogni Comune, o Consorzio di piccoli Comuni, dovrebbe dotarsi di un geologo, magari con il co-finanziamento delle Regioni. Verrebbe così a realizzarsi la partecipazione responsabile delle amministrazioni locali, vere utilizzatrici del territorio, per la difesa del suolo, come suggerito da Benvenuti (1960, si veda Geotecnico, 1978, vol. 1, pag. 203).

IL CONTRIBUTO DELLA RICERCA GEOLOGICA

Credo sia pleonastico ormai affermare l'importanza della ricerca geologica ai fini della previsione delle calamità naturali fin qui considerate, frane ed alluvioni in particolare. Voglio solo ricordare che fenomeni di instabilità di grandi dimensioni, derivanti dalla evoluzione di lenti movimenti su grandi estensioni, sono stati bene studiati soprattutto a partire dal 1980. Mi riferisco alle Deformazioni Gravitative Profonde di Versanti (Dgpv), così diffuse nel nostro Paese ed evidenziate con specifiche ricerche di vari gruppi di ricercatori italiani. Una documentazione di questa attività di ricerca, condotta dal Gruppo informale Dgpv del Cnr, è sinteticamente riportata nel volume curato da Crescenti, Dramis, Prestininzi, Sorriso Valvo (1994). Questi grandi fenomeni legati alla evoluzione geodinamica dei nostri territori, sono da tenere bene in considerazione in una prospettiva futura di pianificazione del territorio, come hanno messo bene in evidenza i numerosi e pregevoli contributi di Guerricchio (2001 con bibliografia).

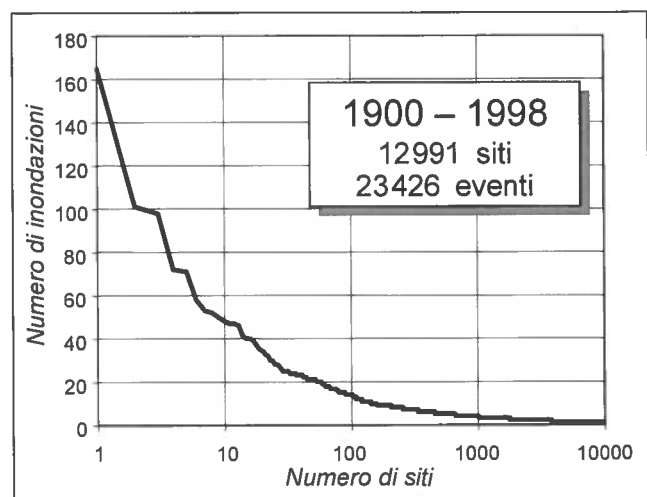


Fig. 4 - Frequenza degli eventi alluvionali in Italia (da Guzzetti 2002, modificata).

		Tipologia A: alluvione B: frane	Morti e dispersi	Senza tetto	Note
POLESINE, 18 novembre	1951	A	100	170.00	52 ponti distrutti
CALABRIA E SICILIA	1951			0	
CALABRIA	1953	A-F	105	65.000	2.330 case danneggiate
COSTIERA AMALFITANA	1954				
VAIONT	1963	A-F	100	3.500	4.000 case danneggiate
FIRENZE	1966	A-F	319	--	
GENOVA	1970	F	1917	--	
ANCONA	1982	A-F	96	20.000	6 frazioni distrutte
STAVA	1985	A	35	1.000	
VAL DI POCA	1987	F	--	3.000	
PIEMONTE	1994	A-F	269	--	Numerosi edifici inagibili
SARNO E QUINDICI	1998	A-F	40	19.500	
SOVERATO	2000	A-F	70	2.226	
TOSCANA E LIGURIA	2000	A-F	153	1.500	
ITALIA NORD- OCCIDENTALE	2000	A	12		10 ponti distrutti
		A	29	1.500	
		A-F	29	29.000	
					5.000 miliardi di danni

Tab. 1 - Maggiori eventi calamitosi accaduti in Italia tra il 1950 e il 2000.

C'è da osservare che la conoscenza geologica del territorio, se non sviluppata in un contesto applicativo, non ha incisività nei confronti della previsione dei fenomeni calamitosi. Mi riferisco in particolare al progetto Carg che, varato in Italia da oltre un decennio per realizzare la nuova cartografia geologica di base, non ha prodotto ricadute sul territorio in chiave di prevenzione. E' necessario che il progetto sia completato con cartografie tematiche di facile utilizzo.

A proposito di cartografia tematica desidero sottolineare come essa sia importante se rivolta non solo agli addetti ai lavori, ma sia facilmente fruibile da esperti di pianificazione del territorio, da amministratori e politici. Il mondo accademico spesso non si pone questo problema e realizza documenti che, sia pure nel rispetto del rigore scientifico, non sono di semplice ed immediato utilizzo da parte di altri. Un esempio per meglio chiarire il concetto.

Nella valutazione del rischio di frana si adottano termini definiti dalla letteratura specializzata internazionale (si veda Canuti e Casagli, 1994). Si può così notare che il termine pericolosità corrisponde alla probabilità di accadimento di un evento franoso di determinata intensità in un certo intervallo di tempo. Ho già espresso le mie perplessità (Crescenti, 1998) sulla opportunità di una tale definizione, soprattutto perché tra i non addetti ai lavori "il termine pericolosità è istintivamente collegato al pericolo effettivo, che non deriva solo dalla probabilità di accadimento di un fenomeno franoso, ma anche dalla sua intensità". Non è facile far comprendere che, come avviene con la precedente definizione, si possono realizzare carte di pericolosità per vari tipi di frana, a chi non ha dimestichezza con le frane. Per questo ho proposto una diversa definizione di pericolosità che tiene conto sia della probabilità di accadimento di un fenomeno franoso sia della relativa intensità. Il percorso

per la valutazione del rischio di frana è sintetizzato nella figura 6. Con questo percorso le carte di pericolosità costituiscono il documento essenziale per la pianificazione del territorio, e cioè per il suo sviluppo futuro, in quanto indicano chiaramente, in un unico documento, il pericolo più o meno effettivo. Le carte di rischio conservano la loro efficacia come documento per la gestione dell'attuale, e quindi sono rivolte al presente.

IL BUON SENSO

Termino questa nota, con un invito al buon senso per quanti operano nel complesso mondo della difesa dalle catastrofi idrogeologiche. Anche in questo caso credo che questo invito può meglio esplicitarsi con un esempio.

Il 12 dicembre 1982, lungo il versante adriatico marchigiano che da Ancona conduce a Falconara, si verificò un grandioso fenomeno franoso che coinvolse la litoranea tra queste due città per oltre 1.700 metri, ed il retrostante versante del Montagnolo per

circa 1.100 metri. Furono irrimediabilmente danneggiati due ospedali, la facoltà di Medicina della Università di Ancona, 800 abitazioni che coinvolsero circa 3000 famiglie; danni alla rete viaria e ferroviaria e alle strutture di servizio (metanodotto, acquedotto). Ebbi modo di occuparmi del fenomeno, con un programma di ricerca finanziato dal Cnr, che impegnò oltre 40 ricercatori, con il coordinamento di una Commissione di esperti. I risultati delle ricerche furono pubblicati in varie occasioni; ricordo solo Crescenti et alii (1983) e Autori Vari (1985).

La frana di Ancona risultò inequivocabilmente corrispondere ad un fenomeno molto antico, profondo, di tipo roto-traslattivo, riattivatosi nel 1982. Le cause legate alle caratteristiche geologiche e morfologiche del versante, alla sua storia geologica, alla sismicità, ai caratteri climatici, non consigliavano interventi massicci per il consolidamento del versante.

La figura 7 sintetizza le caratteristiche peculiari della frana. C'è da ricordare che dati successivi testimoniarono la presenza, nell'ambito delle trincee indicate con T2, di depositi continentali e lacustri dello spessore di oltre 50 metri. Questa trincea, che documenta lo sprofondamento di questa porzione di versante, per accogliere tale spessore di materiali è evidentemente stata attiva per varie migliaia di anni, almeno 4 - 5 mila anni. Inoltre, la sismicità dell'area anconetana, con componenti trasformati, è stata certamente parte attiva nella evoluzione del versante.

Di fronte a questa situazione, la Commissione del Cnr (R. Cassinis, U. Crescenti, M. Cuniatti, F. Esu, A. Praturlon), concluse i lavori raccomandando le Amministrazioni di non utilizzare più l'area a fini urbanistici per lo sviluppo edilizio della città e di procedere a interventi di bonifica superficiali poco costosi (Autori Vari, 1986).

Successivamente però, numerose altre indagini furono commissionate dalle Ammi-

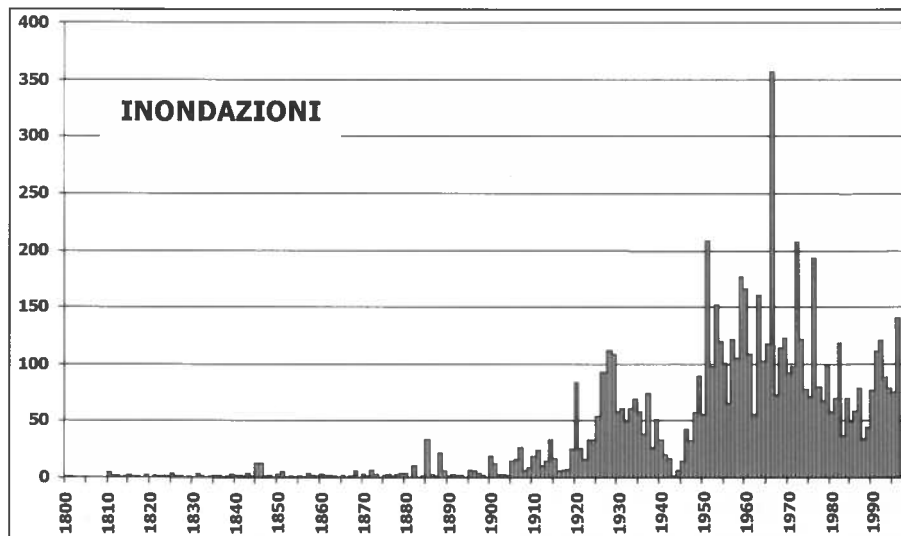


Fig. 5 - Consistenza attuale dell'archivio AVI (CNR - IRPI Perugia), con circa 7500 records distribuiti in modo non uniforme nel tempo.

nistrazioni locali; furono avviati progetti e programmi di consolidamento con importi di qualche migliaio di miliardi di lire.

Allora il buon senso: si può fermare una frana millenaria, con periodi di ritorno secolari, legata anche alla sismicità locale? Ma, si è detto, in Italia prevalgono programmi di intervento di consolidamento a quelli di prevenzione, ben più efficaci ma molto meno onerosi.

BIBLIOGRAFIA

ALMAGIA R., 1907 - STUDI GEOGRAFICI SULLE FRANE. MEMORIE SOCIETÀ GEOGRAFICA ITALIANA, V. 13, ROMA

ALMAGIA R., 1910 - STUDI GEOGRAFICI SULLE FRANE. MEMORIE SOCIETÀ GEOGRAFICA ITALIANA, V. 14, ROMA

AMANTI M., 2001 - IL PROGETTO IFFI - INVENTARIO FENOMENI FRANOSI IN ITALIA. ATTI X CONGRESSO NAZIONALE DEI GEOLOGI, 7-10 DIC. 2000, ROMA.

AUTORI VARI, 1986 - LA GRANDE FRANA DI ANCONA DEL 13 DICEMBRE 1982. STUDI GEOLOGICI CAMERTI, VOL. SPECIALE, CAMERINO

BENVENUTI V., (1969) - RELAZIONE SUGLI ASPETTI GIURIDICI. IN: ATTI CONV. NAZ. "PARTECIPAZIONE ED EFFICIENZA NELLA COSTRUZIONE DELLE STRUTTURE POLITICO-AMMINISTRATIVE REGIONALI E LOCALI", PAVIA.

CANUTI P., CASAGLI N., 1996 - CONSIDERAZIONI SULLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI FRANA. IN: "FENOMENI FRANOSI E CENTRI ABITATI". REGIONE EMILIA E ROMAGNA. CNR-GNDC, PUBBL. N. 846, FIRENZE

CANUTI P., CASAGLI N., GENEVOIS R., BERTOLINI G., DE NARDO M.T., PIGNONE R., PIZZIOLLO M., MAINETTI M., 1998 - CARTOGRAFIA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA AI FINI DI PROTEZIONE CIVILE. REGIONE EMILIA E ROMAGNA. SERVIZIO CARTOGRAFICO E GEOLOGICO - SERVIZIO PROTEZIONE CIVILE - BOLOGNA

CANUTI P., CASAGLI N., PELLEGRINI M., TOSATTI G., 2001 - GEO-HYDROLOGICAL HAZARDS. VAI-MARTINI EDS. - ANATOMY OF AN OROGEN: THE APENNINES AND ADJACENT MEDITERRANEAN BASINS. KLUWER ACC. PUB. DORDRECHT, OLANDA

CANUTI P., CASAGLI N., TARCHI D., 2001 - LE NUOVE TECNOLOGIE DI ALLERTAMENTO STRUMENTALE PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO DI FRANA. DOSSIER XIV LEGISLATURA. GIORNATA DI STUDIO SULLE TECNOLOGIE PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO. ROMA

CATENACCI E., 1992 - IL DISSESTO GEOLOGICO E GEOAMBIENTALE IN ITALIA DAL DOPOGUERRA AL 1990. MEMORIE DESCRITTIVE CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, V. 47, ROMA

COMMISSIONE INTERMINISTERIALE PER LO STUDIO DELLA SISTEMAZIONE IDRAULICA E DELLA DIFESA DEL SUOLO (COMMISSIONE DE MARCHI), 1970 E 1974 - ATTI DELLA COMMISSIONE. VOL. I, II, III E IV, ROMA

CRESCENTI U., 1998 - IL RISCHIO DI FRANA: APPUNTI PER LA VALUTAZIONE. QUADERNI DI GEOLOGIA APPLICATA, VOL. 5(2), ED. PIATAGORA, BOLOGNA

CRESCENTI U., CIANCETTI G., COLTORTI M., DRAMIS F., GENTILI B.,

MELIDORO G., NANNI T., PAMBIANCHI G., RAINONE M.L., SEMENZA E., SORRISO VALVO M., TAZIOLI G.S., VIVALDA P., 1983 - LA GRANDE FRANA DI ANCONA DEL 1982. ATTI XV CONVEGNO NAZIONALE DI GEOTECNICA (SPOLETO, 4 - 6 MAGGIO 1983)

CRESCENTI U., DRAMIS F., PRESTININZI A., SORRISO VALVO M., 1994 - DEEP-SEA-TED GRAVITATIONAL SLOPE DEFORMATIONS AND LARGE-SCALE LANDSLIDES IN ITALY. DIP. SCIENZE, STORIA ARCHITETTURA E RESTAURO, PESCARA, SPECIAL VOLUME FOR THE INTERNATIONAL CONGRESS IAEG, LISBONA (SEPT.1994)

DRAMIS F., TROPEANO D., TURCONI L., 2001 - L'EVENTO ALLUVIONALE DELL'OTTOBRE 2000 IN PIEMONTE OCCIDENTALE E VAL D'AOSTA: IL CONTESTO GEOMORFOLOGICO. ACC. NAZ. Lincei, CONVEGNO 5.06.2001, ROMA (ABSTRACT)

DEL PRETE M., GOSTELOW T.P., PININSKA J., 1991 - THE IMPORTANCE OF HISTORICAL OBSERVATION IN THE STUDY OF CLIMATICALLY CONTROLLED MASS MOVEMENT ON NATURAL SLOPES, WITH EXAMPLES FROM ITALY, POLAND AND U.K.. 6TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LANDSLIDES, CHRISTCHURCH, NEW ZEALAND

GEOTECNECO, 1978 - CARTA DELLA MONTAGNA. VOL. I-XX, URBINO

GISOTTI G., BENEDINI M., 2000 - IL DISSESTO IDROGEOLOGICO. PREVISIONE, PREVENZIONE E MITIGAZIONE DEL RISCHIO. SCIENZE E TECNICA, CAROCCI ED., ROMA

GUERRICCHIO A., 2001 - LA FRAGILITÀ DEL TERRITORIO DELL'ITALIA CENTRO-MERIDIONALE DESUMIBILE DA IMMAGINI DA SATELLITE. ATTI X CONGRESSO NAZIONALE GEOLOGI, 7-10 DICEMBRE 2000, ROMA

GUERRICCHIO A., ZIMMAREO, 2001 - IL MONITORAGGIO SATELLITARE Gps DI ELEVATA PRECISIONE APPLICATO ALLE DEFORMAZIONI GRAVITATIVE: I CASI DI VERBICARO E S. LUCIDO (COSENZA, CALABRIA TIRRENICA). ATTI X CONGRESSO NAZIONALE GEOLOGI, 7-10 DICEMBRE 2000, ROMA

GUIDA M., IACCARINO G., METCALF G., VALLARIO A., 1979 - BIBLIOGRAFIA DELLE FRANE IN ITALIA DAL 1900 AL 1978. C.N.R., IT ISSN 0085-2309, V. 40, ROMA

GUZZETTI F., 2000 - LANDSLIDE FATALITIES AND THE EVALUATION OF LANDSLIDE RISK IN ITALY. ENG. GEOL., V. 58(2), ELSEVIER SCIENCE, OLANDA

GUZZETTI F., 2002 - SICI AN INFORMATION SYSTEM ON HISTORICAL AND FLOODS IN ITALY. CUNY - JOHN JAY COLLEGE OF CRIMINAL JUSTICE, URBAN HAZARDS FORUM, NEW YORK, 22-24 JANUARY 2001

GUZZETTI F. E PASUTO A., 2002 - RIVERS AND GEO-HYDROLOGICAL HAZARDS AND RISK IN ITALY. CONFERENCE ON SEDIMENT DISASTER PREVENTION TECHNOLOGY, TOKIO, 8 APRIL 2002

IPPOLITO F., 1978 - LA GEOLOGIA NELLA DIFESA DEL SUOLO. IN "SAGGI DI GEOLOGIA E GEOLOGIA ECONOMICA". LIGUORI ED., NAPOLI

IRPI, TORINO, C.N.R., 1983 - EVENTI ALLUVIONALI E FRANE NELL'ITALIA SETTENTRIONALE (PERIODO 1972-1974). BOLL. ASSOC. MIN. SUBALPINA, TORINO

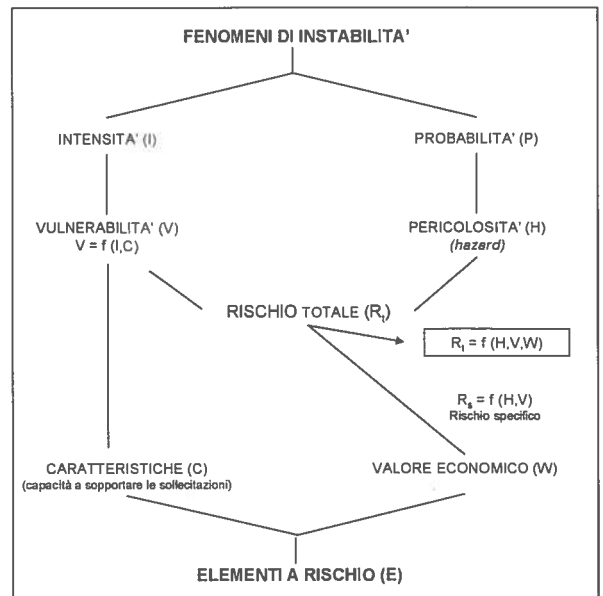


Fig. 6 - Proposta di percorso per la valutazione del rischio di frana (da Crescenti 1998).

LOLLINO G., ARATTANO A., LAZZARI M., TROISI C., 2002 - LANDSLIDE CONTROL THROUGH RAINFALL MONITORING AND AN AUTOMATED INCLINOMETER SYSTEM. 1ST EUROPEAN CONFERENCE ON LANDSLIDE, 24-26 JUNE 2002 - PRAGA

MINISTERO DEL LAVORI PUBBLICI, 1964 - I MOVIMENTI FRANOSI IN ITALIA. ROMA

ORDINE NAZIONALE DEI GEOLOGI, 1975 - LA VERITÀ SUL TERRITORIO. BOLL. MENS. INFOR.. ORDINE NAZIONALE DEI GEOLOGI, VOL. 4, ROMA

PRESTININZI A., 2000 - LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI FRANA: METODOLOGIE E APPLICAZIONI AL TERRITORIO DELLA REGIONE LAZIO. DIP. SCIENZE DELLA TERRA. UNIVERSITÀ "LA SAPIENZA", ROMA

REGIONE EMILIA - ROMAGNA, 1999 - I NUMERI DELLE FRANE. DIREZIONE GENERALE SISTEMI INFORMATIVI E TELEMATICA, SERVIZIO CARTOGRAFICO E GEOLOGICO, BOLOGNA

SORRISO VALVO M., 2000 - I SISTEMI DI MONITORAGGIO PER LE ATTIVITÀ DI PREVISIONE E PREVENZIONE. ATTI CONVEGNO 28.02.2000, FRANE E ALLUVIONI IN CALABRIA, UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA, COSENZA

TECNECO, 1973 - PRIMA RELAZIONE SULLA SITUAZIONE AMBIENTALE DEL PAESE. ED. C. COLOMBO, ROMA

TROPEANO D., TURCONI L., 1999 - VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DETRITICO IN PICCOLI BACINI DELLE ALPI OCCIDENTALI E CENTRALI. C.N.R., IRPI TORINO, PUBBL. N. 2058 DEL G.N.D.C.I., TORINO

VALLARIO A., 1992 - FRANE E TERRITORIO. LIGUORI EDITORE, NAPOLI

VALLARIO A., 1998 - IL DISSESTO IDROGEOLOGICO IN CAMPANIA. GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, V. 3, SIGEA, ROMA

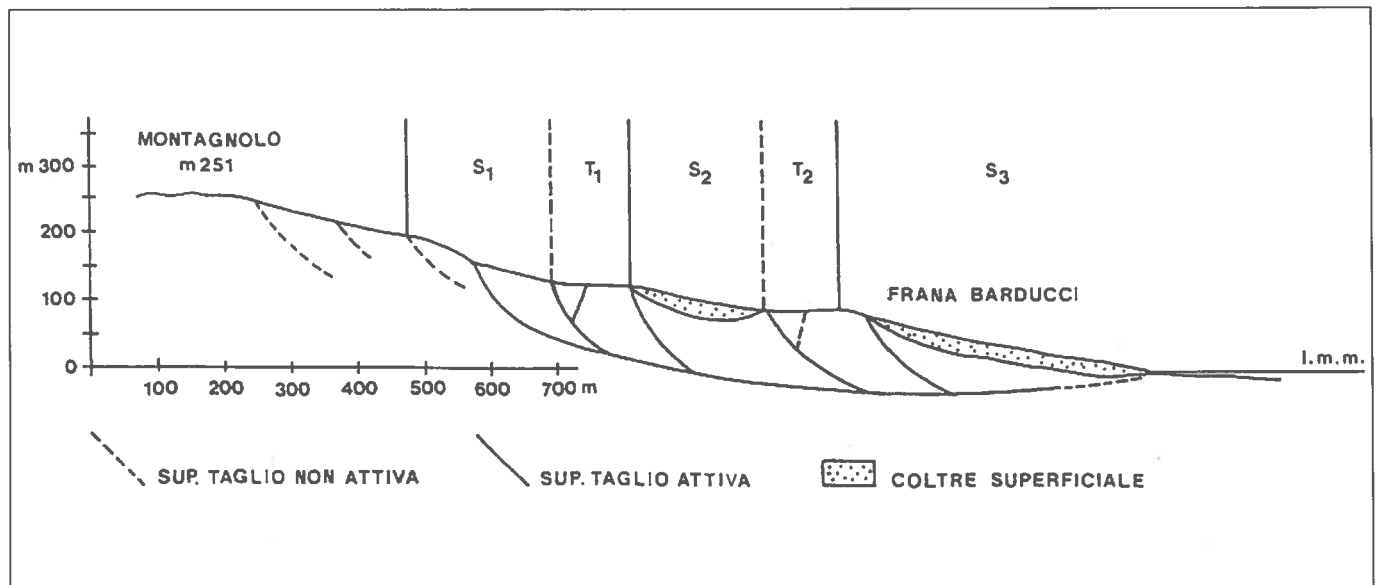


Fig. 7 - Profilo del versante del Montagnolo e caratteristiche geometriche della frana di Ancona del dicembre 1982. La successione scarpata-trincea (S1T1, S2T2) è mascherata dalla coltre franosa superficiale in corrispondenza della frana Barducci (Autori Vari 1986 pag.145).

VINCENZO FERRARA
ENEA
PROGETTO SPECIALE CLIMA GLOBALE

CAMBIAMENTI CLIMATICI. EVOLUZIONE, IMPATTI E STRATEGIE DI RISPOSTA

Parole chiave: *clima, effetto serra, equilibrio, impatto ambientale, feed-back.*

GENERALITÀ SULLE PROBLEMATICHE DEL CLIMA

Le problematiche complessive sul tema del clima globale e dei cambiamenti climatici, in relazione alle possibili interferenze provocate dalle attività umane, possono essere suddivise in tre aspetti fondamentali:

- un aspetto di ricerca scientifica sul sistema climatico e sulle complesse interrelazioni fra le varie componenti del sistema climatico al fine di capirne meccanismi e processi, analizzarne gli andamenti attuali e passati e prevederne le possibili variazioni future a seguito di cause antropogeniche o comunque non naturali;
- un aspetto di analisi e di valutazione di impatto ambientale e socio economico a seguito di ipotetici cambiamenti climatici o di scenari climatici plausibili in base alle conoscenze scientifiche attuali, per capire quali potrebbero essere le conseguenze aspettate o prevedibili sull'ambiente naturale ed antropico, nonché sul benessere socio economico e sanitario delle popolazioni mondiali (a grande scala) a seguito delle ipotizzate variazioni climatiche globali;
- un aspetto di natura tecnico-politica

per studiare e mettere a punto idonee tecnologie industriali, produttive e di protezione ambientale e, parallelamente, per individuare le più idonee strategie di sviluppo socio economico e di gestione dell'ambiente globale al fine di prevenire e contrastare eventuali variazioni climatiche e/o di mitigare le prevedibili conseguenze derivanti dai cambiamenti climatici.

La possibile minaccia di un cambiamento climatico globale nasce dalla osservazione di alcuni sintomi di una malattia del pianeta che è la crescita dell'effetto serra, ovvero del sommarsi di un effetto serra "non naturale" provocato dalle attività umane, all'effetto serra "naturale" dovuto alla presenza stessa dell'atmosfera (se non ci fosse l'atmosfera la temperatura media del nostro pianeta sarebbe di ben 19 °C sotto zero, mentre in realtà è di 15 °C sopra lo zero). L'aumento dell'effetto serra "non naturale" è collegato all'aumento di concentrazione in atmosfera di gas e composti provenienti dalle attività umane, alcuni dei quali sono chiaramente identificabili perché non esistenti in natura (come per esempio i clorofluorocarburi) ed altri che si sommano, invece, a quelli già esistenti in natura (come per esempio l'anidride carbonica).

Le attività umane stanno cambiando le capacità termiche dell'atmosfera, del suolo ed anche degli oceani, introducendo fattori di perturbazione energetica capaci di spostare l'equilibrio naturale esistente e le naturali fluttuazioni di questo equilibrio. In altre parole, le attività umane stanno generando un effetto serra aggiuntivo a quello naturale, che tende a spostare tutti gli equilibri del sistema climatico.

I principali sintomi di questa interferenza sono di due tipi: sintomi direttamente collegabili alle attività umane, più evidenti a partire dall'inizio dell'era industriale (collocabile attorno al 1800) fino ad oggi quali la crescente emissione in atmosfera di gas ad effetto serra, e sintomi desumibili indirettamente in base ai risultati delle osservazioni sperimentali sul clima globale, quali gli andamenti e le variazioni climatiche che finora sono state misurate e studiate.

Gli andamenti attualmente osservati nello sviluppo economico, nella crescita della popolazione, nell'uso dell'energia e delle risorse naturali, sono tali che, se non intervengono nel prossimo futuro azioni di inversione di queste tendenze, l'equilibrio del sistema climatico è destinato a cambiare in tempi relativamente brevi rispetto alle naturali variazioni. La preoccupazione mag-

giore, infatti, non riguarda tanto il fatto che il clima possa cambiare a causa delle attività umane, quanto, invece, i tempi entro cui i temuti cambiamenti climatici possano avvenire: tempi troppo ristretti perché gli ecosistemi viventi e l'ambiente, compreso l'ambiente antropico, possano naturalmente adattarsi a tali cambiamenti.

CHE COS'È IL CLIMA E COME SI STUDIA LA SUA EVOLUZIONE

Per "clima" normalmente si intende l'andamento medio (su lunghi periodi di tempo: almeno 25 anni) delle condizioni del tempo (atmosferico) e dei fenomeni meteorologici in relazione a caratteristiche geografiche, umane o naturalistiche, cioè si considerano essenzialmente gli aspetti, che riguardano l'atmosfera, correlati con le relative conseguenze sul benessere fisiologico dell'uomo o sullo stato del suolo oppure sulle prevalenti tipologie vegetazionali (esempi tipici sono costituiti dalle numerosissime classificazioni climatiche reperibili in letteratura, che considerano, appunto tali aspetti: per esempio clima marittimo e continentale, clima subtropicale, clima arido o desertico, della tundra o della savana, clima temperato caldo o freddo, ecc.).

Storicamente, infatti, sono stati i geografi ed i naturalisti a studiare per primi il clima, in termini di correlazioni statistiche meteorologiche, come causa fondamentale della diversificazione degli ambienti locali e territoriali osservati e come elemento di definizione e di classificazione geografica e naturalistica. In questo contesto, il clima viene inteso come causa e non anche come effetto dell'ambiente e della natura circostante, compresa la componente umana, ritenendo irrilevanti le influenze e le retroazioni sul clima, sia dell'ambiente (naturale ed umano), sia della natura del territorio.

Nella tradizione popolare e nell'opinione pubblica, inoltre, c'è spesso una certa difficoltà a distinguere esattamente la meteorologia dalla climatologia, confondendo non di rado condizioni meteorologiche, di solito persistenti, con situazioni climatiche, oppure confondendo le anomalie meteorologiche con cambiamenti climatici. L'enfasi e le interpretazioni allarmistiche di cambiamento climatico che i *mass media* danno ogni volta che accade un cambiamento meteorologico stagionalmente atipico, ne sono una evidente dimostrazione.

In realtà, il clima è lo stato di equilibrio energetico tra il flusso totale di energia entrante sul nostro pianeta, che è quasi totalmente l'energia solare, ed il flusso totale di energia uscente dal nostro pianeta, che è in parte radiazione solare riflessa dall'atmosfera, dal suolo e dalle nubi, ed in parte energia emessa o irraggiata dalla terra nel suo insieme. Se l'energia entrante cambia

(per esempio per variazioni dell'energia solare, per la precessione degli equinozi, per le variazioni dell'eccentricità dell'orbita terrestre, ecc), cambia il bilancio energetico sul nostro pianeta e, quindi, cambia il clima. Se cambia l'assetto delle terre emerse e dei mari (deriva dei continenti), lo stato e la rugosità della superficie terrestre, lo stato e i grandi movimenti degli oceani, ecc., cambia il bilancio energetico del nostro pianeta e, quindi anche il clima. La paleoclimatologia e la geologia, cercando di ricostruire la storia della terra, si preoccupano di capire proprio questo.

Il nostro pianeta è in pratica una enorme macchina termica che assorbe energia dal sole, la trasforma e la rielabora in varie forme e, poi, riemette nello spazio l'energia solare non utilizzata e i residui energetici degradati. Questa enorme macchina termica è il sistema climatico costituito dalle seguenti componenti: atmosfera, oceano, biosfera (inclusa la vegetazione, la biomassa e gli ecosistemi terrestri e marini) e geosfera (inclusa la criosfera ed i sistemi idrogeologici continentali).

Tali componenti interagiscono incessantemente fra loro scambiandosi flussi di calore, flussi di energia, e flussi di materia. Le interazioni fra le componenti sono favorite da alcuni cicli fondamentali che esistono in natura: soprattutto il ciclo dell'acqua ed il ciclo del carbonio, ma non meno importanti sono altri cicli quali quello dell'azoto e di altri composti minoritari tra cui lo zolfo e gli aerosol.

L'energia assorbita e trasferita da una componente all'altra si manifesta come movimenti degli oceani e dell'atmosfera e relativi fenomeni meteorologici, come biomassa ed energia biochimica negli ecosistemi e negli esseri viventi, come formazione e trasformazione dei suoli, delle rocce e dei sedimenti, ecc. I gas presenti nell'atmosfera, come il vapor d'acqua, l'anidride carbonica (ed altri gas atmosferici presenti in concentrazioni più basse), sono degli ottimi assorbitori di energia termica e mantengono il nostro pianeta ad una temperatura media pressoché costante (circa 15 °C), un evento questo di fondamentale importanza per permettere lo sviluppo e l'evoluzione della vita sulla terra, come attualmente la conosciamo.

Dunque, il clima è semplicemente il risultato dell'equilibrio energetico che si stabilisce nel sistema complesso atmosfera/oceano/biosfera/geosfera, dove complesso non significa complicato ma significa più precisamente un sistema dove non ci sono solo fenomeni di causa-effetto, ma anche fenomeni di retroazione (o di *feed-back*) tra effetti e cause che li hanno generati.

La coesistenza di processi a catena aperta di causa-effetto (processi detti lineari) e di processi di *feed-back* che sono, invece, a catena chiusa o in sequenze di ca-

tene che in vario modo si richiudono su se stesse (e perciò detti non-lineari), rendono lo studio di questo sistema particolarmente difficile, soprattutto se si vuole capire come possa evolvere il suo equilibrio complessivo a fronte di una causa di perturbazione, quale potrebbe essere per esempio l'azione delle attività umane sul sistema climatico e le conseguenze di tale azione in termini di cambiamenti climatici.

Nei sistemi complessi, infatti, piccole cause, o addirittura cause ritenute assolutamente trascurabili, possono innescare effetti enormi ed inimmaginabili dovuti a certi meccanismi di amplificazione esistenti nei processi non-lineari di *feed-back* e, viceversa, cause che all'apparenza possono sembrare catastrofiche si possono risolvere, invece, con effetti finali trascurabili se i meccanismi di *feed-back* sono di tipo omeostatico, cioè tendono ad annullare le cause di squilibrio.

Analizzare gli andamenti del clima e prevederne la sua futura evoluzione è un compito alquanto difficile anche per un altro motivo: non conosciamo ancora in modo sufficiente molti processi e, addirittura, sono ancora del tutto sconosciuti i comportamenti di alcuni meccanismi di *feed-back*. Inoltre, ci mancano pure adeguati strumenti per studiare a fondo i problemi. Per esempio occorrono calcolatori con enormi potenze di calcolo per poter descrivere e tenere sotto controllo tutti i processi che avvengono nel sistema climatico e tutte le loro interrelazioni e questa, attualmente, è già una grossa limitazione nello studio del clima.

Ma non sono del tutto sufficienti neanche gli strumenti matematici di rappresentazione della realtà. Per esempio le equazioni matematiche, che si impostano sulla base delle leggi della fisica, descrivono bene i fenomeni di causa-effetto, ma non i fenomeni non-lineari di *feed-back* e, pertanto, i modelli matematici che tentano di descrivere la complessità della realtà e prevederne l'evoluzione futura devono ricorrere spesso a complicatissimi algoritmi di difficile soluzione, oppure a semplificazioni che, quantunque ragionevoli, portano poi a risultati non sempre attendibili.

Per le previsioni del tempo (a breve termine) il discorso è diverso, perché non sono coinvolte tutte le componenti del sistema climatico, ma solo una: l'atmosfera. Prevedere il tempo, ovvero la situazione dello stato futuro dell'atmosfera ad un determinato istante, richiede una conoscenza dettagliata dell'atmosfera all'istante precedente, cioè le condizioni successive dipendono da quelle precedenti: c'è insomma da risolvere solo un problema di causa-effetto, ma non di *feed-back* (almeno fintanto che il *feed-back* può essere considerato trascurabile).

Infatti, questa dipendenza può essere

considerata un processo lineare di causa-effetto solo se la catena che collega gli istanti successivi con quelli precedenti non è più lunga di circa una decina di giorni o al massimo due settimane. Allo stato attuale delle conoscenze, previsioni del tempo che abbiano una certa attendibilità non si estendono mai, nella migliore delle ipotesi, oltre una decina di giorni circa, proprio a causa dei *feed-back* non lineari che provengono dalle altre componenti del sistema climatico. Per estendere le previsioni, attualmente si sta cercando di accoppiare ai modelli meteorologici, i modelli oceanografici, poiché l'oceano si evolve più lentamente e può fornire gli opportuni *feed-back* per estendere le previsioni. La cosa sta funzionando sufficientemente bene per quanto riguarda il fenomeno di El Nino (che ora si prevede con molti mesi di anticipo), ma non funziona ancora sul Mediterraneo.

Se, poi, la previsione deve estendersi su lunghi periodi (molti mesi, ma soprattutto anni o molte decine di anni), come è appunto nel caso climatico, gli scambi di energia, di quantità di moto, di acqua, vapor d'acqua e composti chimici, ecc. fra l'atmosfera e le varie componenti del sistema climatico, diventano i fattori essenziali degli andamenti del clima e, dunque, tali andamenti possono essere individuati solo se si riescono a descrivere complessivamente tutte le componenti del sistema climatico, accoppiandole opportunamente fra di loro. Infatti, le interazioni fra le varie componenti ed i tempi, entro cui avvengono tali interazioni, condizionano pesantemente processi e fenomeni climatici.

Per esempio, nella interazione tra atmosfera ed oceano, la grande capacità termica degli oceani è un fattore di stabilizzazione per moderare la variabilità stagionale del clima. Viceversa, nella interazione tra oceano ed atmosfera, le variazioni della distribuzione delle temperature superficiali delle acque marine sono fattori che inducono una variabilità climatica su scale di tempo diverse dal ciclo stagionale e che si estendono su scale di tempo dell'ordine di anni o di decenni.

Inoltre, le variazioni della circolazione delle acque oceaniche sono causa di innescamento di variazione e variabilità climatica che si estende su periodi di tempo che vanno da qualche anno fino a molte migliaia di anni. A causa di questi lunghi e lunghissimi tempi dell'interazione oceanica, il clima futuro dipende non solo dalle condizioni oceaniche che si osservano oggi, ma anche dalle condizioni oceaniche del passato, un passato che può andare anche molto indietro nel tempo.

Qualcosa di analogo accade nell'interazione tra geosfera ed atmosfera. Il suolo e la copertura vegetale (che influenzano l'albedo, gli equilibri idrologici, i cicli biogeochimici), così come la distribuzione e la consi-

stenza dei ghiacciai e delle calotte polari, che sono la conseguenza dei climi del passato, sono fattori che oltre a influenzare il clima attuale, condizionano il clima del futuro.

Lo studio degli andamenti paleoclimatici (studi la cui importanza si sta rivelando sempre più cruciale per analizzare il clima attuale e prevedere quello futuro), ha mostrato che il clima può variare in modo continuo e più o meno regolare a causa di fattori esterni al sistema climatico (per esempio con le variazioni dell'orbita terrestre e dell'eccentricità dell'orbita), ma ha mostrato anche che talvolta il clima cambia in maniera apparentemente caotica a causa di fattori interni al sistema.

Alcune di tali variazioni sono avvenute in tempi molto lunghi (migliaia di anni), altre in tempi molto brevi (decine e centinaia di anni), tanto che è difficile stabilire, dalle attuali conoscenze, meccanismi di *feed-back* e correlazioni valide che possano essere utilizzate per prevedere il clima futuro. In ogni caso, si è osservato che, spesso, deboli interazioni fra le componenti climatiche, ma che si sono protratte su tempi molto prolungati hanno una importanza paragonabile a quella delle interazioni molto forti ma che sono avvenute in tempi brevi.

Prevedere il comportamento del sistema climatico rappresenta, al momento attuale, una delle principali sfide scientifiche dell'umanità.

LE CAUSE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI DI ORIGINE ANTROPICA

Per quanto riguarda i sintomi collegati alle attività antropiche, è stato accertato quanto segue.

1) Le concentrazioni atmosferiche dei gas-serra, fra cui l'anidride carbonica (CO_2), il metano (CH_4) ed il protossido di azoto (N_2O), sono aumentate in modo significativo a partire dall'inizio della rivoluzione industriale (databile attorno all'anno 1750 - 1800); in particolare la CO_2 è passata da circa 280 a quasi 370 ppmv (parti per milione in volume), il CH_4 da 700 a circa 1750 ppbv (parti per miliardo in volume) e il N_2O da 275 a circa 315 ppbv. Gli idrocarburi fluorurati e clorurati (Cfc) che non esistevano fino a circa la metà del ventesimo secolo sono cresciuti in modo talmente rapido in questi ultimi 50 anni che oltre a costituire un minaccia aggiuntiva all'effetto serra naturale, hanno minacciato (e distrutto sopra l'Antartide) l'integrità della fascia di ozono stratosferico. Anche le concentrazioni di altri gas-serra antropogenici, presenti in traccia nell'atmosfera, sono di pari passo aumentate. Molti di tali gas-serra permangono lungamente nell'atmosfera (centinaia di anni), influenzando il clima per i secoli futuri.

2) L'attuale concentrazione di anidride

carbonica in atmosfera è la più alta che sia mai verificata negli ultimi 420 mila anni e molto probabilmente (le verifiche sono in corso) anche degli ultimi 20 milioni di anni. La velocità di crescita dell'anidride carbonica in atmosfera (32% in 250 anni di cui ben 8% negli ultimi 20 anni) risulta essere il più alto tasso di crescita degli ultimi 20 mila anni. Il 70% circa dell'aumento di anidride carbonica in atmosfera è causato dalla combustione di combustibili fossili, il rimanente 30% è dovuto ad altre cause tra cui la deforestazione, l'uso del suolo e l'agricoltura.

3) Le concentrazioni atmosferiche di metano, che hanno avuto un tasso di crescita medio del 250% in 250 anni, pur continuando ad aumentare mostrano una flessione nel tasso di crescita di questi ultimi decenni, mentre gli idrocarburi alogenati (tra cui i famosi Cfc) che avevano avuto una velocità di crescita delle loro concentrazioni atmosferiche molto sostenuta negli ultimi 50 anni sono in fase di diminuzione, grazie anche all'attuazione del Protocollo di Montreal per la protezione dell'ozono stratosferico.

4) La distruzione, soprattutto nella fascia intertropicale, di boschi e foreste è cresciuta ad un ritmo vertiginoso: boschi e foreste, infatti, attraverso i processi di fotosintesi, sottraggono anidride carbonica dall'atmosfera e la trasformano in biomassa e, quindi, costituiscono di fatto la principale fonte di assorbimento e di riciclo dell'anidride carbonica atmosferica. Si valuta che negli anni più recenti, sono state disboscate, ogni anno, superfici territoriali di estensione complessiva paragonabile a quella del territorio della Svizzera.

5) Il ritmo di trasformazione della superficie terrestre da parte degli esseri umani, sia a causa della crescita demografica, sia per lo sviluppo delle attività economiche ed industriali, è in forte aumento e ciò è causa di variazione del bilancio energetico complessivo del sistema climatico. In particolare, l'intensa ed estesa urbanizzazione, che sta aumentando in modo vertiginoso soprattutto nei Paesi in via di sviluppo, gli usi intensivi del suolo per l'agricoltura, l'inquinamento terrestre e marino e le altre attività umane sono stati, in quest'ultimo secolo, tali da aver modificato sia le capacità di assorbimento terrestre dell'energia solare incidente e le capacità di riflessione (albedo) verso lo spazio della radiazione solare, sia anche le capacità di emissione termica del suolo e di irraggiamento terrestre verso lo spazio.

6) Attualmente l'effetto riscaldante complessivo indotto come effetto serra "non naturale" è pari a circa 2.8 watt/m², di cui: anidride carbonica pari a + 1.5 watt/m²; metano pari a +0.5 watt/m²; protossido di azoto pari a + 0.1 watt/m²; idrocarburi alogenati pari a + 0.4 watt/m²; ozono stratosferico pari a - 0.2 watt/m²; ozono troposferico pari a + 0.4

watt/m²; emissioni inquinanti da aerei di linea pari a + 0.1 watt/m² (il segno + indica riscaldamento il segno - indica raffreddamento).

7) L'aumento degli aerosol troposferici e degli inquinanti urbani ed industriali prodotti dall'uso di combustibili fossili, dalla combustione di biomasse e da altre fonti hanno prodotto, invece, una retroazione negativa, vale a dire una diminuzione dell'effetto serra, diminuzione che è, comunque, di modesta entità. Il contributo negativo all'effetto serra (raffreddamento) è pari complessivamente a circa -0.3 watt/m², di cui -0.5 watt/m² sono dovuti agli inquinanti atmosferici di origine antropica, +0.2 watt/m² sono dovuti ad aerosol carboniosi (fuliggine, nerofumo, incombusti, ecc) e -0.2 watt/m² ad altri tipi di aerosol atmosferici (il segno + indica effetto riscaldante il segno - indica effetto raffreddante). L'inquinamento atmosferico e gli aerosol antropogenici hanno una vita media piuttosto breve nell'atmosfera a differenza dei gas serra che sono di norma a vita media molto lunga, pertanto, questo contributo negativo all'effetto serra varia velocemente in funzione degli aumenti o delle riduzioni delle relative emissioni.

6) Esistono altri fattori che fanno oscillare le precedenti valutazioni e sono legate alla variabilità della intensità della radiazione solare (che è risultata in aumento soprattutto nella prima parte del ventesimo secolo) ed alla variabilità dell'albedo terrestre globale (anche l'albedo complessiva terrestre è aumentata in quest'ultimo secolo). Poiché queste due variabilità, che sono dell'ordine del 10-20% dell'effetto serra "non naturale", tendono a compensarsi, non cambiano in definitiva i bilanci totali sopradetti. Di conseguenza tra effetto riscaldante dei gas di serra ed effetto raffreddante di inquinanti ed aerosol antropogenici, il risultato complessivo di riscaldamento globale dovuto alle attività umane è valutato attorno ai 2.5 watt/m², un valore che è all'incirca pari al 1% dell'effetto serra naturalmente presente nell'atmosfera terrestre,

LE VARIAZIONI DEL CLIMA FINORA OSSERVATE

I recenti studi sul sistema climatico hanno messo in evidenza che il clima del nostro pianeta sta subendo, soprattutto in questi ultimi decenni, alcuni cambiamenti che potrebbero portare, se le attuali tendenze di sviluppo socio-economico e di uso delle risorse naturali non venissero modificate, a variazioni profonde ed irreversibili sia dell'ambiente che della stessa società umana nei prossimi 50-100 anni. Allo stato attuale delle conoscenze scientifiche e sulla base dei più recenti risultati acquisiti da IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) abbiamo il seguente quadro di variazioni accertate.

Cambiamenti della temperatura del pia-

neta. La temperatura media globale del nostro pianeta è aumentata di un valore compreso fra 0.4 e 0.8 °C a partire dalla fine del 1800. I più rilevanti aumenti di temperatura sono avvenuti principalmente in due periodi: a) nel periodo compreso fra il 1910 ed il 1945; b) nel periodo attuale che va dal 1976 ai giorni nostri.

Il riscaldamento globale del primo periodo (1910-45) è stato concentrato, in modo molto marcato, soprattutto nella regione del nord Atlantico (inclusa Europa e nord America). In questa regione ha fatto, però, seguito tra il 1946 ed il 1975, un persistente raffreddamento non riscontrato in altre parti del pianeta. Nel secondo periodo (tra il 1976 ed oggi) il maggior riscaldamento ha riguardato complessivamente tutto l'emisfero nord, ma in particolare le medie ed alte latitudini delle zone continentali. Il riscaldamento dell'emisfero sud si è manifestato, invece, in modo molto meno marcato. Tuttavia, complessivamente, il tasso di riscaldamento in quest'ultimo periodo è stato particolarmente elevato e pari a circa 0.2°C per decennio. Se si analizzano in dettaglio gli andamenti delle temperature minime e massime (giornaliere, mensili ed annuali) si nota che il riscaldamento globale del nostro pianeta non era dovuto tanto all'aumento delle temperature massime, ma dovuto essenzialmente all'aumento delle temperature minime il cui tasso di crescita è stato doppio di quello delle temperature massime.

SCIoglimento DEI GHIACCI

Per quanto riguarda i ghiacci della calotta Antartica, non appare evidente alcuna correlazione tra aumento della temperatura globale e scioglimento dei ghiacci antartici, a partire dal 1970, da quando cioè si hanno dati attendibili in proposito. I dati esistenti mostrano che i ghiacci antartici sono rimasti piuttosto stabili e che ultimamente avrebbero anzi una tendenza all'espansione. Per quanto riguarda i ghiacci artici, invece, è stata notata una certa riduzione in questi ultimi decenni, una riduzione che ha interessato anche il ghiaccio marino delle alte latitudini. Infine, per quanto riguarda i ghiacciai delle medie latitudini la tendenza è una riduzione delle dimensioni e delle estensioni dei ghiacciai. Questa tendenza è particolarmente evidente nei ghiacciai alpini e in quelli delle catene montuose delle medie e basse latitudini dell'emisfero nord.

PRECIPITAZIONI E SICCIÀ

Le precipitazioni, intese come precipitazioni totali annue, sono in aumento soprattutto nell'emisfero nord e particolarmente nelle regioni delle medie ed alte latitudini. Nell'emisfero sud, invece, non si notano variazioni significative, né si osservano tendenze in atto. Infine, nelle regioni subtropicali vi è una chiara tendenza alla diminu-

zione, tendenza che coinvolge anche le regioni limitrofe delle medie latitudini. In effetti, i fenomeni di aumento della siccità sono particolarmente evidenti nella regione del Sahel (dove a partire dal 1970 si è sempre di più aggravata), nell'Asia orientale e nel sud Africa. Aumento dei fenomeni siccitosi si sono avuti anche in aree limitrofe, quali la parte più estrema del sud Europa (Spagna, Italia meridionale, Grecia, Turchia) e la parte meridionale degli Stati Uniti. Tuttavia, in tutte queste aree, molti dei fenomeni siccitosi derivano anche dal comportamento anomalo di "el nino", di cui si parlerà successivamente.

CIRCOLAZIONE ATMOSFERICA ED OCEANICA

Esistono due fenomeni periodici e ricorrenti della circolazione atmosferica ed oceanica che negli ultimi decenni hanno subito delle modifiche: il fenomeno di Enso (El Nino Southern Oscillation), detto più brevemente "el nino", ed il fenomeno della Nao (North Atlantic Oscillation). Per quanto riguarda "el nino", va rilevato che il suo comportamento è particolarmente insolito a partire dal 1970. Non sono ancora chiare le cause di tale insolito comportamento. In ogni caso si è osservato che sia la frequenza che la intensità di "el nino" sono in aumento, mentre vi è una diminuzione (in frequenza ed intensità) dei fenomeni opposti di "la nina". Per quanto riguarda la Nao, pur essendo meno evidente di "el nino", va rilevato che essa è accoppiata con la circolazione delle correnti oceaniche del nord Atlantico e con la circolazione generale dell'atmosfera della zona artica. Tale accoppiamento in questi ultimi anni ha dato luogo con maggior evidenza ad un rafforzamento sia della ciclogenese dei cicloni extratropicali, sia delle correnti aeree, delle burrasche e della intensità dei venti associati alle perturbazioni meteorologiche di origine atlantica.

EVENTI METEOROLOGICI ESTREMI

In questo contesto è necessario distinguere tra precipitazioni estreme (piogge alluvionali), temperature estreme (sia calde che fredde) e tempeste (quali cicloni, tornado, ecc). Per quanto riguarda le precipitazioni estreme, le valutazioni IPCC mostrano che nelle regioni del pianeta dove le precipitazioni totali annue sono in aumento, risultano in aumento anche la frequenza delle piogge a carattere alluvionale. In particolare, in queste zone le piogge tendono in generale ad avere una intensità maggiore ed una durata minore. Tuttavia, ci sono anche delle eccezioni come le regioni dell'Asia orientale, dove pur essendo le precipitazioni totali annue in diminuzione, sono invece in aumento i fenomeni di precipitazioni estreme o a carattere alluvionale. Per quanto riguarda le temperature estreme i dati attuali

mostrano che non sembra esserci un aumento della frequenza delle temperature massime (estremi di caldo) ma appare, invece, evidente una diminuzione della frequenza delle temperature minime (estremi di freddo). Ciò, comunque, non esclude il fatto che, indipendentemente dalla frequenza, i singoli picchi di caldo o di freddo possano talvolta raggiungere anche valori record. Infine, un discorso a parte va fatto per le tempeste. A livello globale non appare evidente che in questi ultimi decenni vi siano stati aumenti nella frequenza dei cicloni tropicali (e delle tempeste ad essi associati: gli uragani, i tifoni, i tornado, ecc), né nella frequenza di quelli extratropicali, anche se i danni derivanti da tali tempeste appaiono in aumento. Pertanto, pur non essendo variata la frequenza, sembrerebbe aumentata l'intensità o la violenza di tali tempeste. Tuttavia, non essendo disponibili informazioni complete e attendibili sulla intensità di questi eventi estremi, non è del tutto certo se i maggiori danni siano dovuti ad una aumentata intensità a parità di frequenza oppure ad una aumentata, per le zone colpite, vulnerabilità ambientale e territoriale, a parità di intensità. Se si analizzano i fenomeni a livello regionale si osserva che:

a) il fenomeno di "el nino" ha portato ad un aumento della frequenza e dell'intensità dei cicloni tropicali originati sul Pacifico e ad una diminuzione dei cicloni extratropicali generati sull'Atlantico per gli anni successivi al 1970 e fino ai nostri giorni;

b) la frequenza e l'intensità dei cicloni di origine atlantica è oscillante (periodi in cui appare un aumento, alternati a periodi in cui appare una diminuzione), a seconda dei decenni oggetto di osservazioni, ma sul lungo periodo non si osservano tendenze certe;

c) la frequenza e l'intensità dei cicloni originati sull'oceano Indiano è molto variabile senza alcuna tendenza né all'aumento, né alla diminuzione.

LE PROSPETTIVE DI CAMBIAMENTO CLIMATICO

Per valutare come cambierà il clima nel futuro a causa delle attività umane è necessario formulare alcune ipotesi, ciascuna delle quali, attraverso opportuni modelli di evoluzione del sistema climatico, porta ad una serie di scenari climatici possibili, a cui associare le corrispondenti valutazioni di impatto ambientale e socio economico.

In base agli studi a carattere modellistico (analitici e previsionali) attualmente esistenti ed ai risultati finora conseguiti di simulazione numerica, la problematica dell'evoluzione futura del clima appare abbastanza complessa e dipendente da numerosi fattori non solo di tipo scientifico, ma anche da ipotesi di sviluppo economico e demografico del pianeta. Le indicazioni che si ricavano, anche sulla base dei risultati illu-

strati nel *Third Assessment Report* (Tar) di Ipcc, possono così sintetizzarsi:

IL PROBLEMA DELLE PROIEZIONI FUTURE

Da un punto di vista generale, anche se avessimo un modello di previsioni climatiche perfetto, le proiezioni sul clima del futuro, comunque, dipenderebbero molto dalle ipotesi di crescita della popolazione, di uso delle risorse e, complessivamente dallo sviluppo socio-economico mondiale. Siccome i modelli analitici e previsionali del clima sono molto lontani dal considerarsi perfetti, le proiezioni future dipendono anche dal tipo di modello e dalle simulazioni numeriche utilizzate nei modelli. Per distinguere gli errori degli scenari dagli errori dei modelli e ridurre al minimo le incertezze, si è proceduto a fissare un determinato scenario di sviluppo socio-economico (ipotesi di sviluppo) e su ognuno di questi scenari (ognuna delle ipotesi di sviluppo) si sono analizzate le diverse proiezioni che i diversi modelli del clima forniscono. In questo contesto il risultato generale acquisito è che, nel periodo che va dal 1999 al 2100, la temperatura media globale del nostro pianeta potrebbe aumentare, per cause dovute alle attività umane, da un minimo di 1.4°C (caso più ottimistico) ad un massimo di 5.8°C (situazione più pessimistica). Il ciclo effettivo dell'acqua (ancora non ben simulato) ed i sistemi idrologici terrestri (soggetti a fluttuazioni) possono però indurre errori su questa valutazione, errori che a livello globale sono da considerarsi abbastanza contenuti, ma che invece a livello sub-continentale e locale possono portare: o ad una esaltazione del fenomeni di riscaldamento, o ad una riduzione degli stessi.

PROIEZIONI FUTURE CON FENOMENI TRANSIENTI

Se si analizzano le proiezioni future partendo dall'ipotesi di crescita di 1% per anno della concentrazione atmosferica di anidride carbonica (che è più o meno il tasso di crescita attuale) si ricava che fra circa 70 anni, quando la concentrazione atmosferica di anidride carbonica sarà circa doppia di quella attuale, la temperatura media del pianeta sarà aumentata di circa 2°C. Ma, la temperatura continuerà ad aumentare ancora, anche se tale concentrazione doppia non cambierà più. La temperatura, infatti, continuerà ad aumentare per i successivi 70-100 anni di circa 1.5°C, fino a portarsi a circa 3.5°C, rispetto alla situazione attuale, nel 2140-2170. In altre parole, vi è un ritardo tra stabilizzazione delle concentrazioni atmosferiche di anidride carbonica e stabilizzazione della crescita della temperatura. Nel caso in cui la crescita della concentrazione atmosferica di anidride carbonica non si dovesse fermare ma continuasse ancora fino a quadruplicare, la temperatura continuerebbe a

crescere costantemente portandosi a 3.5°C al 2100 e a circa 5.5°C nel 2150, per poi stabilizzarsi intorno ai 7°C dopo il 2200. In questo caso la concentrazione atmosferica diventerebbe quadrupla rispetto ai valori attuali nel 2150 per rimanere stazionaria senza ulteriori cambiamenti dopo il 2150. Anche in questo caso tra momento della stabilizzazione delle concentrazioni in aria (anno: 2150) e momento della stabilizzazione della temperatura (anni: 2220-2250) intercorrono 70-100 anni, durante i quali la temperatura continua ancora a crescere di circa 1.5°C prima di stabilizzarsi.

DISCREPANZA FRA LE PROIEZIONI FUTURE

La discrepanza sui risultati e sulle valutazioni di riscaldamento globale dipendono non solo dalle ipotesi sugli scenari di sviluppo socio-economico e dalle caratteristiche dei vari modelli di proiezione, ma anche sul tipo di simulazioni che tali modelli considerino (successione di situazioni di equilibrio climatico o transienti in disequilibrio che evolvono verso una situazione di equilibrio). Anche se tra situazioni di equilibrio e situazioni transienti (che raggiungono l'equilibrio) i risultati in definitiva risultano più o meno gli stessi, sono invece diversi i tempi entro cui il riscaldamento globale avverrebbe. Gli aumenti di temperatura in corrispondenza di aumenti di concentrazione dell'anidride carbonica avvengono con ritardi (sfasamenti) di qualche decina o anche di qualche centinaio di anni, a seconda del tasso di crescita dell'anidride carbonica atmosferica. Nel caso di tasso di crescita del 1% per anno, il ritardo è valutabile in 70-100 anni.

INCREMENTI DI TEMPERATURA E PRECIPITAZIONI

La valutazione dei cambiamenti nel regime delle precipitazioni, essendo questo un fenomeno molto variabile, deve considerare medie temporali (su archi di tempo almeno decennali o ultradecennali) oltre che medie spaziali. Le precipitazioni medie globali, considerate su archi di tempo ventennali, tendono a crescere fino a raggiungere nel 2060-2080 (periodo nel quale si raddoppia la concentrazione atmosferica di anidride carbonica) un incremento (medio globale e medio ventennale) del 2.4%, rispetto alla situazione attuale. Questo incremento appare più accentuato nelle medie ed alte latitudini e molto meno alle basse latitudini dove prevale viceversa la diminuzione. L'intensità delle precipitazioni estreme tende ad aumentare ad un ritmo maggiore rispetto al ritmo di aumento delle precipitazioni medie totali e tende ad aumentare parallelamente la probabilità di occorrenza di tali fenomeni estremi

INNALZAMENTO DEL LIVELLO DEL

MARE

Le proiezioni future indicano che il livello del mare al 2090 aumenterà complessivamente da un minimo di circa 20 cm ad un massimo di circa 50 cm. Tale massimo potrebbe portarsi anche a 75 cm nel 2100 nel caso che la temperatura media globale tendesse ad aumentare più di 2°C. All'innalzamento del livello del mare contribuiscono diverse cause, quali: l'espansione termica degli oceani, lo scioglimento dei ghiacciai delle medie e basse latitudini, lo scioglimento delle calotte polari. I diversi contributi sono così suddivisi (il segno + indica contributo positivo all'innalzamento del livello del mare, il segno - viceversa). Espansione termica: da +20 a +37 cm; Contributo ghiacci artico: da +2 a +5 cm; Contributo ghiacci antartici: da -8 a -2 cm; Contributo di tutti gli altri ghiacciai (esclusi quelli polari): da +8 a +11 cm. In pratica, l'espansione termica degli oceani è la fondamentale causa di innalzamento del livello marino. A livello regionale l'innalzamento del livello del mare è diverso a seconda delle diverse regioni del globo. Nel Mediterraneo tale innalzamento dovrebbe essere contenuto entro i 20-30 cm al 2090.

ALTRI CAMBIAMENTI

Con l'aumento della temperatura media globale e con la maggiore capacità termica/energetica del sistema climatico, tenderebbe, secondo molti modelli, ad aumentare la variabilità di "el nino" sia in termini di frequenza che di intensità, ma le incertezze in tali simulazioni sono ancora molto elevate per poter ritenere questa conclusione affidabile. Lo studio e le analisi attraverso simulazioni modellistiche sull'eventuale aumento dei cicloni extra-tropicali (perturbazioni meteorologiche delle medie ed alte latitudini) e delle situazioni meteorologiche di blocco, ha dato risultati contraddittori. Lo stesso studio condotto sui cicloni tropicali (perturbazioni spesso violente come: uragani, tifoni, ecc.) mostrerebbe la possibilità di un aumento sia della frequenza che dell'intensità di tali fenomeni, ma al momento attuale questi risultati non possono considerarsi conclusivi.

In relazione alle emissioni antropiche di anidride carbonica ed in base a questi scenari di evoluzione futura del clima, l'ipcc ha espresso le seguenti considerazioni ai fini dell'attuazione del Protocollo di Kyoto:

1) Poiché le emissioni globali di anidride carbonica (il principale gas serra) sono attualmente circa doppie delle capacità naturali del pianeta di assorbire l'anidride carbonica atmosferica, l'eccesso non assorbito tende a permanere in atmosfera per periodi di tempo medi attorno ai 70-100 anni e ad accumularsi. Di conseguenza l'ipcc ritiene necessaria già da subito una riduzione delle emissioni di anidride carbonica di almeno il 50% (ma realtà, oltre il 50% se si tie-

ne conto degli accumuli passati) per rientrare nell'equilibrio naturale complessivo del sistema climatico.

2) La stabilizzazione delle emissioni di anidride carbonica agli attuali livelli (o ai livelli del 1990 come in discussione nei negoziati internazionali sul clima) non porterà alla stabilizzazione delle concentrazioni di anidride carbonica nell'atmosfera ma, stante il disequilibrio tra emissioni globali ed assorbimenti globali, ad una sua crescita continua che dipende dal tasso di accumulo in atmosfera e dalla vita media dell'anidride carbonica (intorno al centinaio di anni). Viceversa, la stabilizzazione delle emissioni di gas serra a breve vita (come il metano ed il protossido di azoto) porterà anche alla stabilizzazione delle concentrazioni di tali gas serra in aria ma solo dopo alcuni decenni.

3) Dopo la stabilizzazione in atmosfera delle concentrazioni di anidride carbonica e degli altri gas di serra, la temperatura continuerà a crescere ugualmente e si stabilizzerà con un ritardo valutato in 70 anni o più, dopo la stabilizzazione delle concentrazioni in aria. Attualmente, quindi, possiamo solo rallentare più o meno i possibili cambiamenti climatici futuri dovuti a cause antropiche, ma non eliminarli.

GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI IN EUROPA E NEL MEDITERRANEO

Per quanto riguarda gli impatti, ovvero le conseguenze ambientali derivanti dai possibili cambiamenti climatici, con particolare attenzione all'Europa, si riportano, anche qui, alcune valutazioni che rappresentano piuttosto delle tendenze future, in relazione alla sensibilità dei sistemi ambientali e socio economici europei ed alle capacità di adattamento di tali sistemi alle variazioni climatiche. Anche a causa degli errori insiti in tali valutazioni, non si fa riferimento ad uno specifico scenario di cambiamento climatico ma piuttosto ad uno scenario medio. Infatti, si prevede che, comunque, la concentrazione dei gas-serra in atmosfera crescerà nel prossimo secolo, l'unica differenza, essendo l'entità di questo aumento che varia da scenario a scenario. Anche nel caso del tutto teorico di cessazione della crescita della popolazione mondiale (popolazione mondiale costante) e di cessazione dello sviluppo socio economico dei paesi industrializzati (crescita economica zero dei paesi industrializzati), i gas-serra in atmosfera comunque aumenteranno (a meno di rivoluzioni tecnologiche tali da rendere residuale le emissioni di gas di serra) se le condizioni di vita e di qualità della vita dei paesi in via di sviluppo, come è loro diritto, devono migliorare (condizioni che riguardano attualmente ben l'ottanta per cento della popolazione mondiale).

Gli estremi meteorologici attuali produ-

cono in Europa conseguenze sull'ambiente naturale e sui sistemi economici e sociali. La rilevanza di tali conseguenze dipende dalla sensibilità e dalla vulnerabilità che tali sistemi hanno rispetto ai cambiamenti climatici. In alcuni casi tali conseguenze si aggraveranno, in altri si attenueranno. Le valutazioni che seguono cercano di fornire un quadro complessivo in tal senso.

RISORSE IDRICHE

La attuale, ed ancor più la futura, pressione antropica sulle risorse idriche ed in particolare sul loro uso e sulla loro gestione, tenderà a diventare più acuta con i cambiamenti climatici. I rischi da alluvioni e da inondazioni tenderanno ad aumentare ed aumenteranno anche i rischi di disponibilità di adeguate risorse idriche, in particolare sul sud Europa e nell'area mediterranea. I cambiamenti climatici tenderanno ad aumentare le differenze tra Nord e Sud Europa (eccesso di acqua nel nord Europa, mancanza d'acqua nel sud Europa).

LA QUALITÀ DEI SUOLI

La qualità dei suoli tenderà a deteriorarsi in tutta l'Europa. In particolare, nel Nord Europa il deterioramento potrà essere provocato principalmente dal maggior dilavamento dei suoli ad opera della crescita delle precipitazioni e dei maggiori rischi di alluvione, mentre nel Sud Europa, al contrario, il deterioramento potrà essere provocato dalla degradazione dei suoli da erosione e perdita di nutrienti a causa dalla diminuzione delle precipitazioni e dai maggiori rischi di siccità.

ECOSISTEMI

L'aumento della temperatura media e la crescita delle concentrazioni di anidride carbonica in atmosfera possono cambiare gli equilibri degli ecosistemi naturali con modifiche anche nel paesaggio. La vegetazione e gli ecosistemi naturali più tipici dell'area mediterranea tenderanno a spostarsi verso il centro Europa, così come le foreste di conifere e quelle tipiche boreali delle medie latitudini potrebbero prendere il posto della tundra presente attualmente alle più alte latitudini dell'Europa. Nell'area mediterranea, invece, tenderanno sia ad aumentare gli incendi boschivi, sia a crescere i rischi di perdita degli ecosistemi e della biodiversità attuale. Le conseguenze si ripercuoteranno anche sulla fauna e soprattutto su quella migratoria. Si valuta che complessivamente la produttività primaria tenderà a crescere (maggiore presenza di biomassa), ma, salvo una fase transiente (espansione verso nord delle foreste), non cresceranno le riserve complessive di carbonio ("sink" forestali).

AGRICOLTURA

L'aumento di anidride carbonica in at-

mosfera tenderà ad aumentare la produttività agricola soprattutto del Nord e del Centro Europa. Nel Sud Europa, invece, la riduzione della disponibilità d'acqua e l'aumento della temperatura tenderanno a portare, invece ad un effetto opposto. Complessivamente, l'Europa non subirebbe modifiche significative nella produttività agricola totale, ma solo una diversa distribuzione. Infatti, il Nord Europa, con i cambiamenti climatici riceverebbe degli effetti positivi, mentre il Sud Europa, al contrario, degli effetti negativi che tenderebbero complessivamente a bilanciarsi.

EVENTI ESTREMI

Il probabile aumento della frequenza e della intensità degli eventi meteorologici estremi porterà ad un aumento dei danni economici e sociali sulle strutture ed infrastrutture residenziali e produttive, la cui entità dipende sia dalla vulnerabilità delle singole strutture ed infrastrutture, sia dalla vulnerabilità ambientale e territoriale complessivamente esistente. La crescita di eventi estremi, potrebbe incidere anche direttamente sulla attività produttive modificando le opportunità di alcuni mercati e la domanda di alcuni prodotti.

BENESSERE UMANO

L'aumento della temperatura tenderà a modificare anche l'uso del tempo libero della popolazione ed in particolare tenderà a stimolare maggiori attività turistiche e ricreative all'aria aperta nel Nord Europa ed a ridurle, invece, nel Sud Europa. Nell'area Mediterranea in particolare, le più frequenti ondate di calore e di siccità, insieme alla minore disponibilità di acqua potrebbero modificare le attuali abitudini turistiche concentrate soprattutto in estate, così come il minor innevamento e la progressiva ritirata dei ghiacciai potrebbe modificare e ridurre l'abituale turismo invernale alpino.

AMBIENTE MARINO-COSTIERO

L'aumento del livello del mare comporterà maggiori rischi per le zone costiere europee del Mediterraneo. In particolare, si valuta che i maggiori problemi siano nella perdita di zone umide alla foce dei fiumi, nell'invasione di acqua salata nelle falde costiere di acqua dolce con conseguenze sull'agricoltura e sulla disponibilità di acqua dolce, ed infine, nella maggiore e più rapida erosione delle spiagge basse e delle spiagge ottenute con opere di difesa idraulica delle coste o di zone bonificate. Nell'Europa settentrionale, le zone costiere più esposte a rischio di inondazione sarebbero quelle del Mar Baltico ed in particolare della Polonia.

PROBLEMI CRITICI PER L'ITALIA

I problemi prioritari che dovrà affrontare

l'Europa, ed i Paesi del Mediterraneo in particolare, con riferimento alle conseguenze ambientali e socio economiche dei cambiamenti climatici, sono così sintetizzabili:

a) Gli eventi meteorologici ed idrologici estremi ed in particolare la differenza fra abbondanza e scarsità d'acqua fra Nord e Sud Europa. Questo problema non è semplicemente una questione di bilancio idrologico, ma ha profonde implicazioni sull'agricoltura, la produzione industriale, l'urbanizzazione, il turismo, la salute e non ultimo il settore assicurativo.

b) Lo spostamento verso nord di tutti i sistemi ecologici ed ambientali naturali che porterebbe a profonde modifiche, anche del paesaggio, in tutta Europa con effetti positivi nel Nord Europa ed effetti negativi nel Sud Europa soprattutto nei settori dell'agricoltura, del turismo e tempo libero, nel settore residenziale

c) Le ripercussioni secondarie connesse con gli impatti, quali la perdita della biodiversità e i rischi di desertificazione che interesserebbero soprattutto il Sud Europa e l'area mediterranea. Ripercussioni secondarie non trascurabili si avrebbero anche nel campo economico a causa delle modifiche delle opportunità di sviluppo per i vari Paesi europei, soprattutto per quanto riguarda le iniziative economiche, l'occupazione e la distribuzione della ricchezza, opportunità che, a loro volta, coinvolgerebbero anche problemi di equità fra le popolazioni europee. A tal riguardo opportune politiche di adattamento, oltre che di mitigazione, dovrebbero essere intraprese quanto prima.

Per l'Italia, gli impatti ambientali che hanno aspetti di maggiore criticità sono essenzialmente i seguenti:

- quelli derivanti dall'innalzamento del livello del mare;
- quelli derivanti dal degrado dei suoli e lo spostamento verso nord degli ecosistemi;
- quelli derivanti da un eventuale aumento dei fenomeni meteorologici estremi.

INNALZAMENTO DEL LIVELLO DEL MARE

All'innalzamento del livello del mare contribuiscono diverse cause, quali: l'espansione termica degli oceani, lo scioglimento dei ghiacciai delle medie e basse latitudini, lo scioglimento delle calotte polari. Tuttavia, l'espansione termica degli oceani sarà la fondamentale causa di innalzamento del livello marino. A livello regionale l'innalzamento del livello del mare sarà diverso a seconda delle diverse regioni del globo. Nel Mediterraneo tale innalzamento dovrebbe essere contenuto tra i 20 cm ed i 30 cm al 2090, senza ovviamente considerare i fattori di subsidenza naturale che sono diversi per le diverse zone costiere italiane.

Anche se l'area mediterranea per il momento non appare tra le più critiche per problemi di popolazioni a rischio di inondazione è, comunque fra quelle mondiali a più alta vulnerabilità in termini di perdita di zone umide ed in particolare degli ecosistemi e della biodiversità marino-costiera.

Inoltre, l'invasione marina delle aree costiere basse e delle paludi costiere, accelera l'erosione delle coste, aumenta la salinità negli estuari e nei delta a causa dell'ingresso del cuneo salino, produce una maggiore infiltrazione di acqua salata negli acquiferi della fascia litorale.

Le coste basse sarebbero in ogni caso maggiormente esposte alle inondazioni in caso di eventi meteorologici estremi accompagnati da forti mareggiate, che, tra l'altro impediscono il deflusso dei fiumi nel mare, causando maggiori probabilità di straripamenti e di alluvioni.

Va osservato, comunque, che i maggiori rischi valutati per l'Italia sono in realtà rischi aggiuntivi a quelli già esistenti a causa della attuale pressione antropica e dell'uso dei territori costieri. Infatti, almeno per quanto riguarda l'Italia, i cambiamenti climatici non tendono a creare nuovi rischi, ma tendono ad accentuare ed amplificare (con effetti talvolta non prevedibili) i rischi già esistenti derivanti dalla urbanizzazione, la produzione industriale, la pesca, il turismo, i trasporti marittimi, ecc.

Secondo uno studio dell'Enea sono a possibile rischio di inondazione e/o erosione costiera non solo l'area veneziana e tutta la costa dell'alto Adriatico compresa grosso modo tra Monfalcone e Rimini, ma anche altre aree costiere quali quelle alla foce dei fiumi (Magra, Arno, Ombrone, Tevere, Volturno, Sele), quelle a carattere lagunare (Orbetello, laghi costieri di Lesina e Varano, stagno di Cagliari), coste particolarmente basse o già soggette ad erosione (costa prospiciente Piombino, tratti della costa Pontina e del Tavoliere delle Puglie, ecc)

L'entità del rischio non è, comunque, lo stesso per tutte le coste sopra menzionate, ma è maggiore là dove esistono già problemi di subsidenza e problemi di erosione e di instabilità dei litorali, problemi che riguardano soprattutto l'alto Adriatico

SUOLO E AGRICOLTURA

Nell'Italia meridionale, già attualmente afflitta da scarsità di acqua e da problemi di degrado dei suoli a causa di molteplici fattori derivanti dalle attività antropiche e dall'uso del territorio, i cambiamenti climatici prevedibili indurranno ulteriori fattori di rischio inclusi i rischi di desertificazione per i quali sono in corso opportuni studi nell'ambito dell'Annesso IV della Convenzione per la lotta contro la desertificazione.

La possibilità di ulteriore degrado a causa dei cambiamenti climatici è legata alla

concomitanza di due fattori che gli attuali scenari di cambiamento climatico non stimano con certezza ma indicano come probabili, e cioè: la diminuzione delle precipitazioni totali annue al di sotto della soglia di circa 600 mm/anno; la estensione dei periodi di siccità per periodi prolungati di molti mesi, soprattutto se questo periodo coincide con il semestre caldo (evapo-traspirazione molto alta).

Anche se irrigati, i suoli possono ugualmente degradare se le attività umane sul territorio (ed in primo luogo l'agricoltura) sono tali da indurre cambiamenti insostenibili nei terreni, ridurre la biodiversità e rendere non permanente qualsiasi tipo di equilibrio ecosistemico. Nell'Italia settentrionale, dove invece, gli equilibri idrologici potrebbero essere cambiati per la maggiore disponibilità d'acqua il problema del degrado è legato alle condizioni di maggior ruscellamento (o *run-off*) a cui sono sottoposti i suoli, ma soprattutto i pendii e le zone collinari.

Prevedere l'erosione del suolo è molto difficile, anche con modelli numerici sofisticati, a causa della mancanza di dati per verificare le ipotesi e le parametrizzazioni inserite nei modelli. Le conclusioni che si possono ragionevolmente ipotizzare sono di carattere generale e basate sulle conclusioni Ipcc. L'incremento di temperatura previsto da Ipcc influenzerà sia la vegetazione naturale che le coltivazioni. Ci si aspetta che in Italia Meridionale, si potrebbe avere un effetto particolarmente negativo sui sistemi locali, poiché sia vegetazione che terreni si trovano già in un regime di disponibilità idrica marginale. Le regioni Italiane Settentrionali potrebbero avere invece maggiori problemi di franosità e di erosione da "run-off", ma meno problemi sulla vegetazione complessiva. Ciò nonostante, terreni bassi nella zona del delta del Po potrebbero essere colpiti in maniera significativa da fenomeni di innalzamento del livello del mare e di intrusioni di acque salmastre.

I cambiamenti climatici potrebbero avere diversi effetti sull'agricoltura. Da un lato, climi più caldi e secchi nelle regioni Centro-Meridionali potrebbero favorire l'espansione verso Nord di colture specifiche come l'olivo, la vite e gli agrumi. D'altro lato, gli aumenti di temperatura e gli effetti sul ciclo idrologico richiederanno cambiamenti di gestione in molte regioni. Ognuna delle variabili climatiche considerate influenzerà le colture in vari modi. Tuttavia, i risultati finali dipenderanno dalle interazioni simultanee di ognuna di queste.

EVENTI ESTREMI

Le tendenze previste da Ipcc a livello globale avranno ripercussioni anche a livello nazionale. In particolare è possibile che aumenti la frequenza, ma soprattutto la intensità di fenomeni estremi quali siccità, al-

luvioni ed di altri fenomeni meteorologici particolarmente violenti (trombe d'aria, burrasche, groppi, ecc). Tuttavia alcuni di questi fenomeni estremi, quali le alluvioni interesseranno maggiormente l'Italia settentrionale, mentre altri, quali la siccità, soprattutto il meridione d'Italia.

La recrudescenza soprattutto dell'intensità dei fenomeni estremi porterà come conseguenza ad una variazione, probabilmente significativa, degli esistenti rischi di catastrofi naturali e della vulnerabilità del territorio nazionale, la cui valutazione di dettaglio è attualmente soggetta ad attente analisi da parte dell'Enea, in relazione alle azioni di supporto tecnico scientifico per il Ministero dell'Ambiente.

8. IL PROTOCOLLO DI KYOTO E LE PROSPETTIVE A LUNGO TERMINE

Il Protocollo di Kyoto del 1997 individua le prime misure per l'attuazione della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (Un-Fccc), ratificata dall'Italia nel 1994, e stabilisce la riduzione delle emissioni di anidride carbonica (prodotta dall'impiego dei combustibili fossili), del metano (derivante dalle discariche e dalla zootecnia), del protossido di azoto (derivante dalle attività agricole e dalle produzioni chimiche) e di tre composti fluorurati impiegati nell'industria. Il Protocollo impegna i paesi industrializzati a ridurre le proprie emissioni, entro il 2012, nella misura complessiva globale del 5,2 per cento rispetto ai livelli del 1990.

Il Protocollo di Kyoto non è in vigore essendo ancora in discussione le modalità e le regole di attuazione, una volta definite le quali potrà essere ratificato dai Paesi destinatari e diventare quindi legalmente vincolante. La discussione è comunque alle battute finali e si spera che alla data del prossimo Summit mondiale sullo sviluppo sostenibile che si terrà a Johannesburg (Sud Africa) nel settembre 2002 possa raggiungere il *quorum* necessario di ratifiche per farlo entrare in vigore.

Rispetto agli intenti iniziali ed alle controversie sorte su alcuni argomenti chiave (quali quello dei cosiddetti "sink" di carbonio ed i "meccanismi flessibili") e dopo le prese di posizione degli Usa nel marzo 2001 di abbandono del Protocollo e della particolare posizione assunta da un gruppo di Paesi, definiti *umbrella group* rispetto alle posizioni della Unione europea, molte cose sono cambiate nella sessione negoziale di Bonn del luglio 2001 (accordo di Bonn) al fine di salvare il Protocollo dal fallimento. Un quadro sintetico, che tiene conto anche degli ultimi dettagli discussi a Marrakesh (novembre 2001), è riportato in appendice.

L'accordo, raggiunto a Bonn nel luglio scorso, e le recenti conclusioni di Marrake-

sh, nel riconoscere ampie possibilità di azioni per rendere meno onerosi gli impegni, confermano gli obblighi di riduzione delle emissioni di gas serra dei paesi industrializzati, ad eccezione degli Stati Uniti d'America, che hanno formalizzato la decisione di non aderire al Protocollo. Di conseguenza, l'obiettivo del 5,2 per cento, fissato a Kyoto nel 1997, in assenza degli Stati Uniti si riduce di fatto a circa il 3,8 per cento. Le ampie possibilità riconosciute riguardano l'uso dei sinks (forestazione, riforestazione ed attività agroforestali), per assorbire il carbonio atmosferico e da sottrarre alle emissioni nazionali e l'uso abbastanza ampio dei tre "meccanismi flessibili" del Protocollo di Kyoto, attraverso i quali potranno essere acquisiti o ceduti crediti di emissione.

Poiché permangono anche gli obblighi di riduzione del 8% delle emissioni da parte degli stati membri dell'Unione europea, rimane ancora valida la ripartizione fissata da consiglio dei ministri europei dell'ambiente, il 17 giugno 1998, secondo cui viene assegnato all'Italia un obbligo di riduzione pari al 6,5%, rispetto al 1990. Tuttavia, le nuove possibilità offerte dall'accordo di Bonn del luglio 2001 modificano modalità e prospettive rispetto a quanto stabilito della delibera del Cipe del 19 novembre 1998. Si dovrà ora, infatti, tener conto, anche del patrimonio forestale e della sua riqualificazione, dell'uso del suolo, dei cambiamenti di uso del suolo e della biodiversità terrestre, mentre sul versante dei cosiddetti "meccanismi flessibili" si dovrà tener conto anche delle possibilità di realizzazione di progetti all'estero nei settori delle fonti rinnovabili, dell'efficienza energetica e della protezione delle foreste.

Come osservato da Ipcc, va comunque sottolineato il fatto che il Protocollo di Kyoto non è in grado di risolvere nella sostanza i problemi dei cambiamenti climatici di origine antropica, anche se esso, dopo gli ultimi accordi sulla sua attuazione, rappresenta un successo politico ed un primo passo di cooperazione mondiale per la soluzione di tale problema. Dal punto di vista delle attività di ricerca scientifica, invece, è opportuno, invece, guardare al Protocollo di Kyoto con una ottica a lungo termine, al fine di individuare le possibili vie di sviluppo della ricerca scientifica a beneficio del Paese.

L'attuazione del Protocollo di Kyoto, è focalizzata prevalentemente su azioni a breve termine (prossimi dieci anni circa) e la sua implementazione futura a più lungo termine (oltre i dieci anni) non può prescindere dall'obiettivo ultimo della Un-Fccc: la Convenzione quadro delle Nazioni unite sui cambiamenti climatici. Questo obiettivo è chiaramente espresso nell'art. 2 della Convenzione in termini di "stabilizzazione della concentrazione dei gas di serra in atmosfera ad un livello tale da prevenire pericolose interferenze antro-

pogeniche con il sistema climatico"

Per raggiungere la stabilizzazione delle concentrazioni in aria dei gas serra, considerati in termini di anidride carbonica "equivalente", la condizione necessaria e sufficiente è che le "emissioni nette", cioè il bilancio tra quanto viene emesso e quanto viene assorbito dai sistemi naturali, siano pari a zero. Ciò equivale a dire che all'equilibrio:

- il tasso medio delle emissioni globali deve essere uguale al tasso medio degli assorbimenti globali.

Le emissioni globali di anidride carbonica, espresse in termini di carbonio ammoniaco, al 1999 (ultimo dato certificato) a 6.1 GtC/anno, con una tendenza alla crescita e a superare, nel corrente anno 2001, le 7 GtC/anno.

Gli assorbimenti globali sono determinati dai cosiddetti "sinks" che sono, comunque limitati. Attualmente i "sinks" di carbonio sono pari a circa 2.5 - 3.0 GtC/anno, in futuro (20-30 anni), con opportuna gestione del suolo e delle foreste potranno giungere anche a 4 GtC/anno, un valore che è considerato come limite massimo non ulteriormente superabile, anzi tenderà, con i futuri cambiamenti climatici a declinare dopo il 2030 - 2050.

Se si tiene conto che ci sono anche altri gas di serra, l'accumulo in atmosfera di carbonio (responsabile dei cambiamenti climatici) sarà evitato solo se il tasso di emissioni globali sarà inferiore a circa 3.0 GtC/anno (tasso di assorbimento globale).

L'equilibrio potrebbe essere attualmente raggiunto, se si procedesse subito ad una riduzione di almeno il 50% delle emissioni globali (in realtà dovrebbe essere di oltre il 60, se si tiene conto delle quantità già accumulate dal passato). Se questa riduzione non venisse effettuata al più presto ma fra 30-50 anni, occorrerebbe giungere fino a tagli del 80% delle emissioni globali. Appare, dunque, evidente che la riduzione del 5% prevista dal Protocollo di Kyoto entro il 2012 è assolutamente trascurabile.

L'unica alternativa realistica per ridurre drasticamente le emissioni e minimizzare l'impatto negativo dei cambiamenti climatici non può che richiedere un grande sforzo comune nazionale ed internazionale sulla ricerca scientifica, tecnologica e realizzativa in grado di innescare soprattutto una "rivoluzione" energetica e cioè portare l'uomo da un sistema socio-economico e di sviluppo basato quasi unicamente sui combustibili fossili e sul massiccio uso delle risorse naturali, come è oggi, ad un sistema socio-economico e di sviluppo indipendente (o quasi) dai combustibili fossili e dall'uso delle risorse naturali.

Secondo le principali raccomandazioni internazionali (a livello europeo ed extra-europeo) le linee portanti di queste azioni scientifiche dovrebbero riguardare:

a) la ricerca climatica e le osservazioni globali (analisi e previsioni climatiche precise, ma anche definizione dettagliata di impatti e rischi);

b) nuove e inesplorate fonti primarie di energia (sorgenti energetiche senza emissione di gas serra);

c) nuovi vettori energetici e fonti secondarie (oltre l'idrogeno, anche ulteriori vettori energetici non contenenti carbonio: sembra esistano buone prospettive anche per il boro e l'alluminio)

d) nuovi modi di usare fonti e vettori energetici sia tradizionali che nuovi (minimizzazione della intensità carbonica nella produzione ed uso di energia)

e) nuovi sistemi e/o tecnologie di dematerializzazione (minimizzazione dell'intensità energetica complessiva, cioè disaccoppiamento sviluppo-energia)

CLIMA GLOBALE E PROBLEMI DI EQUITÀ

Il problema dei cambiamenti climatici si presenta al decisore politico come un problema le cui uniche certezze sono i livelli di incertezza che accompagnano qualsiasi valutazione comunque collegata al problema del clima globale. Inoltre, il decisore politico viene chiamato a scegliere strategie ed opportunità i cui risultati non potranno concretizzarsi se non dopo decenni e questo spesso porta alla convinzione che non essendo un problema urgente e visto l'alone di incertezza che lo circonda, tanto vale rimandarlo o addirittura trasferirlo alle future generazioni.

In realtà, le azioni di domani possono essere concrete ed efficaci solo se oggi si impostano le strategie più adatte, in termini di flessibilità e di versatilità, strategie che via via saranno aggiustate nel tempo e concretizzate con azioni successive consequenziali e coerenti. Non si tratta, cioè di trovare oggi le migliori scelte politiche per i prossimi 100 anni, ma solo di individuare la via affinché le scelte politiche future possano essere portate avanti e concretizzate nel miglior modo possibile.

Non vi è dubbio che sul problema dei cambiamenti climatici bisogna guardare in due direzioni: la prima è quella della prevenzione, limitazione delle emissioni e dell'accumulo di gas-serra nell'atmosfera; la seconda è quella della minimizzazione dei possibili effetti negativi dei cambiamenti climatici e, quindi, dell'adattamento a nuove situazioni ambientali e territoriali che di conseguenza si creeranno.

Non vi è dubbio neanche che, sia dal lato della prevenzione che dal lato dell'adattamento, le soluzioni possibili non sono univoche e non possono neanche essere ben definite a livello internazionale, perché i contesti ambientali, socio economici, industriali e di sviluppo sono diversi da Paese a Paese. Lo sforzo che si sta compiendo a li-

vello di Nazioni unite è quello di trovare un unico filo conduttore e non soluzioni preordinate da applicare a questo o quel Paese o a gruppi di Paesi.

Ed anche per trovare questo filo conduttore non è facile. I problemi politici da risolvere sono tanti ed alcuni estremamente complessi. Intanto qualsiasi misura di prevenzione o di adattamento comporta dei costi e porta a benefici. La distribuzione dei costi e dei benefici non è uguale per tutti i Paesi e neanche il rapporto costi benefici tra Paese e Paese.

Anzi, il problema dei cambiamenti climatici e degli impatti ambientali dei cambiamenti climatici genera effetti positivi e maggior benessere socio economico soprattutto ai Paesi ricchi, mentre gli effetti negativi ed i danni sarebbero sopportati soprattutto dai Paesi poveri. I cambiamenti climatici, paradossalmente, introducono elementi di disuguaglianza economica e sociale, incrementando ulteriormente la esistente disparità tra Paesi ricchi e Paesi poveri del nostro pianeta.

Inoltre, bisogna capire che cosa si intende per costi e benefici, se solo quelli economici o anche quelli sociali e quelli ambientali (di difficilissima valutazione), se solo quelli che riguardano le attuali generazioni e l'attuale sistema economico, sociale e ambientale o anche quelli che riguardano le future generazioni ed i futuri sistemi economici, sociali ed ambientali.

In questo contesto, l'elemento critico di tutta la problematica delle dimensioni sociali ed economiche dei cambiamenti climatici è diventato il problema dell'equità intesa sia come partecipazione alla definizione delle strategie e delle decisioni da prendere, sia come cooperazione per l'attuazione concordata delle decisioni assunte, sia come consenso sulle priorità da dare alle decisioni ed alla realizzazione di esse per salvaguardare le future generazioni. Inoltre, l'equità è anche l'elemento portante nel riconoscimento della legittimità non solo degli impegni assunti e delle decisioni da adottare e attuare, ma anche delle istituzioni nazionali ed internazionali che assumono il ruolo di rappresentanza e rappresentatività dei popoli e del loro benessere sociale ed economico.

L'equità sotto il profilo della partecipazione alle ricerche scientifiche sui cambiamenti climatici, ai negoziati internazionali sui cambiamenti climatici e lo sviluppo sostenibile, ai programmi di informazione e ai progetti economici ed industriali internazionali, implica, soprattutto nei Paesi in via di sviluppo, la necessità di costruire e consolidare capacità tecnico-scientifiche e socioeconomiche endogene in ogni Paese e capacità strutturali e politico istituzionali adeguate.

Ciò è fondamentale affinché le scelte che si effettuano a livello internazionale non vengano recepite come imposizioni dei po-

poli più ricchi ai popoli più poveri o, comunque, più deboli e meno capaci di competere con strutture, organizzazioni e capacità scientifiche e culturali dei paesi più ricchi. Infatti, se direttive, strategie e politiche di vario tipo, vengono recepite come imposizioni, il rischio reale che nasce è quello della delegittimazione delle scelte e, di conseguenza, della nascita o dell'accentuazione dei conflitti fra Paesi ricchi e Paesi poveri e, comunque, fra gruppi di Paesi di diverso livello economico e culturale.

Questo è un problema di non facile soluzione e, in ogni caso, la soluzione non è raggiungibile in tempi relativamente brevi ed in modo piuttosto uniforme per tutti i paesi in via di sviluppo. Pertanto, il rischio di delegittimazione di qualsiasi decisione attuativa si assuma o si intenda assumere, è sempre presente, eccetto le decisioni che riguardano l'enunciazione di principi generali e filosofici che per loro natura non hanno modalità attuative.

Il secondo aspetto dell'equità è quello operativo, cioè come si rendono attuabili, decisioni ed impegni assunti per la protezione del clima globale e per lo sviluppo sostenibile. In particolare, poiché gli accordi internazionali, in tale ambito, comportano comunque oneri e vincoli, qual è la soluzione più giusta per definire come dovranno essere distribuiti i costi per prevenire e per adattarsi ai cambiamenti climatici e come benefici e danni (anche di natura non economica) derivanti dal cambiamento del clima, dovranno essere conteggiati in futuro.

La complessità dell'argomento è tale che non esistono soluzioni univoche. Sono stati invocati vari principi dal "chi inquina paga", a quello della responsabilità differenziata (tra paesi ricchi e paesi poveri), da quello dell'egualitarismo a quello della proporzionalità (pro-capite, o a seconda del prodotto interno attuale e previsto, ecc.), fino alle proposte di strategie *no regret* (senza rimpianto) che non implicano costi nella situazione attuale e strategie di tipo assicurativo, basate su analisi di probabilità o di rischio.

Infine, ancora più nebbioso appare il problema dell'equità intergenerazionale. Le future generazioni non possono né intervenire, né influenzare le decisioni e gli impegni di oggi, ma ne subiscono, invece, le conseguenze. Gli economisti hanno proposto metodologie monetarie per confrontare costi/benefici delle attuali generazioni e costi/benefici di quelle future e ciò ha provocato più dissensi che consensi perché né l'ambiente, né la vita umana sono riconducibili a valori economici da inserire nei bilanci. I maggiori dissensi, in particolare, sono scaturiti dalla proposte, poi scartate, da parte di alcuni economisti che attribuivano all'ambiente e alla vita umana valori economici diversi da Paese a Paese.

Infatti, le implicazioni per l'attuazione degli impegni per la protezione del clima globale, e più in generale per l'attuazione dei principi dello sviluppo sostenibile, sono diverse fra Paesi sviluppati e Paesi in via di sviluppo. Come è noto, in questi ultimi le priorità più urgenti non sono sempre compatibili con lo sviluppo sostenibile, vi sono istituzioni più deboli, e la vulnerabilità ambientale e territoriale ad eventuali cambiamenti globali è più elevata.

Poiché, allo stato attuale, il problema dell'equità più volte menzionato negli accordi internazionali non ha ancora trovato una soluzione applicativa chiaramente individuabile, i problemi sociali ed economici legati ai cambiamenti climatici non possono risolversi invocando filosofici principi di equità, ma possono risolversi concretamente solo sulla base del consenso e della trattativa, soprattutto a livello regionale a seconda dei contesti economici ed ambientali nazionali o per gruppi di nazioni attraverso ulteriori accordi su base volontaria.

Va, infine, tenuto presente che comunque vengano affrontati e risolti i problemi di equità internazionale per la prevenzione, la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici, i principi etici individuali di ogni essere umano (come la necessità di soddisfare i propri bisogni primari e il diritto ad una migliore qualità della vita) non devono essere posti in secondo piano. Se le scelte e le decisioni per attuare lo sviluppo sostenibile non dovrebbero aggravare le disuguaglianze fra una regione e l'altra del nostro pianeta, allora non dovrebbero neanche tentare di risolvere tutti i problemi di equità che si pongono sia a livello di individui, sia a livello di nazioni e di popoli, sia a livello di generazioni attuali e future.

BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

- AGARWAL, A., 2001: MAKING THE KYOTO PROTOCOL WORK, REPORT OF THE CSE INDIA, CENTRE FOR SCIENCE AND ENVIRONMENT, PP. 1-16
- CUBASH, U. ET AL., 1996: ESTIMATES OF CLIMATE CHANGE IN SOUTHERN EUROPE, CLIMATE RESEARCH, N. 7, PP. 129-149
- FERRARA, V. E MARGOTTINI, C., 1999: CLIMA E CATASTROFI NATURALI IN AMERICA LATINA: EL NIÑO E LE POLITICHE DI PREVENZIONE, ATTI CONF. INT. "EL NIÑO ED I SUOI EFFETTI", IILA, ROMA, V. 12, PP. 119-131
- FERRARA, V., 1997: LA COMPLESSITÀ DEI PROBLEMI DEL CLIMA GLOBALE, IN "ENERGIA AMBIENTE ED INNOVAZIONE" N. 3, PP. 27-45
- JOOS, F. ET AL., 1999: GLOBAL WARMING AND MARINE CARBON CYCLE FEEDBACKS ON FUTURE ATMOSPHERIC CO₂, SCIENCE, N. 284, PP. 464-467
- KASTING, J. F., 1998: THE CARBON CYCLE, CLIMATE, AND THE LONG-TERM EFFECTS OF FOSSIL FUEL BURNING, CONSEQUENCES, V. 4, N. 1, SAGINAW VALLEY STATE UNIVERSITY, MI
- KOERNER, C., 1996: THE RESPONSE OF COMPLEX MULTISPECIES SYSTEMS TO ELEVATED CO₂, GLOBAL CHANGE AND TERRESTRIAL ECOSYSTEMS, CAMBRIDGE UNIV. PRESS, PP. 20-42
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2001: CLIMATE CHANGE 2001: THE SCIENTIFIC BASIS, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, NEW YORK
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2001: CLIMATE CHANGE 2001: IMPACTS, ADAPTATION AND VULNERABILITY, CAM-

BRIDGE UNIVERSITY PRESS, NEW YORK

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2001: CLIMATE CHANGE 2001: MITIGATION, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, NEW YORK

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 1998: THE REGIONAL IMPACTS OF CLIMATE CHANGE: AN ASSESSMENT OF VULNERABILITY, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, NEW YORK

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 1996: IMPACTS, ADAPTATION AND MITIGATION OF CLIMATE CHANGE: SCIENTIFIC-TECHNICAL ANALYSES, IPCC-WG2, CAMBRIDGE UNIV. PRESS, PP. 773-797

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 1995: RADIATIVE FORCING OF CLIMATE CHANGE: AN EVALUATION OF THE EMISSION SCENARIOS, GENEVA

MINISTERO DELL'AMBIENTE, 1998: SECONDA COMUNICAZIONE NAZIONALE DELL'ITALIA ALLA CONVENZIONE QUADRO SUI CAMBIAMENTI CLIMATICI DELLE NAZIONI UNITE

MINISTERO DELL'AMBIENTE, 1998: CLIMA E OZONO. LE SFIDE AMBIENTALI DEL XXI SECOLO, (IN COLLABORAZIONE CON OASIS)

MOODY-STUART, M., 1999: THE IMPORTANCE OF THE KYOTO MECHANISMS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND BUSINESS, MINISTERIAL FORUM ON THE KYOTO MECHANISMS, OTTAWA, CANADA, 8 OCTOBER 1999.

NICHOLIS R.J., HOOZEMANS, F.M.J. MARCHNAD M, 1999 - INCREASING FLOOD RISK AND WETLAND LOSSES DUE TO SEA LEVEL RISE - GLOBAL ENVIRONMENTAL CHANGE, N. 9, PP. 69-87)

PRENTICE C.(COORD.), 2000: DISCUSSION PAPER ON THE CARBON CYCLE AND ATMOSPHERIC CO₂, IPCC-WG1, IPCC, GENEVA (WORK IN PROGRESS)

SARMIENTO, J.L. ET AL., 1998: SIMULATED RESPONSE OF THE OCEAN CARBON CYCLE TO ANTHROPOGENIC CLIMATE WARMING, NATURE, N. 393, PP. 245-249

SCIORTINO, M. ET AL., 2000: LA LOTTA ALLA DESERTIFICAZIONE IN ITALIA E NEL BACINO DEL MEDITERRANEO, IN "COMPLESSITÀ E SVILUPPO" ENEA 2000, PP. 37-46

SHIMEL, D.S. ET AL., 1996: THE GLOBAL CARBON CYCLE, IPCC-SR, CAMBRIDGE UNIV. PRESS, PP. 76-86

SHOLES, R.J. ET AL., 1999: BIOGEOCHEMISTRY OF TERRESTRIAL ECOSYSTEMS, IN "TERRESTRIAL BIOSPHERE AND GLOBAL CHANGE", CAMBRIDGE UNIV. PRESS

UNIONE EUROPEA, 1999: "PREPARAZIONE DELL'ATTUAZIONE DEL PROTOCOLLO DI KYOTO". COMUNICAZIONE DELLA COMMISSIONE AL CONSIGLIO E AL PARLAMENTO EUROPEO. COMMISSIONE DELLE COMUNITÀ EUROPEE. BRUXELLES, 19/5/1999, COM (1999) 230 DEF.

UNIONE EUROPEA, 1999: "COUNCIL CONCLUSIONS ON A COMMUNITY STRATEGY ON CLIMATE CHANGE". CONSIGLIO DELL'UNIONE EUROPEA. BRUXELLES, 18/5/1999.

VALENTINI, R., ET AL., 2000: ACCOUNTING FOR CARBON SINKS IN THE BIOSPHERE, IN "EUROPEAN PERSPECTIVE", HORHOLD, JENA

APPENDICE 1

PUNTI SALIENTI DEL COMPROMESSO SULL'ATTUAZIONE DEL PROTOCOLLO DI KYOTO DOPO LA CONFERENZA DELLE PARTI DI MARRAKESH (COP-7)

I principali argomenti di controversia nei negoziati internazionali per l'attuazione del protocollo di Kyoto sono quattro: i "sinks" (vale a dire gli assorbitori dell'anidride carbonica atmosferica), i meccanismi flessibili (vale a dire le modalità di cooperazione internazionale fra i vari Paesi), le risorse finanziarie (vale a dire i fondi disponibili per i Paesi in via di sviluppo), la "compliance" (vale a dire il sistema di sorveglianza, controllo ed i meccanismi sanzionatori). Questi argomenti di controversia vengono qui di seguito schematizzati, mostrando il loro sviluppo nelle fasi successive e gli accordi raggiunti.

SINKS

I cosiddetti "sink" di carbonio (assorbitori di anidride carbonica) sono previsti come mezzo o strumento possibile per l'attuazione degli impegni di riduzione delle "emissioni nette" di gas di serra. L'argomento "sink" è trattato, per la parte attuativa, negli artt. 3.3 e 3.4 del Protocollo di Kyoto, dove tali "sink" vengono riferiti sia alla forestazione, riforestazione ed afforestazione (art. 3.3), sia all'uso del suolo ed ai cambiamenti dell'uso del suolo (art. 3.4).

L'Aia

L'Unione europea intendeva introdurre l'uso dei "sink", solo per la parte riguardante l'art. 3.3 (escluso quindi l'art. 3.4) e limitatamente ad una quota delle azioni di riduzione delle emissioni nette condotte in ambito nazionale o tutt'al più condotte in cooperazione tra Paesi dell'Annesso I (Paesi industrializzati). Il ricorso ai sink doveva essere comunque escluso, per il primo periodo di attuazione del Protocollo, dal *clean development mechanism* (cooperazione con i Paesi in via di sviluppo) e doveva in ogni caso rispettare il principio di complementarità (almeno il 50% degli impegni dovevano essere attuati in ambito nazionale ed il resto in cooperazione internazionale). USA e paesi detti del "umbrella group" (Australia, Canada, Giappone e Nuova Zelanda) erano contrari a questi vincoli.

Bonn

Non ci sono più vincoli di principio per un ampio utilizzo dei "sink" sia in ambito nazionale che internazionale, salvo il fatto che i crediti derivanti dall'uso dei "sinks" possono essere riconosciuti fino ad un certo limite per le attività di gestione forestale, ma senza alcun limite per la gestione del suolo. La Tabella di tali limiti è stata concordata ed approvata per ciascuno dei Paesi dell'Annesso I.

Marrakesh

A Marrakesh su richiesta della Russia, viene adottata una apposita decisione (valida solo per la Russia) con la quale viene ampliato l'uso dei "sinks" per questo Paese con un limite che è circa doppio di quello con-

cordato ed approvato a Bonn in una apposita lista. Inoltre, vengono definite ed approvate le regole su come si contabilizzano emissioni ed assorbimenti (sinks).

MECCANISMI FLESSIBILI

Per l'attuazione degli impegni del Protocollo, sono previsti alcuni meccanismi di cooperazione internazionale sia all'interno dei Paesi dell'Annesso I (Paesi industrializzati), sia anche tra Paesi dell'Annesso I (Paesi industrializzati) e Paesi dell'Annesso II (Paesi in via di sviluppo). I meccanismi flessibili sono costituiti da 3 tipi di meccanismi che sono: la *joint implementation* (cooperazione all'interno dei Paesi sviluppati) la *emission trading* (commercio delle emissioni tra Paesi sviluppati) ed il *clean development mechanism* (cooperazione tra Paesi dell'Annesso I e Paesi dell'Annesso II)

L'Aia

Le regole e le procedure dei meccanismi flessibili sono stati oggetto di molte controversie le maggiori delle quali sono ruotate attorno alla:

- "supplementarietà", cioè quanti e quali impegni attuare in ambito nazionale e nell'ambito dei Paesi dell'Annesso I e quanto e quali impegni attuare tra Paesi dell'Annesso I e Paesi dell'Annesso II: la Ue aveva posto come vincolo il 50% in termini di azioni domestiche da attuare in ambito nazionale;

- regolamentazione e definizione della tipologia di progetti da realizzare attraverso il "clean development mechanism": l'Unione europea chiedeva che fosse data priorità a progetti riguardanti le energie rinnovabili e l'uso efficiente dell'energia, mentre fossero esclusi progetti riguardanti il nucleare e l'idroelettrico, oltre naturalmente ad escludere progetti di forestazione/riforestazione e di "sink" in genere;

- regolamentazione della "emission trading": l'Unione europea chiedeva che venissero esclusi dal commercio delle emissioni le quote di "hot air", cioè le quote di riduzione non riferibili ad azioni concrete di riduzione delle emissioni, ma determinate da altri fattori come per esempio la recessione economica che attualmente colpisce i Paesi dell'Est europeo.

Su questi punti, invece, i Paesi della "umbrella group" chiedevano solo indicazioni generali e comunque regole semplici per non compromettere l'uso complessivo di questi meccanismi (senza vincoli di complementarità, di hot air, ecc; ed estesi in ogni caso anche al nucleare e ai sink).

Bonn

Cadono i vincoli precedenti richiesti dalla Ue e vengono sostituiti da raccomandazioni o esortazioni, di cui le principali sono:

- i meccanismi flessibili devono essere supplementari alle azioni domestiche le quali devono, comunque, costituire un "significativo" contributo per ridurre le emissioni;

- l'energia nucleare viene esclusa come possibilità di generare crediti per la riduzione delle emissioni nella attuazione dei meccanismi flessibili, ma può essere utilizzata

come azione domestica;

- il 2% dei crediti derivanti dai progetti attuati attraverso il *clean development mechanism* vengono destinati ad alimentare uno speciale fondo il *Kyoto adaptation fund* (vedasi paragrafo successivo) per aiutare i Paesi poveri più vulnerabili ai cambiamenti climatici.

Marrakesh

A Marrakesh sono definite le regole, le procedure e le modalità attuative per l'uso della *emission trading* e del *clean development mechanism*. Vengono tra l'altro definite le "unità di riduzione delle emissioni" oggetto di scambio nei meccanismi flessibili, come queste unità si certificano (unità di emissione certificate), come vanno trasferite ed acquisite, ecc. Viene, inoltre, stabilito che i meccanismi flessibili possono essere utilizzati solo se si è in regola con l'attuazione dei propri obblighi. Vengono istituiti i "Registri nazionali" per la registrazione e la contabilizzazione sia delle "unità" (obblighi, crediti, ecc) sia delle transazioni operate ed in corso. Inoltre, viene istituito un *Executive Board* per il *clean development mechanism*, composto da 10 membri effettivi (e 5 supplenti) con compiti di supervisione, gestione e controllo di questo specifico meccanismo flessibile. Infine vengono anche eletti i 15 membri di questo *Executive Board*

RISORSE FINANZIARIE

Sull'argomento delle risorse finanziarie i Paesi in via di sviluppo chiedevano:

- risorse finanziarie disponibili per coprire i danni e, comunque, le conseguenze ambientali e socio economiche negative derivanti dai cambiamenti climatici (ed in particolare dall'acutizzarsi degli eventi estremi e dall'innalzamento del livello del mare) nei Paesi in via di sviluppo e nei Paesi delle piccole isole;

- finanziamenti del trasferimenti di tecnologie innovative ed eco-compatibili nei Paesi in via di sviluppo, comprese le azioni di *capacity building*;

- il finanziamento di progetti e interventi per l'adattamento ai cambiamenti climatici sia del territorio, che delle strutture socio-economiche dei Paesi in via di sviluppo.

L'Aia

L'argomento delle risorse finanziarie è stato discusso, ma non ha trovato alcuna soluzione

Bonn

Sono stati istituiti tre fondi specifici:

- il fondo denominato *climate change fund* per promuovere l'adattamento soprattutto nel campo dell'energia, dei trasporti, dell'industrie dell'agricoltura, nel campo della gestione forestale e della gestione dei rifiuti; sono previsti, tra l'altro, anche aiuti ai Paesi in via di sviluppo la cui economia è basata sulla produzione di petrolio affinché diversifichino la loro economia

- il un fondo denominato *least-developed countries fund* per lo sviluppo sostenibile del Paesi poveri da essere gestito in ambito Gef della World Bank

- il fondo denominato *Kyoto adap-*

tation fund per finanziare specifici progetti o programmi di adattamento mirati, con riferimento particolare ai problemi di vulnerabilità ai cambiamenti climatici degli Stati delle piccole isole ed dei Paesi più poveri.

A parte quest'ultimo fondo, non vengono per ora date indicazioni precise su chi e su come alimentare questi fondi. Tuttavia, l'Unione europea, il Canada, la Nuova Zelanda, la Svizzera, la Norvegia e l'Islanda hanno promesso un contributo di 410 milioni di dollari all'anno a partire dal 2005, con una revisione del finanziamento nel 2008. Non necessariamente tale contributo verrà versato sui fondi sopradetti, ma potrebbero anche essere destinati tramite accordi bilaterali ai Paesi che ne avranno bisogno e ne usufruiranno.

Marrakesh

Vengono date indicazioni precise per il *Kyoto adaptation fund*, mentre indicazioni di carattere generale per gli altri due fondi. L'argomento sarà oggetto di ulteriori approfondimenti, con l'entrata in vigore del Protocollo.

COMPLIANCE

La "compliance" riguarda tutto il sistema di verifiche e controlli della corretta attuazione degli impegni assunti comprese le sanzioni per gli inadempienti. I principali problemi da risolvere erano:

- se e come deve essere fatto il differente sistema di controlli e sanzioni per i Paesi dell'Annesso I e Paesi dell'Annesso II, dal momento che il Protocollo di Kyoto, così com'è, diventerà esecutivo solo per i Paesi dell'Annesso I, mentre i Paesi dell'Annesso II vengono coinvolti indirettamente tramite il "clean development mechanism";

- quali devono essere le conseguenze per gli inadempienti, vale a dire il tipo, la natura e la durata delle sanzioni, nonché l'uso dei fondi derivanti da sanzioni economiche;

- come rendere operativo tutto il sistema di "compliance" che, per essere veramente efficace, prefiggerebbe una internazionale e sovranazionale autorizzata a violare il principio di sovranità nazionale;

- come è composta questa Autorità sovranazionale per i controlli e le sanzioni e come si scelgono i membri chiamati a farne parte.

L'Aia

L'argomento era stato ampiamente dibattuto ed erano emerse posizioni molto divergenti fra Unione Europea e Paesi della "umbrella group", e pertanto non si era trovato alcun accordo

Bonn

Sono state risolte alcune questioni di base, ma molti argomenti devono essere ulteriormente approfonditi. Si è convenuto, innanzitutto che uno speciale "compliance committee" ha il compito di sorvegliare e controllare l'attuazione degli impegni e punire gli inadempienti con opportune sanzioni.

Si è convenuto, inoltre, che le penalità sono fondamentalmente le seguenti:

- una penalizzazione per gli inadempienti sui loro diritti di emissione:

le emissioni in eccesso rispetto alla quota stabilita nel primo periodo di impegni (al 2012) saranno dedotte dai permessi o dai crediti di emissione per il periodo successivo al 2012;

- una penalizzazione aggiuntiva agli inadempienti in termini di una sanzione pari al 30% del valore delle emissioni in eccesso, sanzione da considerare come risarcimento dei danni causati all'ambiente

Tali penalizzazioni non sono, per ora, "legalmente vincolanti" dal momento che violerebbero il principio della sovranità nazionale e quindi l'argomento dovrà essere ripreso ed approfondito successivamente per trovare una soluzione attuativa.

Anche altri approfondimenti successivi saranno necessari in relazione agli eventuali disequilibri indotti sui meccanismi di mercato dall'attuazione di quanto sopra.

Marrakesh

Nel confermare che le penalizzazioni non saranno, per ora, "legalmente vincolanti", viene tuttavia stabilito che la decisione sulle forme di vincolo legale e su tutte le questioni legali della "compliance" venga adottata dalla Mop (*Meeting of Parties*) che sarà l'Organo supremo di attuazione del Protocollo di Kyoto, quando sarà ratificato ed entrerà in vigore (nel 2003). Il Mop, infatti, è l'analogo della Cop per la Unfccc, ma con compiti esclusivi sull'attuazione del Protocollo (la sigla completa è Cop/Mop).

Viene, inoltre:

- istituito formalmente il *Compliance Committee*, con il compito di sorvegliare e controllare l'attuazione degli impegni e definire le sanzioni per gli inadempienti, costituito da 20 membri, e suddiviso in due banche: una *facilitative branch* ed una *enforcement branch*.

- stabilito che la *facilitative branch* ha compiti di assistenza per l'attuazione degli obblighi, e compiti di verifica e controllo sul corretto adempimento degli obblighi;

- stabilito che la *enforcement branch* ha compiti di giudicare se e quando esistono inadempienze e stabilire le relative penalità;

- approvato il regolamento per le verifiche ed i controlli e le relative procedure, comprese le procedure di ricorso e di appello contro le decisioni del *Compliance Committee*;

- individuata una lista delle penalità tra cui l'esclusione degli inadempienti dall'accesso ai meccanismi flessibili e quelle sanzioni già individuate nella precedente sessione di Bonn.

APPENDICE 2

CLIMATE CHANGE 2001: THE THIRD ASSESSMENT REPORT OF THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE

STATEMENT AT THE SEVENTH CONFERENCE OF PARTIES TO THE UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE,

(Marrakech, Morocco, November 7, 2001)

Mr. Chairman, Excellencies, di-

stinguished delegates, it is a pleasure and honour for me to address you today on behalf of the chairman of the Intergovernmental Panel on Climate Change. The IPCC values its close collaboration with the Parties to the Framework Convention on Climate Change, its Secretariat and its subsidiary bodies, and prides itself on being responsive to addressing your needs.

As you debate the issues associated with effective implementation of the Convention and the Kyoto Protocol, let me remind you that the overwhelming majority of scientific experts, whilst recognizing that scientific uncertainties exist, nonetheless believe that human-induced climate change is already occurring, that future changes in climate are inevitable, and that while there will be some beneficial effects of climate change there are many adverse effects on human health, ecological systems and socio-economic sectors, with developing countries being the most vulnerable. The experts also concluded that there are many policies and technologies that can be used to mitigate greenhouse gas emissions.

The IPCC has now finalised its work on the Third Assessment Report. The three Working Group Reports and the Synthesis Report, along with their Summaries for Policymakers, are now available. Each delegation has been provided with a copy of the Synthesis Report.

The key conclusions of the Synthesis Report include:

- * Climate change is not just an environmental issue, but is part of the larger challenge of sustainable development

- * Natural, technical, and social sciences can provide essential information and evidence needed for decisions on what constitutes "dangerous anthropogenic interference with the climate system" (the key question regarding the Climate Change Convention long-term objective). However, deciding what constitutes "dangerous anthropogenic interference with the climate system" is a value judgement determined through socio-political processes taking into account considerations such as development, equity, and sustainability, as well as uncertainties and risk

- * The Earth's climate system has demonstrably changed on both global and regional scales since the pre-industrial era, with some of these changes attributable to human activities. There is new and stronger evidence that most of the observed warming of the past 50 years is attributable to human activities

- * Recent regional changes in climate, particularly increases in temperature, have already affected hydrological systems and terrestrial and marine ecosystems in many parts of the world. The rising socio-economic costs related to weather damages and to regional variations in climate suggest increasing vulnerability to climate change.

- * Carbon dioxide concentrations, globally averaged surface temperature, and sea level are projected to increase under all IPCC emissions scenarios during the 21st century. Projections using these scenarios in a range of climate models result in an increase in globally averaged temperatures of 1.4 to 5.8 degrees Celsius over the period 1990- 2100.

- * Projected climate change will have beneficial and adverse effects on both environmental and socio-economic systems, but the larger the changes and rate of change in climate, the more the adverse effects predominate. The impacts of climate change will fall disproportionately upon developing countries and poor people in all countries and thereby exacerbate inequities in health status and access to adequate food, clean water and other resources.

- * Adaptation has the potential to reduce adverse effects of climate change and can often produce immediate ancillary benefits, but will not prevent all damages.

- * An increase in climate variability and some extreme events is projected. Models project changes in frequency, intensity and duration of extreme events, such as more hot days, heat waves, heavy precipitation events and fewer cold days.

- * Greenhouse gas forcing in the 21st century could set in motion large-scale, high-impact, non-linear, and potentially abrupt changes in physical and biological systems over the coming decades to millennia, with a wide range of associated likelihoods.

- * Inertia is a widespread inherent characteristic of the interacting climate, ecological, and socio-economic systems. Thus some impacts of anthropogenic climate change may be slow to become apparent, and some could be irreversible if climate change is not limited in both rate and magnitude before associated thresholds, (whose positions may be poorly known), are crossed

- * Reducing emissions of greenhouse gases to stabilize their atmospheric concentrations would delay and reduce damages caused by climate change. When CO₂ concentration levels would be stabilised between 450 and 1000 ppm, the increase of global average surface temperature would be limited to 1.2 to 3.5 degrees Celsius by the year 2100. The equilibrium temperature rise would take many centuries to reach, and ranges from 1.5 to 3.9 above the 1990 level for stabilisation at 450 ppm and 3.5 to 8.7 above 1990 level for stabilisation at 1000 ppmv. Sea level and ice sheets would continue to respond to warming for many centuries after greenhouse gas concentrations have been stabilised.

- * Carbon cycle models indicate that stabilisation of atmospheric CO₂ concentrations at 450, 650 or 1000 ppm would require global anthropogenic CO₂ emissions to

drop below the year 1990 levels within a few decades (for 450 ppm), within about a century (for 650 ppm) and within about 2 centuries (for 1000 ppm). Eventually CO₂ emissions would need to decline to a very small fraction of current emissions.

- * Adaptation is a necessary strategy at all scales to complement climate change mitigation efforts. Together they can contribute to sustainable development objectives.

- * There are many opportunities including technological options to reduce near-term emissions, but barriers to their deployment exist

- * Cost estimates by different models and studies vary for many reasons. Studies examined in the TAR suggest substantial opportunities for lowering mitigation costs. Emissions constraints on Annex I countries have well-established "spill-over" effects on non-Annex I countries. Both the pathway to stabilization and the stabilization level itself are key determinants of mitigation costs.

- * Technology development and diffusion are important components of cost-effective stabilisation

- * Local, regional, and global environmental issues are inextricably linked and affect sustainable development. Therefore, there are synergistic opportunities to develop more effective response options to these environmental issues that enhance benefits, reduce costs, and more sustainably meet human needs. The capacity of a country to adapt or mitigate can be enhanced when climate policies are integrated into national development policies, including economic, social and environmental dimensions.

IPCC hopes these findings will assist you in taking decisions about implementation of the Climate Convention and the Kyoto Protocol. We realise there is still a lot of work to do to disseminate the scientific information to all those that have an important role to play in actual implementation in your respective countries, in government, the business community and civil society. IPCC stands ready to assist you in this important task, with the help of the international community. There are good indications that such an effort will be facilitated by some of the decisions that lay before this Conference of Parties. IPCC sincerely hopes the dissemination of its work will be an incentive for scientists in developing countries to get involved in research in this field and for governments in developing countries to put priority on this field of research. This will enable IPCC to include more top level scientists from developing countries in its future assessment activities to assist you as decision-makers to address climate change.

Thank you for your attention

Bert Metz
on behalf of the Chairman of IPCC, Dr. Robert Watson

GIOVANNI ORSI
SANDRO DE VITA
MAURO DI VITO
ROBERTO ISAIA

OSSERVATORIO VESUVIANO - INGV

IL RISCHIO VULCANICO

Parole chiave: eruzioni vulcaniche, rischio, zonazione, Vesuvio, precursori.

INTRODUZIONE

Sulla terra vi sono circa 600 vulcani attivi; da 50 a 65 di essi eruttano mediamente ogni anno (Simkin et al., 1981). Dall'anno 1000 a oggi, circa 300.000 persone sono state uccise direttamente o indirettamente dall'attività vulcanica. Anche se questo valore può sembrare minimo rispetto a quello prodotto da altri tipi di catastrofi sia naturali (inondazioni, uragani, carestie, epidemie, frane, terremoti, ecc.) che generate dall'uomo (guerre, incidenti, ecc.), le eruzioni vulcaniche, i più spettacolari e temuti pericoli naturali, hanno un impatto ambientale ed economico che va oltre la perdita di vite umane. Esse infatti possono indurre danni o distruzioni di beni, carestie, malattie, intensa erosione e sedimentazione, non coltivabilità di terreni, traumi sociali, ecc. (Blong, 1984; Grayson e Sheeet, 1981; Tilling, 1989).

L'attività dei vulcani si esplica attraverso una molteplicità di fenomenologie con diverso impatto sull'uomo e sull'ambiente e, quindi, a diversa pericolosità. I principali eventi vulcanici potenzialmente pericolosi sono: caduta di particelle, scorrimento di colate piroclastiche, scorrimento di colate di lava e formazione di duomi di lava, scorrimento di colate di fango, emissione di gas. Fra gli eventi pericolosi legati all'attività dei vulcani vi sono maremoti, deformazioni del suolo, terremoti, collassi strutturali, fenomeni atmosferici, piogge acide.

Le colate piroclastiche sono i più distruttivi fra i fenomeni vulcanici in quanto bruciano, distruggono e seppelliscono tutto ciò che è esposto lungo il loro percorso. Con il termine colate piroclastiche qui si indicano tutti i flussi, indipendentemente dalla loro concentrazione e dinamica, costituiti da gas e particelle di varie dimensioni e natura (frammenti di magma più o meno solidificati, cristalli sciolti, frammenti di rocce) che scorrono al suolo ad alta velocità. Nessuna

forma di vita può sopravvivere al loro passaggio per la loro violenza, l'alta temperatura, la presenza di gas tossici e asfissianti, e la presenza di particelle. Le colate di fango seguono i flussi piroclastici in termini di pericolosità, in quanto distruggono tutto ciò che incontrano lungo le valli in cui scor-

rano e al loro sbocco in pianura. Anche la caduta di particelle (pomice, scorie, cenere, frammenti litici, cristalli) rappresenta un pericolo sia per l'uomo che per l'ambiente. Nelle aree prossime al centro di emissione, l'impatto di frammenti di grosse dimensioni può essere anche letale. Alcune parti-

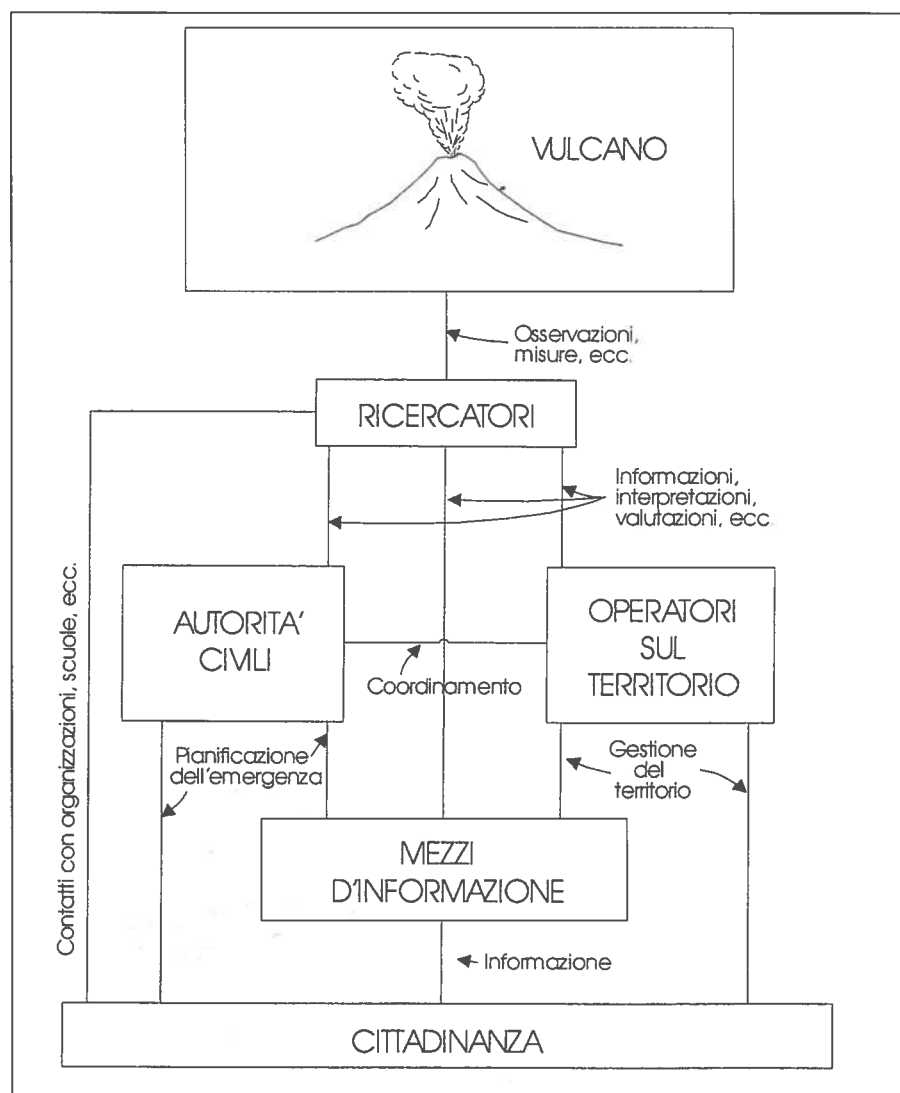


Fig. 1 - Rappresentazione schematica del flusso di informazioni sulla pericolosità vulcanica dai vulcanologi alla cittadinanza (Fonte: Peterson, 1988).

celle possono cadere ancora calde abbastanza da innescare incendi, oppure contenere elementi tossici che danneggiano le falde acquifere e i suoli. Le particelle più piccole (cenere) hanno significativi effetti sul sistema respiratorio di tutti gli esseri viventi. L'accumulo di particelle può determinare il cedimento delle coperture di strutture edilizie, ricoprire i terreni agricoli, distruggendo i raccolti e rendendoli non coltivabili anche per alcune generazioni, rendere difficile la circolazione stradale, e intasare le reti fognarie, impedendo lo smaltimento delle acque delle piogge che sovente accompagnano le eruzioni esplosive. Una copertura di cenere determina una diminuzione della capacità di infiltrazione delle acque superficiali e quindi un incremento dei processi erosionali. La cenere dispersa nell'atmosfera può ridurre la visibilità e impedire la circolazione aerea. Le colate di lava invece, non sono direttamente un pericolo per le persone in quanto si muovono a bassa velocità in bassi morfologici. Esse distruggono tutto ciò che non può essere rimosso dal loro percorso e possono innescare incendi o provocare esplosioni. I gas vulcanici possono rappresentare un pericolo per la vita e

la salute dell'uomo, danneggiare strutture edilizie, e danneggiare e inquinare le colture, con effetti letali sugli animali che se ne cibano. Molte specie di gas, infatti, abbassano considerevolmente il pH dell'acqua di origine meteorica che attraversa una nube eruttiva, fino a rendere quest'ultima particolarmente aggressiva e dannosa per le coltivazioni, oltre che per gli esseri viventi e i manufatti a essa esposti. Un'onda di maremoto può avere effetti devastanti su tutti gli esseri viventi e le strutture che colpisce. Le deformazioni del suolo solo raramente costituiscono un significativo pericolo. Una deformazione localizzata può determinare un aumento dell'inclinazione del pendio di un vulcano con conseguente aumento della possibilità di generazione di movimenti gravitativi superficiali. I terremoti di origine vulcanica generalmente sono di magnitudo inferiore ai terremoti tettonici. A causa della superficialità degli ipocentri, gli eventi di maggiore magnitudo possono causare, anche se solo localmente, sensibili danni. Collassi strutturali possono causare frane lungo i versanti di un vulcano o il collasso di un suo settore. Essi possono anche produrre caldere con lo sprofondamento di settori

crostali anche molto estesi (alcuni chilometri quadrati). Inoltre intense precipitazioni piovose, scariche elettriche, propagazione di onde sonore e di onde d'urto nell'atmosfera, spesso si accompagnano alle eruzioni vulcaniche e sono causa di danni di modesta entità.

PERICOLOSITÀ E RISCHIO VULCANICO

La moderna ricerca vulcanologica ha fra i suoi obiettivi primari la previsione delle eruzioni, la valutazione della pericolosità di un vulcano, e la zonazione del territorio in funzione delle fenomenologie eruttive attese.

La previsione delle eruzioni può essere effettuata sia a lungo che a breve termine. La previsione a lungo termine consiste nell'ipotizzare le probabili fenomenologie eruttive future, mentre la previsione a breve termine consiste nel prevedere l'accadimento di un'eruzione. Il presupposto per una previsione a lungo termine è che i fenomeni eruttivi futuri avranno le stesse modalità e la stessa frequenza media di quelli del passato. Pertanto, per formulare ipotesi circa il possibile comportamento futuro di un vulcano, incluso il suo sistema magmatico di alimentazione, è indispensabile ricostruirne la storia, comprenderne la legge di comportamento nel passato, e definirne lo stato di attività, attraverso indagini geologiche, vulcanologiche, petrologiche e geocronologiche, e ricerche storico-documentarie. La previsione a breve termine si basa sul fatto che l'evoluzione di un sistema vulcanico da uno stato di quiescenza ad uno stato pre-eruttivo, fino all'eruzione, implica la risalita del magma verso la superficie. Questa risalita causa variazioni di parametri fisici e chimici sia nel magma che nelle rocce circostanti. Le variazioni rilevabili in superficie costituiscono i fenomeni precursori di un'eruzione. La loro evoluzione nel tempo, definita tramite le reti di sorveglianza geofisiche e geochemiche, è l'elemento su cui si basa la previsione a breve termine di un'eruzione.

I termini pericolosità e rischio, spesso usati come sinonimi, hanno di fatto significati molto differenti. Infatti il rischio vulcanico è dato dal prodotto di tre fattori: pericolosità, valore esposto e vulnerabilità (Unesco, 1972). La pericolosità vulcanica è la probabilità che una regione sia interessata da fenomeni vulcanici potenzialmente distruttivi in un determinato intervallo di tempo, e viene riferita a fenomeni ben definiti quali ad esempio colate di lava, flussi piroclastici e caduta di particelle. Il valore esposto è dato dal numero di persone, dal numero e dalla tipologia delle costruzioni, dalla superficie di terreno agricolo, dalle infrastrutture e quant'altro, esposti al pericolo. La vulnerabilità è la percentuale di valore che si stima verrà perduto per effetto di un determinato evento.

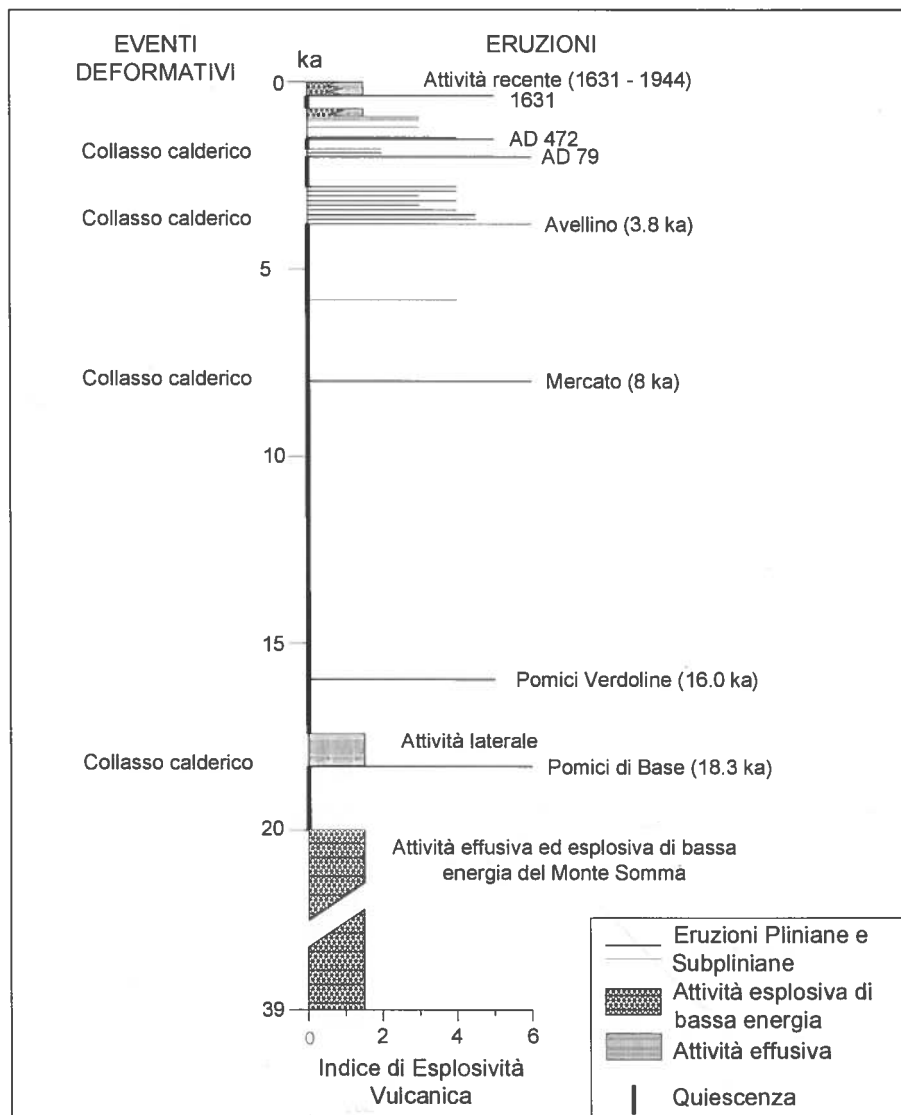


Fig. 2 - Cronogramma dell'attività del Somma-Vesuvio (Fonte: Orsi et al., 2003a).

Alla luce di quanto detto, si deduce che l'uomo non può agire sulla pericolosità di un vulcano, ma può, attraverso una corretta gestione del territorio e adeguate misure di prevenzione, evitare o almeno limitare, l'aumento del valore esposto e della vulnerabilità, e quindi del rischio. Inoltre è evidente che la stima del rischio vulcanico e la pianificazione degli interventi per la sua mitigazione devono essere basati sia sulla valutazione della pericolosità di un dato vulcano che sui risultati di studi socio-economici. Questi ultimi sfuggono alle competenze specifiche del vulcanologo, mentre la valutazione della pericolosità vulcanica è compito precipuo della vulcanologia.

MITIGAZIONE DEL RISCHIO GENERALITÀ

La zonazione del territorio in funzione dei pericoli vulcanici, viene effettuata sulla base delle caratteristiche dell'eruzione attesa (desunte dagli studi geologici, vulcanologici, petrologici e geocronologici, e elaborate attraverso modellazioni numeriche) e della morfologia del territorio, e viene rappresentata su carte di pericolosità. Se a queste si sovrappongono anche le variabili dipendenti dalla presenza dell'uomo e dall'uso del territorio, si costruiscono carte di ri-

schio. La valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio vulcanico sono il presupposto fondamentale per la corretta programmazione dello sviluppo del territorio e per l'elaborazione di azioni tendenti alla mitigazione del rischio da parte delle autorità responsabili. Elementi indispensabili per una efficace attuazione di tali azioni sono l'educazione, la corretta circolazione delle informazioni e una stretta interazione tra vulcanologi, autorità civili, operatori sul territorio, mezzi di informazione e cittadinanza (fig. 1).

Per l'ottimizzazione degli interventi al fine di mitigare il rischio, sia in periodi di attività che in periodi di riposo di un vulcano, strumento indispensabile sono i piani di emergenza. Questi devono essere elaborati in funzione delle fenomenologie eruttive attese in un determinato intervallo di tempo, degli indicatori di rischio, della densità abitativa, della qualità delle infrastrutture territoriali e del comportamento della popolazione. Poiché ciascuno di questi parametri può variare nel tempo, un piano di emergenza non deve essere uno strumento statico e valido per un tempo indefinito, ma deve essere sottoposto a periodici aggiornamenti.

L'ESEMPIO DELL'AREA NAPOLETANA

Nonostante vaste aree del territorio nazionale siano esposte a pericolosità vulcanica e molte, essendo densamente abitate e sede di attività produttive, siano ad elevato rischio vulcanico, esistono piani di emergenza solo per alcune di esse. Una di queste è l'area napoletana che, per la presenza dei tre vulcani attivi Vesuvio, Campi Flegrei e Ischia, l'elevata densità demografica e la vulnerabilità del territorio, è una delle aree a più alto rischio vulcanico al mondo. Per la mitigazione di un così alto rischio, il Dipartimento della Protezione Civile ha elaborato nel 1995 un piano di emergenza nazionale per l'area vesuviana. A seguito della crisi bradisismica 1982-84, la Prefettura di Napoli elaborò nel 1984 un piano di emergenza per l'area flegrea. Nel 1996, il Dipartimento della Protezione Civile ha nominato una commissione incaricata di provvedere all'aggiornamento dei piani di emergenza dell'area vesuviana e flegrea.

SOMMA-VESUVIO

Il Somma-Vesuvio è un vulcano centrale costituito dal più vecchio edificio del Monte Somma, la cui attività terminò con lo sprofondamento di una caldera sommitale, e dal più recente cono del Vesuvio, cresciuto all'interno della caldera (Cioni et al.,

LIVELLI DI ALLERTA	STATO DEL VULCANO	PROBABILITÀ DI ERUZIONE	TEMPO DI ATTESA ERUZIONE	SISTEMA DI PROTEZIONE CIVILE		FASI
				Comunità Scientifica	Risposte Operative	
Base	Nessuna variazione significativa di parametri controllati	Molto bassa	Indefinito, comunque non meno di diversi mesi	Attività di sorveglianza secondo quanto programmato	Commissione Nazionale Attività ordinaria	
Attenzione	Variazione significativa di parametri controllati	Bassa	Indefinito, comunque non meno di alcuni mesi	Stato di allerta tecnico scientifico ed incremento dei sistemi di sorveglianza	Dipartimento della Protezione Civile - Attivazione della fase di attenzione - Comunicazione al Prefetto di Napoli Prefettura di Napoli - Convocazione del C.C.S. - Organizzazione supporto logistico alla Comunità Scientifica - Organizzazione delle prime informazioni alla popolazione unitamente ai Sindaci dei comuni interessati - Comunicazione a: a) Dipartimento della Protezione Civile b) Ministero dell'Interno c) Presidente Giunta Regionale Campania d) Presidente Amministrazione Provinciale di Napoli e) Sindaci	I FASE Attenzione
Preallarme	Ulteriore variazione di parametri controllati	Media	Indefinito, comunque non meno di alcune settimane	Continua l'attività di sorveglianza, simulazione dei possibili fenomeni eruttivi	Dipartimento della Protezione Civile - Attivazione della fase di preallarme - Richiesta dichiarazione Stato d'Emergenza - Convocazione Comitato Operativo di Protezione Civile - Nomina del Commissario Delegato da parte del P.C.M. - Attivazione della Direzione di Comando e Controllo Dipartimento della Protezione Civile (D.COMA.C.) - Attivazione del C.C.S. nelle Prefetture della Campania e delle regioni ospitanti - Attivazione degli organismi Regionali e Provinciali di P.C. della Campania e di tutte le regioni ospitanti - Posizionamento soccorritori - Allontanamento spontaneo della popolazione	II FASE Preallarme
Allarme	Comparsa di fenomeni e/o andamenti di parametri controllati che indicano una dinamica pre-eruttiva	Alta	Da settimane a mesi	Sorveglianza con sistemi remoti	Dipartimento della Protezione Civile (D.COMA.C.) - Attivazione della fase di allarme - Evacuazione dei 18 comuni vesuviani - Allontanamento capi famiglia con mezzi propri - Attivazione Sala Operativa alternativa - Impiegamento dei soccorritori - Spostamento Centri Operativi in Zona Gialla - Controllo del territorio evacuato al limite esterno della zona rossa - Allertamento strutture ricettive della Campania	III FASE Allarme
Evento in corso (Eruzione)				Sorveglianza con sistemi remoti; definizione cono di interferenza dell'eruzione con la zona gialla	Dipartimento della Protezione Civile (D.COMA.C.) - Controllo fenomeno per la definizione delle aree della zona gialla da evacuare - Raccolta, elaborazione e catalogazione dati sull'andamento del fenomeno e della operazione - Predisposizione strutture ricettive della Campania ed evacuazione Zona Gialla	IV FASE Evento in corso
				Continua la sorveglianza con sistemi remoti; inizia la ricostruzione dei sistemi di sorveglianza in loco	Dipartimento della Protezione Civile (D.COMA.C.) - Rioccupazione delle strutture operative sul territorio - Operazioni tecnico-scientifiche di verifica del territorio finalizzate al rientro della popolazione (Regione, Provincia, Comuni, Prov. OO.PP., Gruppi Nazionali, V.V.F.) Dipartimento della Protezione Civile - Rientro controllato - Richiesta revoca stato di emergenza	V FASE Dopo l'evento

Fig. 3 - Modulo operativo del piano emergenza "Vesuvio" (Fonte: Dipartimento della Protezione Civile).

1999). La sua attività è iniziata verosimilmente dopo l'eruzione dell'Ignimbrite Campana avvenuta nei Campi Flegrei (39 ka) (fig. 2). La crescita del vulcano del Monte Somma è stata caratterizzata da eruzioni prevalentemente effusive e subordinatamente esplosive di bassa energia (Andronico et al., 1995; Cioni et al., 1999). Essa è durata fino a 18.3 ka quando un collasso calderico legato all'eruzione pliniana delle Pomici di Base, ne determinò la parziale distruzione (Bertagnini et al., 1998). All'interno di questa caldera si è sviluppato il vulcano più giovane, il Vesuvio. Fino al 79 d.C., l'attività del Vesuvio è stata caratterizzata da quattro eruzioni pliniane (Pomici Verdoline, 16.7 ka; Mercato, 8.0 ka; Avellino, 3.8 ka; Pompei, 79 d.C.) (Arno' et al., 1987; Andronico et al., 1995) avvenute dopo periodi di riposo di alcune migliaia di anni, e da eruzioni subpliniane, seguenti periodi di riposo di centinaia di anni. Dopo il 79 d.C., il Vesuvio produsse frequenti eruzioni per circa 1.000 anni e poi entrò in un periodo di riposo che iniziò nel 1139 e terminò nel 1631 con l'ultima eruzione subpliniana del vulcano. A questa è seguito un periodo di attività caratterizzato da fasi di attività stromboliana, brevi periodi di riposo, mai più lunghi di 7 anni, e violente eruzioni miste, effusive ed esplosive. Questo periodo di attività è terminato con l'eruzione del 1944, l'ultima del vulcano (Arrighi et al., 2001; Santacroce et al., 2003).

Il comportamento del Vesuvio nel corso della sua storia è stato caratterizzato dall'alternanza tra periodi di attività, durante i quali il condotto del vulcano è aperto, e periodi di riposo, in cui il condotto è ostruito (Santacroce et al., 2003). Durante i periodi a condotto ostruito l'attività eruttiva è assente e il magma proveniente dal profondo, si accumula in una camera magmatica superficiale. Questi periodi si concludono generalmente con un'eruzione esplosiva che è tanto più violenta quanto più lungo è stato il periodo di riposo che l'ha preceduta. A queste seguono periodi di attività a condotto aperto, caratterizzati dal susseguirsi a brevi intervalli temporali di eruzioni effusive, esplosive di bassa energia e miste. Alla luce del comportamento passato del Vesuvio si ritiene che l'ultima eruzione del 1944 ha segnato la fine di un periodo di attività eruttiva a condotto aperto, che durava dal 1631, e l'inizio di un periodo di riposo a condotto ostruito. Dal 1944 ad oggi il vulcano ha dato solamente modesti segni di vita quali attività fumarolica, prevalentemente all'interno del cratere, e terremoti di bassa energia con ipocentri fino a 6 km di profondità. Non ci sono state deformazioni del suolo né si è registrata alcuna variazione di altri parametri fisici e chimici che potessero indicare una modificazione nello stato del vulcano (Civetta et al., 1998). I risultati di indagini geo-

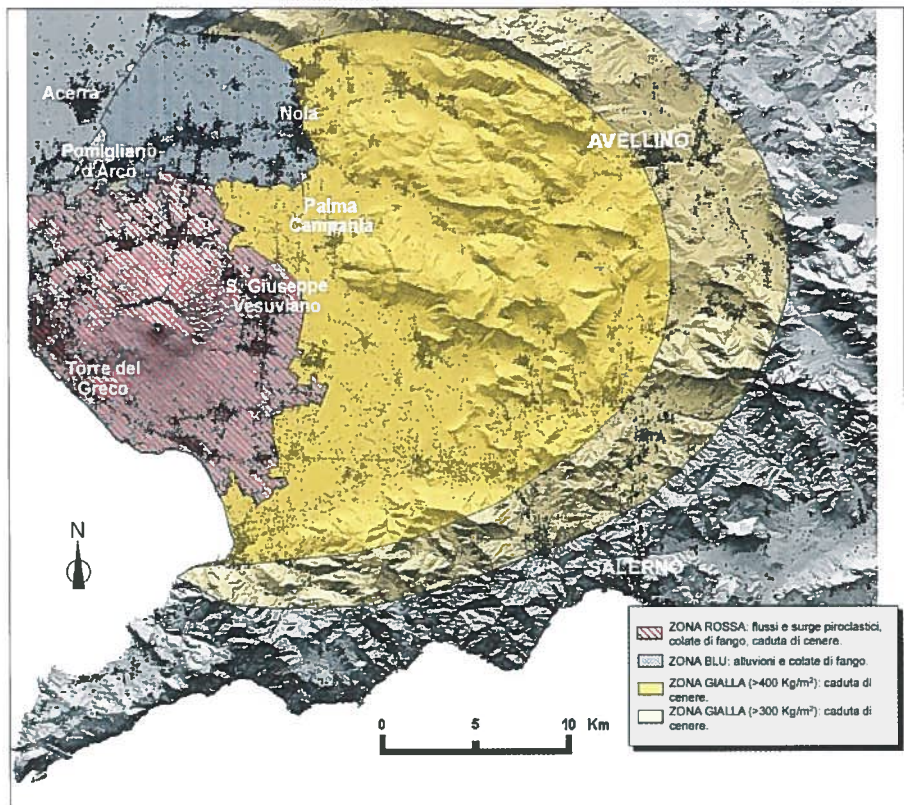


Fig. 4. Carta del rischio vulcanico nell'area vesuviana (Fonte: dipartimento della Protezione Civile).

fisiche sulla struttura profonda del vulcano non hanno evidenziato accumuli di significativi volumi di magma nei primi 8 km di crosta. A partire da questa profondità è presente un grosso corpo orizzontale probabilmente costituito da magma intruso in rocce solide (Auger et al., 2001).

Sulla base della storia eruttiva, del comportamento del sistema magmatico di alimentazione nel tempo, e dello stato attuale

del vulcano, il Gruppo Nazionale per la Vulcanologia ha definito la massima eruzione attesa in caso di ripresa dell'attività in tempi brevi o medi (Santacroce et al., 2003). Questa eruzione non è necessariamente la più probabile, la prossima eruzione potrebbe essere più modesta. Data l'impossibilità di prevedere la dinamica di una futura eruzione, la Protezione civile ha deciso di assumere il massimo evento atteso come ri-

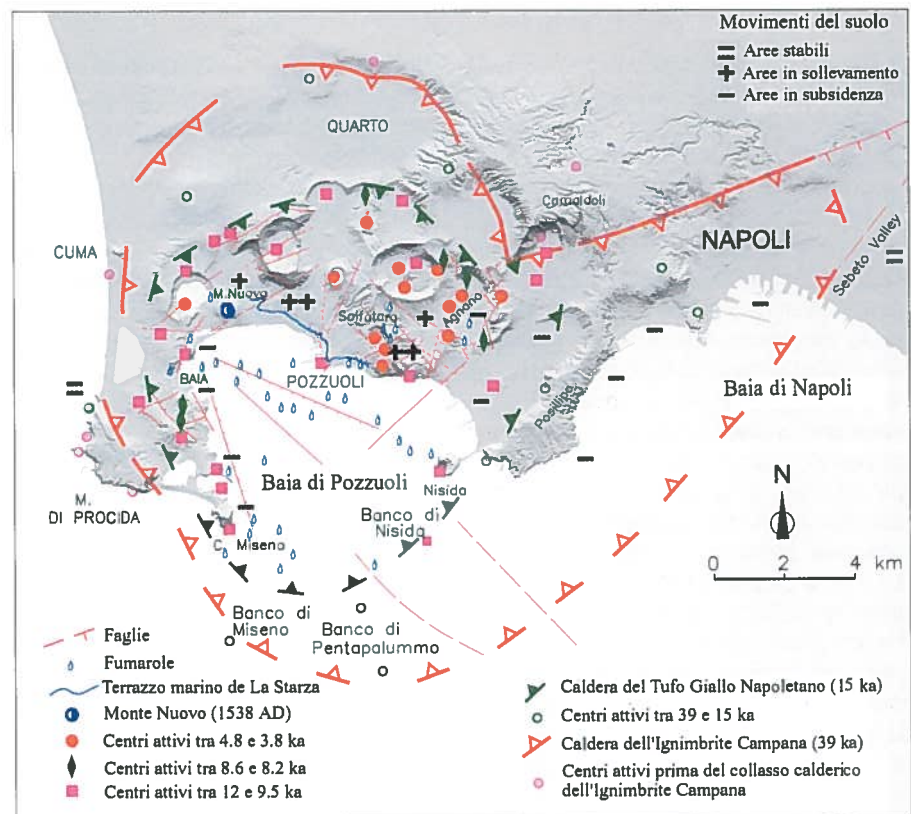


Fig. 5 - Schema strutturale della caldera dei Campi Flegrei (Fonte: Orsi et al., 2003a).

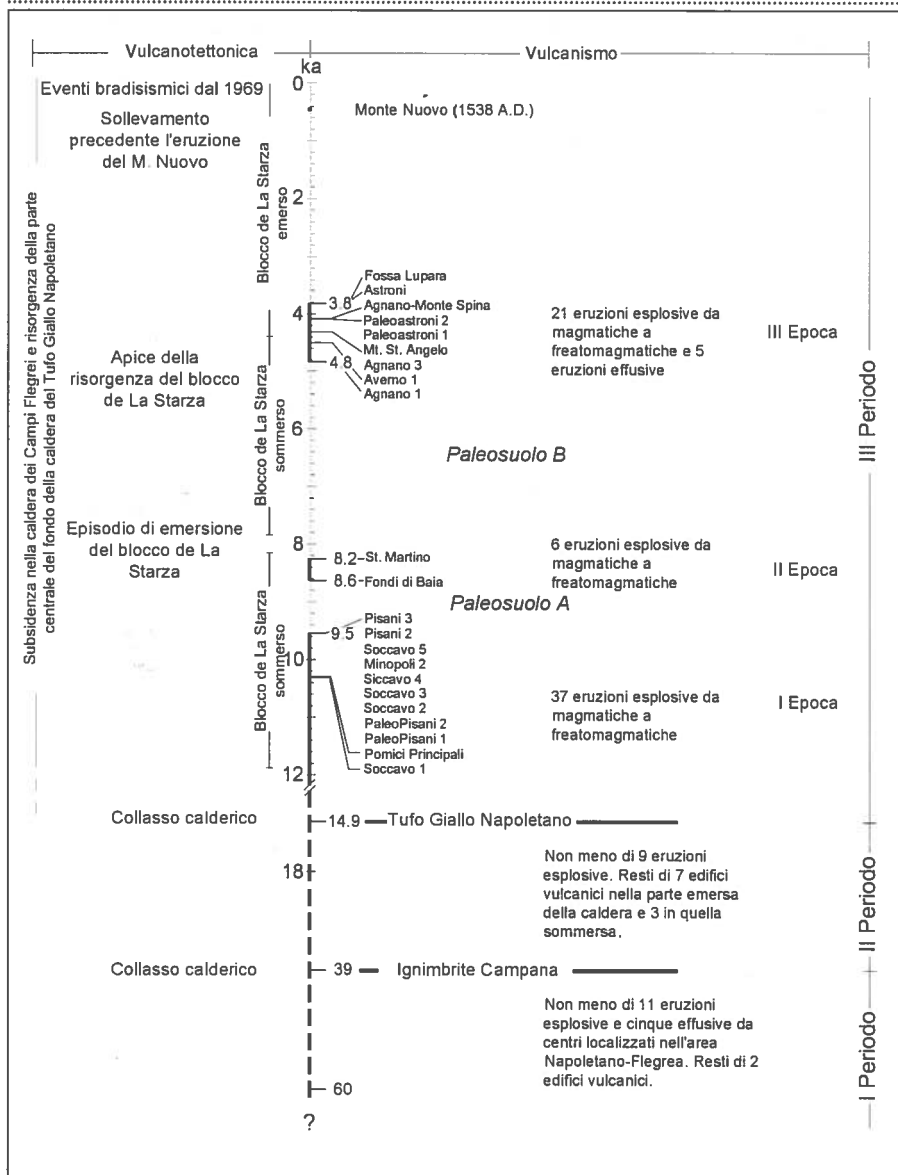


Fig. 6 - Cronogramma dell'attività dei Campi Flegrei (Fonte: Orsi et al., 2003b).

ferimento per l'elaborazione del piano di emergenza per l'area vesuviana, disponibile sul portale della presidenza del Consiglio dei Ministri (www.protezionecivile.it). Questo evento è un'eruzione subpliniana del tipo di quella verificatasi nel 1631. Lo scenario prevede che potranno verificarsi esplosioni connesse alla riapertura del condotto, precedute da sismicità, deformazione del suolo, incremento delle emissioni gassose, attivazione di nuove fumarole e apertura di fratture. Una volta aperto il condotto, si formerà una colonna eruttiva che potrà raggiungere un'altezza di decine di chilometri. La parte alta della colonna, meno densa, sarà spinta, secondo la direzione dei venti prevalenti ad alta quota, verso est, e da essa si avrà caduta di particelle al suolo. La parte bassa della colonna, più densa, collasserà generando flussi piroclastici. Questi ultimi scorreranno al suolo lungo i fianchi dell'edificio, a grande velocità e con elevato potere distruttivo. Probabili piogge, indotte dalle perturbazioni delle condizioni atmosferiche causate dall'eruzione, potranno mobilitare il materiale piroclastico deposi-

tato al suolo, provocando colate di fango e alluvionamenti delle aree morfologicamente depresse, anche molto tempo dopo la fine dell'eruzione.

Le attuali conoscenze della struttura e della storia del sistema Somma-Vesuvio hanno permesso di definire livelli di allerta, in funzione dei quali il piano di emergenza si articola in varie fasi (fig. 3). I livelli caratterizzano l'evoluzione del sistema fino all'eruzione e sono definiti da variazioni dei parametri fisici e chimici registrati. Il piano individua le azioni da compiersi in funzione del livello di allerta e tre specifiche aree di intervento, denominate "Zona Rossa", "Zona Gialla" e "Zona Blu", in funzione del tipo e dell'entità dei pericoli da cui potrebbero essere interessate (fig. 4). La "Zona Rossa", definita sulla base della distribuzione dei depositi da flusso di eruzioni pliniane e subpliniane, comprende 18 comuni, tutti della provincia di Napoli, in cui vive una popolazione di circa 600.000 persone. Vaste porzioni di questa zona potrebbero essere invase da flussi piroclastici e colate di fango, e coperte da spessi accumuli di depo-

siti da caduta. La "Zona Gialla" è l'area che potrebbe essere interessata da caduta di particelle con carico maggiore di 300 kg/m², e comprende 96 comuni di tutte le province della Campania. Solamente un settore di tutta questa zona sarà interessato da caduta di particelle. Esso non può essere definito in anticipo in quanto dipenderà dall'altezza della colonna eruttiva e dalla direzione e intensità dei venti in quota. La "Zona Blu", oltre a essere esposta a caduta di particelle con carico superiore a 300 kg/m², potrebbe essere invasa da colate di fango ed essere interessata da inondazioni e alluvionamenti. Questa zona comprende 14 comuni, tutti della provincia di Napoli.

CAMPI FLEGREI

I Campi Flegrei sono una caldera complessa e risorgente formatasi in seguito a due principali episodi di sprofondamento avvenuti durante le eruzioni dell'Ignimbrite Campana (39 ka; Barberi et al., 1978; Fisher et al., 1993; Rosi et al., 1996, 1999; Civetta et al., 1997; De Vivo et al., 2001; Pappalardo et al., 2002) e del Tufo Giallo Napoletano (15 ka; Orsi et al., 1992, 1995; Scarpati et al., 1993; Wohletz et al., 1995; Deino et al., 2003) (Orsi et al., 1996) (fig. 5). L'età di inizio del vulcanismo nell'area flegrea non è nota. I prodotti vulcanici più antichi in affioramento hanno un'età di 60 ka (Pappalardo et al., 1999) (fig. 6). All'interno della caldera più recente, negli ultimi 12 ka si sono verificate non meno di 60 eruzioni, l'ultima delle quali è avvenuta nel 1538 e ha formato il cono del Monte Nuovo (Di Vito et al., 1999). Il fondo di questa caldera, per effetto di un fenomeno di risorgenza, si è sollevato e ha raggiunto valori totali massimi di almeno 90 metri nella sua parte centrale, costituita dal terrazzo marino de La Starza (Orsi et al., 1996). Sollevamenti del suolo si sono avuti durante i recenti eventi bradisismici del 1969-72 (170 cm), 1982-84 (180 cm), 1989 (7 cm), 1994 (<1cm), e 2000 (4 cm) (Orsi et al., 1999).

Il vulcanismo più recente dell'eruzione del Tufo Giallo Napoletano è stato molto intenso e concentrato in tre epoche di attività, intercalate a periodi di quiescenza (Di Vito et al., 1999). L'alternanza di periodi di attività e di quiescenza è strettamente correlata alla dinamica della deformazione della caldera. La distribuzione areale dei centri eruttivi durante ciascuna epoca è un ottimo tracciante delle strutture attive che hanno favorito la risalita del magma fino in superficie. Le eruzioni sono state per la maggior parte esplosive, di magnitudo variabile, e quasi tutte caratterizzate dall'alternanza di esplosioni magmatiche e freatomagmatiche. Le eruzioni più violente sono state quelle delle Pomici Principali, (10.3 ka; Lirer et al., 1987; Di Vito et al., 1999) e di Agna-

no-Monte Spina (4.1 ka; de Vita et al., 1999). Durante la prima epoca (15 a 9.5 ka) si ebbero 34 eruzioni esplosive, con una media di una eruzione ogni 40 anni fra 11 e 9.5 ka. I centri eruttivi erano ubicati essenzialmente lungo le faglie che delimitano la caldera del Tufo Giallo Napoletano. Nel corso della seconda epoca, durata da 8.6 a 8.2 ka., si verificarono 6 eruzioni, tutte esplosive, con una media di una eruzione ogni 65 anni. I centri eruttivi erano ubicati lungo il margine nord-orientale della caldera. Tra la seconda e terza epoca, durante un periodo di quiescenza durato circa 3.5 ka, si instaurò un nuovo regime di stress che perdura tutt'oggi. Durante la terza epoca, durata tra 4.8 e 3.8 ka, si sono verificate 16 eruzioni esplosive e 4 eruzioni effusive, succedutesi con una frequenza media di una ogni 40 anni. I centri eruttivi erano concentrati all'interno del settore nord-orientale della caldera del Tufo Giallo Napoletano, con l'eccezione delle eruzioni di Averno (3.7 ka). L'ultima eruzione è avvenuta nel settembre del 1538, dopo un periodo di quiescenza durato circa 3 ka. Questa eruzione, una delle più piccole, fu preceduta da deformazioni del suolo molto vistose e da attività sismica avvertita fino a Napoli (Di Vito et al., 1987). Nella parte centro-meridionale della caldera, che attualmente costituisce il fondo della baia di Pozzuoli, non si è avuta attività vulcanica negli ultimi 15 ka.

Il sistema magmatico di alimentazione è costituito da una camera superficiale (verosimilmente alla profondità di circa 4 km) e da zone più profonde (tra 10 e 15 km) di stoccaggio di magmi meno evoluti. Entrambe le parti del complesso sistema vengono periodicamente rialimentate da nuovi magmi. La camera superficiale viene rialimentata da magmi che risalgono dalle zone di stoccaggio profonde (D'Antonio et al., 1999; Pappalardo et al., 1999).

I recenti eventi bradisismici hanno la loro causa prima in un aumento di tempera-

tura e di pressione nella camera magmatica superficiale. La deformazione del suolo è prodotta dalla interazione di due componenti: una fragile, dovuta a fratturazione della crosta al di sopra della camera magmatica, e una duttile, dovuta a espansione, convezione e deflazione del sistema geotermico (Orsi et al., 1996; 1999). La geometria della deformazione avvenuta durante questi eventi è simile a quella avvenuta negli ultimi 5 ka. Questo suggerisce che la dinamica della risorgenza all'interno della caldera del Tufo Giallo Napoletano dal periodo di quiescenza tra la seconda e la terza epoca di attività non è cambiata e che i recenti eventi bradisismici sono le ultime manifestazioni di questo sollevamento.

Benché l'eruzione del Tufo Giallo Napoletano con relativo collasso calderico sia stato l'ultimo evento che ha significativamente modificato le condizioni del sistema, l'attuale campo di sforzi è quello instauratosi a circa 5 ka. Pertanto, Orsi et al. (2003b), per la definizione della pericolosità vulcanica della caldera dei Campi Flegrei hanno preso a riferimento il suo comportamento negli ultimi 5 ka e il suo stato attuale. Sulla base della dinamica della deformazione e dei rapporti tra magmatismo, vulcano-tettonica e vulcanismo nella caldera da circa 5 ka fino agli ultimi eventi bradisismici, gli autori hanno individuato due aree in cui un nuovo centro eruttivo potrebbe attivarsi in caso di ripresa dell'attività in tempi brevi o medi. L'area a più alta probabilità è quella compresa tra le piane di Agnano e San Vito, benché un centro eruttivo potrebbe attivarsi anche nell'area Averno-Monte Nuovo.

La superficie delle aree coperte dai depositi di ciascuna eruzione degli ultimi 5 ka, che può essere considerata un indicatore della magnitudo dell'eruzione, mostra che, ad esclusione dell'eruzione di Agnano-Monte Spina, tutte le altre sono a bassa o a media magnitudo. La variazione della magnitudo nel tempo in tutte le tre epoche di attività ha andamento molto simile. In

particolare, nell'ultima epoca, essa è andata crescendo fino all'eruzione di Agnano-Monte Spina e poi è diminuita. Pertanto, benché un'eruzione di magnitudo simile a quella di Agnano-Monte Spina possa essere considerata come la massima eruzione attesa, il comportamento del sistema negli ultimi 5 ka, e più in generale negli ultimi 15 ka, suggerisce di considerare come l'eruzione massima più probabile in caso di ripresa dell'attività in tempi brevi o medi, un'eruzione esplosiva simile a quelle di media magnitudo avvenute negli ultimi 5 ka. Comunque gli autori non escludono che la prossima eruzione potrebbe essere di tipo effusivo.

In base alla ricostruzione della dinamica delle eruzioni di media magnitudo, Orsi et al. (2003b) hanno ipotizzato che i principali effetti di una futura eruzione esplosiva potrebbero essere caduta di particelle e scorrimento al suolo di flussi piroclastici diluiti e turbolenti. Considerando la frequenza di caduta di particelle e del loro carico al suolo, la direzione degli assi di dispersione, e il carico limite di collasso per le varie tipologie di tetti, gli autori hanno definito le aree che potrebbero essere interessate da un carico di 200, 300, 400 e 500 kg/m². La porzione di queste aree che sarà effettivamente interessata da caduta di particelle non può essere definita in anticipo in quanto dipenderà dalla direzione e dall'intensità del vento alla quota raggiunta dalla colonna. I flussi piroclastici potrebbero muoversi ad alta velocità all'interno della depressione dei Campi Flegrei. Solamente quelli più energetici potrebbero sormontare le scarpate che bordano la depressione, in condizioni morfologiche favorevoli.

Poiché nell'ultima epoca di attività, e più in generale durante tutte le epoche, le eruzioni si sono succedute a intervalli di alcune decine di anni, gli autori non escludono che se il vulcanismo dovesse riprendere nell'area Agnano-San Vito, potrebbe produrre più di una singola eruzione. Se invece dovesse riprendere nella zona Monte Nuovo-Averno, l'eruzione potrebbe essere un evento discreto. Un effetto collaterale, indotto dall'accumulo di particelle e da prevedibili intense piogge, potrebbe essere la generazione di colate di fango durante e dopo l'eruzione, lungo i versanti interni ed esterni della caldera, e lungo i versanti dei rilievi adiacenti quali il Somma-Vesuvio e gli Appennini.

Alla luce delle conoscenze del comportamento passato del sistema e del suo stato attuale sono stati definiti livelli di allerta in funzione delle prevedibili variazioni dei parametri fisici e chimici monitorati (fig. 7) (www.protezionecivile.it). I livelli di allerta definiscono le varie fasi in cui si articola il piano di emergenza. In relazione allo scenario eruttivo ipotizzato e alle carte di peri-

LIVELLI DI ALLERTA	STATO DEL VULCANO	PROBABILITÀ DI ERUZIONE	TEMPO DI ATTESA ERUZIONE	AZIONI	COMUNICAZIONI
Base	Nessuna variazione significativa di parametri controllati	Molto bassa	Indefinito, comunque non meno di diversi mesi	Attività di sorveglianza secondo quanto programmato	L'Osservatorio Vesuviano produce bollettini semestrali sull'attività del vulcano
Attenzione	Variazioni significative di parametri controllati	Bassa	Indefinito, comunque non meno di alcuni mesi	Stato di allerta tecnico scientifico ed incremento del sistema di sorveglianza	L'Osservatorio Vesuviano quotidianamente produce un bollettino e comunica le informazioni sullo stato del vulcano al Dipartimento della Protezione Civile
Preallarme	Ulteriori variazioni di parametri controllati	Media	Indefinito, comunque non meno di alcune settimane	Continua attività di sorveglianza; simulazione dei possibili fenomeni eruttivi	L'Osservatorio Vesuviano comunica continuamente le informazioni sullo stato del vulcano al Dipartimento della Protezione Civile
Allarme	Comparso di fenomeni e/o andamento di parametri controllati che indicano una dinamica pre-eruttiva	Alta	Da giorni a mesi	Sorveglianza con sistemi remoti	L'Osservatorio Vesuviano comunica continuamente le informazioni sullo stato del vulcano al Dipartimento della Protezione Civile

Fig. 7 - Livelli di allerta e relative azioni da parte della comunità scientifica per la caldera dei Campi Flegrei (Fonte: Dipartimento della Protezione Civile).

colosità per le fenomenologie eruttive attese, il dipartimento della Protezione Civile ha definito l'area di intervento a più alto rischio (fig. 8). Quest'area, denominata "Zona Rossa", è esposta al pericolo di scorrimento di correnti piroclastiche che si muovono ad alta velocità e con enorme potere distruttivo. In essa ricadono i comuni di Monte di Procida e Bacoli, e parti di quelli di Pozzuoli e Napoli, in cui vivono circa 350.000 persone. Al momento, il dipartimento della Protezione Civile ha in elaborazione sia la definizione dell'area esposta al pericolo di caduta di particelle che la strategia di intervento. E' anche in elaborazione un piano per l'emergenza bradisismica, relativamente alla porzione di "Zona Rossa" che potrebbe essere interessata.

CONCLUSIONI

Nel corso del tempo un gran numero di comunità e di metropoli è sorto attorno e a ridosso di vulcani attivi e quiescenti. Pertanto la popolazione esposta al rischio vulcanico è in continuo aumento. In tale situazione intraprendere iniziative tendenti alla mitigazione del rischio vulcanico diventa un dovere per ogni società moderna. Pertanto, molti paesi stanno elaborando piani di emergenza per prepararsi a gestire crisi vulcaniche.

La formulazione di un piano di emergenza, e la preparazione e la gestione di una crisi vulcanica sono processi estremamente complessi che necessitano dell'integrazione di dati sulla pericolosità vulcanica, sulla popolazione, sull'utilizzo del territorio, sulle infrastrutture e sulla loro vulnerabilità, ecc. Questa integrazione si ottiene solamente attraverso la collaborazione tra specialisti in diversi campi quali vulcanologi, autorità civili, operatori di protezione civile, pianificatori del territorio, sociologi, pedagogisti, mass media ecc. E' da sottolineare

che una popolazione ben informata è meno facilmente presa dal panico e può meglio collaborare con le autorità durante un'emergenza. Pertanto è auspicabile che i vari specialisti, insieme alle autorità e ai mass media, informino in modo sistematico e corretto la popolazione sulle fenomenologie vulcaniche, sui relativi pericoli e sulle azioni programmate per la mitigazione del rischio.

BIBLIOGRAFIA

- ANDRONICO D, CALDERONI G, CIONI R, SBRANA A, Sulpizio R, Santacroce R (1995) GEOLOGICAL MAP OF SOMMA-VEUVIUS VOLCANO. PER MINERAL, 64-8, 77-78
- ARNÒ V, PRINCIPE C, ROSI M, SANTACROCE R, SBRANA A, SCHERIDAN M F (1987) SOMMA-VEUVIUS, ERUPTIVE HISTORY. CNR, QUADERNI DE LA RICERCA SCIENTIFICA, XIII, 53-103
- ARRIGHI S, PRINCIPE C, ROSI M (2001) VIOLENT STROMBOLIAN ERUPTIONS AT VEUVIUS DURING POST-1631 ACTIVITY. BULL VOLCANOL, 63: 126-150
- AUGER E, GASPARINI P, VIRIEUX J, ZOLLO A (2001) SEISMIC EVIDENCE OF AN EXTENDED MAGMATIC SILL UNDER MT. VEUVIUS. SCIENCE MAGAZINE, 9918
- BARBERI F, INNOCENTI F, LIRER L, MUNNO R, PESCATORE T, SANTACROCE R (1978) THE CAMPANIAN IGNIMBRITE: A MAJOR PREHISTORIC ERUPTION IN THE NEAPOLITAN AREA (ITALY). BULL VOLCANOL 41 (1): 1-22
- BERTAGNINI A, LANDI P, ROSI M, VIOLARGIO A (1998) THE POMICI DI BASE PLINIAN ERUPTION OF SOMMA-VEUVIUS. J VOLCANOL GEOTHERM RES, 83: 219-239
- BLONG R J (1984) VOLCANIC HAZARDS: A SOURCEBOOK ON THE EFFECTS OF ERUPTIONS. ACADEMIC PRESS ORLANDO FLORIDA: 424 Pp
- CIONI R, SANTACROCE R, SBRANA A (1999) PYROCLASTIC DEPOSITS AS A GUIDE FOR RECONSTRUCTING THE MULTI-STAGE EVOLUTION OF THE SOMMA-VEUVIUS CALDERA. BULL VOLCANOL 60: 207-222
- CIVETTA L, ORSI G, PAPPALARDO L, FISHER RV, HEIKEN G, ORT M (1997) GEOCHEMICAL ZONING, MINGLING, ERUPTIVE DYNAMICS AND DEPOSITIONAL PROCESSES - THE CAMPANIAN IGNIMBRITE, CAMPI FLEGREI CALDERA, ITALY. J VOLCANOL GEOTHERM RES 75: 183-219
- CIVETTA L, DE VITA S, DI VITO M, VENTURA G (1998) MT. VEUVIUS. ACTA VOLCANOL 10-1: 85-196
- D'ANTONIO M, CIVETTA L, ORSI G, PAPPALARDO L, PIOCCHI M, CARANDENTE A, DE VITA S, DI VITO MA, ISAIA R, SOUTHON J (1999) THE PRESENT STATE OF THE MAGMATIC SYSTEM OF THE CAMPI FLEGREI CALDERA BASED ON THE RECONSTRUCTION OF ITS BEHAVIOUR IN THE PAST 12 KA. J VOLCANOL GEOTHERM RES 91: 247-268

DE VITA S, ORSI G, CIVETTA L, CARANDENTE A, D'ANTONIO M, DI CESARE T, DI VITO M, FISHER RV, ISAIA R, MAROTTA E, ORT M, PAPPALARDO L, PIOCCHI M, SOUTHON J (1999) THE AGNANO-MONTE SPINA ERUPTION (4.1 KA) IN THE RESURGENT, NESTED CAMPI FLEGREI CALDERA (ITALY). J VOLCANOL GEOTHERM RES 91: 269-301

DEINO A L, ORSI G, PIOCCHI M, DE VITA S (2003) THE AGE OF THE NEAPOLITAN YELLOW TUFF CALDERA-FORMING ERUPTION (CAMPI FLEGREI CALDERA - ITALY) ASSESSED BY ⁴⁰AR/³⁹AR DATING METHOD. J VOLCANOL GEOTHERM RES IN REVISIONE

DI VITO MA, LIRER L, MASTROLORENZO G, ROLANDI G (1987) THE MONTE NUOVO ERUPTION (CAMPI FLEGREI, ITALY). BULL VOLCANOL 49: 608-615

DI VITO MA, ISAIA R, ORSI G, SOUTHON J, DE VITA S, D'ANTONIO M, PAPPALARDO L, PIOCCHI M (1999) VOLCANIC AND DEFORMATIONAL HISTORY OF THE CAMPI FLEGREI CALDERA IN THE PAST 12 KA. J VOLCANOL GEOTHERM RES 91: 221-246

FISHER RV, ORSI G, ORT M, HEIKEN G (1993) MOBILITY OF LARGE-VOLUME PYROCLASTIC FLOW - EMPLACEMENT OF THE CAMPANIAN IGNIMBRITE, ITALY. J VOLCANOL GEOTHERM RES 56: 205-220

GRAYSON K D, SHEETS D P (1981) VOLCANIC ACTIVITY AND HUMAN ECOLOGY. ACADEMIC PRESS ORLANDO FLORIDA: 632 Pp

LIRER L, MASTROLORENZO G, ROLANDI G (1987) UN EVENTO PLINIANO NELL'ATTIVITÀ RECENTE DEI CAMPI FLEGREI. BOLL SOC GEOL IT 106: 461-473.

ORSI G, D'ANTONIO M, DE VITA S, GALLO G (1992) THE NEAPOLITAN YELLOW TUFF, A LARGE-MAGNITUDE TRACHYTIC PHREATOPLIAN ERUPTION: ERUPTIVE DYNAMICS, MAGMA WITHDRAWAL AND CALDERA COLLAPSE. J VOLCANOL GEOTHERM RES 53: 275-287

ORSI G, CIVETTA L, D'ANTONIO M, DI GIROLAMO P, PIOCCHI M (1995) STEP-FILLING AND DEVELOPMENT OF A THREE-LAYERS MAGMA CHAMBER: THE NEAPOLITAN YELLOW TUFF CASE HISTORY. J VOLCANOL GEOTHERM RES 67: 291-312

ORSI G, DE VITA S, DI VITO M (1996) THE RESTLESS, RESURGENT CAMPI FLEGREI NESTED CALDERA (ITALY): CONSTRAINTS ON ITS EVOLUTION AND CONFIGURATION. J VOLCANOL GEOTHERM RES 74: 179-214

ORSI G, CIVETTA L, DEL GAUDIO C, DE VITA S, DI VITO MA, ISAIA R, PETRAZZUOLI S, RICCIARDI G, RICCO C (1999A) SHORT-TERM GROUND DEFORMATIONS AND SEISMICITY IN THE NESTED CAMPI FLEGREI CALDERA (ITALY): AN EXAMPLE OF ACTIVE BLOCK RESURGENCE IN A DENSELY POPULATED AREA. J VOLCANOL GEOTHERM RES 91: 415-451

ORSI G, DE VITA S, DI VITO MA, ISAIA R, NAVE R, HEIKEN G (2003A) FACING VOLCANIC AND RELATED HAZARDS IN THE NEAPOLITAN AREA. IN: (HEIKEN G, FAKUNDINY R, SUTZER J, Eds) EARTH SCIENCES IN CITIES, AMERICAN GEOPHYSICAL UNION, WASHINGTON, IN STAMPA.

ORSI G, DI VITO MA, ISAIA R, (2003B) VOLCANIC HAZARDS ASSESSMENT AT THE RESTLESS CAMPI FLEGREI CALDERA. BULL VOLCANOL IN REVISIONE

PAPPALARDO L, CIVETTA L, D'ANTONIO M, DEINO A, DI VITO MA, ORSI G, CARANDENTE A, DE VITA S, ISAIA R, PIOCCHI M (1999) CHEMICAL AND ISOTOPICAL EVOLUTION OF THE PHLEGRAEAN MAGMATIC SYSTEM BEFORE THE CAMPANIAN IGNIMBRITE (37 KA) AND THE NEAPOLITAN YELLOW TUFF (12 KA) ERUPTIONS. J VOLCANOL GEOTHERM RES 91: 141-166

PAPPALARDO L, CIVETTA L, DE VITA S, DI VITO MA, ORSI G, CARANDENTE A, FISHER RV (2002) TIMING OF MAGMA EXTRACTION DURING THE CAMPANIAN IGNIMBRITE ERUPTION (CAMPI FLEGREI CALDERA). J VOLCANOL GEOTHERM RES 114: 479-497

PETERSON D W (1988) VOLCANIC HAZARDS AND PUBLIC RESPONSE. J GEOPHYS RES 93-B5: 4161-4170

ROSI M, VEZZOLI L, ALEOTTI P, DE CENZI, M (1996) INTERACTION BETWEEN CALDERA COLLAPSE AND ERUPTIVE DYNAMICS DURING THE CAMPANIAN IGNIMBRITE ERUPTION, PHLEGRAEAN FIELDS, ITALY. BULL VOLCANOL 57: 541-554

ROSI M, VEZZOLI L, CASTELMENZANO A, GRIECO G (1999) PLINIAN PUMICE FALL DEPOSIT OF THE CAMPANIAN IGNIMBRITE ERUPTION (PHLEGRAEAN FIELDS, ITALY). J VOLCANOL GEOTHERM RES 91: 179-198

SANTACROCE R, CIONI R, MARIANELLI P, SBRANA A (2003) UNDERSTANDING VEUVIUS AND PREPARING FOR ITS NEXT ERUPTION. THE CULTURAL RESPONSE TO THE VOLCANIC LANDSCAPE. MS BALMUTH Ed: TUFTS UNIVERSITY IN STAMPA

SCARPATI C, COLE P, PERROTTA A (1993) THE NEAPOLITAN YELLOW TUFF - A LARGE VOLUME MULTIPHASE ERUPTION FROM CAMPI FLEGREI, SOUTHERN ITALY. BULL VOLCANOL 55: 343-356

TILLING R I (1989) VOLCANIC HAZARDS. SHORT COURSE IN GEOLOGY 1. AM GEOPHYS UN WASHINGTON: 123 Pp

WOHLZETZ K, ORSI G, DE VITA S (1995) ERUPTIVE MECHANISMS OF THE NEAPOLITAN YELLOW TUFF INTERPRETED FROM STRATIGRAPHIC, CHEMICAL AND GRANULOMETRIC DATA. J VOLCANOL GEOTHERM RES 67: 263-290

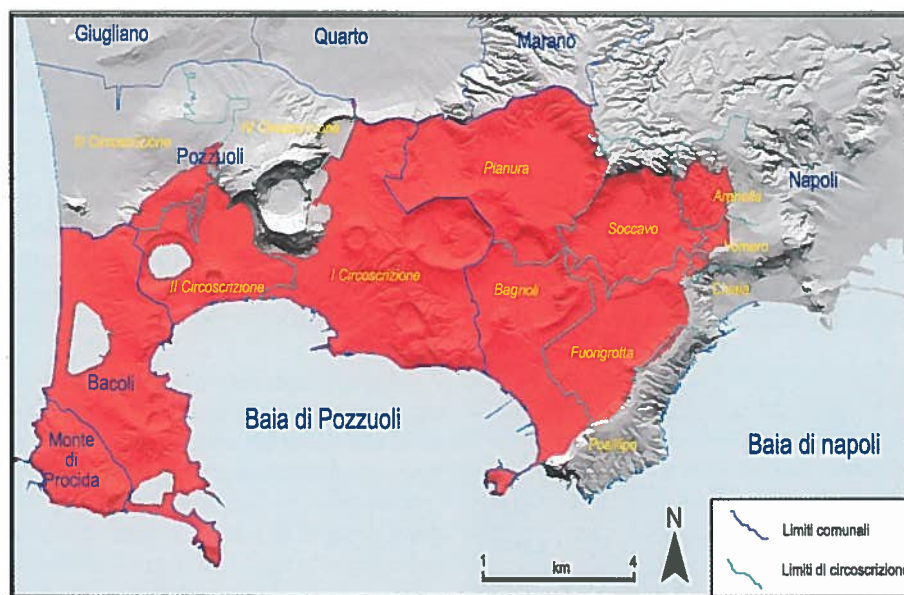


Fig. 8 - Carta di rischio vulcanico per scorrimento di flussi piroclastici nella caldera dei Campi Flegrei (Fonte: Dipartimento della Protezione Civile).

RISCHI E PATRIMONIO CULTURALE

MARINO TRIMBOLI

CONSIGLIO NAZIONALE GEOLOGI

Parole chiave: rischio, patrimonio culturale, attività sismica, pianificazione, geosito.

Nel panorama delle pericolosità geologiche che caratterizzano il territorio nazionale, già esaustivamente passate in rassegna nel corso di questo convegno, il problema della sismicità costituisce una delle prime "emergenze" del nuovo millennio per la tutela del patrimonio culturale e, più sensibilmente, del patrimonio storico artistico.

Più in generale è lecito affermare che nel nostro Paese il grado di rischio, al quale è sottoposto il patrimonio culturale nazionale, è talmente elevato che non può ritenersi in alcun modo tollerabile e pertanto la sua conoscenza e quindi la conseguente progettualità della sua mitigazione rappresenta uno dei principali campi d'intervento della nostra professionalità.

In una nota riassuntiva il Servizio Sismico Nazionale valuta che negli ultimi vent'anni i terremoti hanno causato danni per almeno 62 mld. di euro pari a circa 120.000 mld. di lire.

Questo dato racchiude una considerevole parte di danni al patrimonio storico artistico delle località colpite, in particolare il Belice, il Friuli, l'Irpinia e la Basilicata, trattandosi sicuramente di cifre in largo difetto, laddove si sono verificate distruzioni totali di edifici storici e di culto. Paradossalmente ai 120.000 mld. di lire corrisponde un'analoga cifra di perdite umane (nel solo XX secolo) che, pur non essendo il tema direttamente assegnatomi, costituisce l'elemento più agghiacciante dal punto di vista della nostra cultura geologica.

Il danno al nostro patrimonio, come detto, largamente sottostimato nella sua vera

entità diretta, dopo grandi catastrofi quali i citati terremoti oppure altre di tipo idrogeologico (Firenze 1966, Genova 1970 e via via le più recenti di fine secolo) assume maggiore importanza con il crescente grado di attenzione volto al recupero, alla valorizzazione e del più grande patrimonio dell'Italia e per questo fra le principali fonti di Pil.

Nel recente terremoto dell'Appennino umbro-marchigiano del 1997 questo dato è emerso in tutta la sua proporzione sebbene, fortunatamente, si sia trattato di un sisma molto ricco di repliche, più di 70 con $M > 3$, ma con un basso numero di vittime (10).

Il dato più rilevante, oltre ai 20.000 senza tetto, è quello subito dal patrimonio storico (ricordiamo ancora bene le immagini dei crolli di Assisi, di Foligno e Nocera Umbra), causato da un evento di magnitudo 5,8, più bassa rispetto al Belice 1968 ($M=6.0$), al Friuli 1976 ($M=6.1$) e all'Irpinia 1980 ($M=6.5$).

In tabella 1 si riportano i dati salienti relativi alla sola Regione Umbria

Il danno diretto totale per unità di superficie ammonta a 590.200 (/km²) pari a 1.14 mld/km² di lire.

Il quadro complessivo degli interventi previsti, a fronte di problematiche generali di pericolosità geologica, assume proporzioni ragguardevoli solo citando i casi nazionali più significativi:

- Consolidamento e messa in sicurezza della Torre di Pisa;
- Progetto di salvaguardia di Venezia e della laguna (2.6 mld).

Anche in Liguria vi sono casi particolarmente significativi:

- Consolidamento della grotta di Byron e dell'Abbazia di Portovenere;
- Consolidamento e messa in sicurezza della Via dell'Amore;
- Consolidamento Abbazia di S. Fruttuoso.

In quest'ottica e grazie al notevole impegno profuso dal mondo accademico, dalla Sigea e dalla Progeo, oggi assume una rilevante importanza anche la difesa del patrimonio geologico entrato a pieno diritto nel patrimonio culturale.

Oggi si parla della difesa dei siti geologici e già molti casi sono entrati negli elenchi delle grandi opere; ricordiamo ad esempio la Rupe di Orvieto, la costa Calabria, le rupi di alcuni Castelli in Trentino e numerosi altri casi.

Proprio in quest'ottica si delinea in modo chiaro che all'inventario dei geositi deve necessariamente seguire, come per ogni altro bene culturale, la valutazione del grado di pericolosità geologica che lo trasforma in elemento a rischio più o meno vulnerabile.

L'analisi del grado di pericolosità geologica oggi rappresenta il cardine dell'apporto geologico nella progettazione di opere pubbliche (legge Merloni) e, non a caso, costituisce uno degli elementi più qualificanti della riforma del corso di laurea e delle modalità di accesso alla nuova professione di geologo.

Non vi sono dubbi che questo campo ci troverà impegnati in prima linea per molti anni rappresentando la vera sfida ed un concreto servizio per la collettività per la professione di geologo.

Zona colpita (km ²)	n. eventi/M.max.	Prof. Focale (km)	Comuni colpiti	Importi stanziati per danni a beni culturali (€)	Danno per unità di superficie (€/km ²)
2000	200/5,8	45	60	260.561.687,65	130.281

OPERE PUBBLICHE (€)	DISSESTI (€)	RICOSTRUZIONE (€)	BENI CULTURALI (€)	TOTALE (€)
102.585.007,49	65.330.021,29	751.936.671,80	260.561.687,65	1.180.403.387
8.8%	5.5%	63.7%	22.0%	100%

Tabella 1 - Terremoto in Umbria 1997: Quadro dei danni ai beni culturali e quadro comparativo fra tipologie di danno diretto.

ALFONSO BELLINI

GEOLOGO LIBERO PROFESSIONISTA
LIB. DOCENTE GEOLOGIA REGIONALE

GABRIELLA MINERVINI

REGIONE LIGURIA UFFICIO VIA

RIMEDI NEI CONFRONTI DI UN IMPATTO INEVITABILE

**UN CASO RELATIVO AL PROGETTO DEL TERZO VALICO
FERROVIARIO**

Parole chiave: *impatto ambientale, ferrovia, galleria, fatturazione, idrologia.*

La realizzazione di un'opera a valenza territoriale provoca quasi sempre incidenze sulle diverse componenti ambientali. Parte di tali incidenze può essere ridotta ed evitata, parte invece, malgrado ogni sforzo, risulta inevitabile. E' allora necessario, nell'ambito di una corretta valutazione, non solo approfondire l'analisi sulle tematiche e sulle situazioni di più probabile impatto, e non solo ammetterne la inevitabilità, ma pure valutare gli interventi e gli accorgimenti in grado di escludere gli effetti dell'impatto in un'ottica preventiva, progettando ed eseguendo gli interventi a rimedio prima che l'incidenza avvenga, nonché prevedendo quelli necessari a fine lavori affinché l'inevitabile impatto venga compensato.

IL CASO SPECIFICO

La nuova linea ferroviaria per il Terzo Valico inizia dal cosiddetto camerone di Borzoli - dove arriva una tratta già realizzata che prende avvio dal Porto di Voltri - e, con un percorso interamente in galleria, si sviluppa lungo il versante destro del Polcevera, interessa successivamente il bacino del Torrente Verde, sino a raggiungere il confine regionale dopo una tratta di circa tredici chilometri.

Si vuole qui richiamare, in particolare, la

situazione relativa alla metà più meridionale di tale progetto, riguardante lo sviluppo all'interno del versante destro del Polcevera.

QUADRO DI RIFERIMENTO

Le parti più in quota del citato versante fanno parte di una estesa dorsale di natura basaltica che dal mare risale sino a Monte Figogna (Madonna della Guardia), con una soluzione di continuità in corrispondenza della sella di Borzoli. Caratteristica costante dell'ammasso è la fratturazione, sia allo stato diffuso che secondo linee preferenziali, dovuta sia ad effetti primari (contrazioni da raffreddamento) che secondari (azioni tettoniche intervenute successivamente a più riprese).

Tale complesso basaltico viene a contatto al suo margine orientale con formazioni sedimentarie costituite dapprima da scisti calcareo-cristallini, talora in bancate (Calcarei di Erzelli), e, ancora verso Est, da scisti argilloso-filladici (Argille a Palombini); a contatto dei basalti sono talora presenti sottili e discontinui livelli di scisti diasprigni.

I due complessi, quello dei basalti e quello degli scisti argillosi, hanno un grado di permeabilità assai diverso; i primi, in ragione della loro fratturazione, sono decisamente permeabili e nel corso delle piogge

"assorbono" le acque al loro interno, comportandosi in pratica come una grande spugna; i secondi, invece, sono quasi impermeabili, fatte salve locali discontinuità strutturali; gli scisti calcarei assumono permeabilità intermedia.

Avviene quindi che le acque che percolano i basalti, arrivando al contatto con gli scisti calcarei e con gli scisti argillitici, tendono a fuoriuscire, favorite in questo caso dalla giacitura dei due complessi scistosi che si "oppongono" ai basalti, immergendosi al di sotto degli stessi.

In condizioni di "basso" morfologico, per esempio in coincidenza con le incisioni valive, tale condizione si riflette in sorgenti, che scaturiscono lungo la fascia del contatto tra i due complessi; tale contatto - che si sviluppa lungo l'intero versante destro del Polcevera - rappresenta quindi una linea di emergenza preferenziale, in corrispondenza della quale, con maggiore frequenza nelle zone ribassate della morfologia (rivi e colatori), si reperiscono sorgenti a regime perenne, classificabili come "sorgenti di contatto" o "sorgenti di tracimazione per diversità di permeabilità".

Un buon numero di tali sorgenti sono localizzate all'interno dell'ammasso basaltico, in corrispondenza di fasce addensate di discontinuità (faglie e fratture) e scaturiscono ancora in corrispondenza di incisioni; tali sor-

genti sono dette "di frattura", appunto perché derivano dall'addensamento idrico richiamato dalle suddette fasce, che, per il loro elevato stato di fratturazione, risultano più permeabili rispetto alle porzioni circostanti.

Le sorgenti perenni sono numerose, in maggior parte captate da utenti singoli o consorziati e sono caratterizzate da portate modeste, variabili stagionalmente; alcune sono gestite dai grandi acquedotti genovesi pubblici e privati e tre di esse sono imbottigliate come acqua oligominerale (Fonti Madonna della Guardia).

Tutti i corsi d'acqua che solcano il versante destro del Polcevera attraversano la linea di emergenza preferenziale e per tale motivo anche quelli minori, con bacino arealmente limitato, sono caratterizzati da portata perenne e talora abbondante; basti citare in proposito che nella zona di Borzoli in corrispondenza di due di tali rivi, è stato costruito alla fine del secolo scorso un sistema di dighe per creare riserve ad uso irriguo; benché il sistema non sia più in uso da circa 40 anni le dighe sono tuttora osservabili e sono pure riportate sulla carta tecnica regionale.

Il quadro geologico, le condizioni strutturali dei basalti, la tipologia, la localizzazione e la portata delle sorgenti permettono di affermare che non si è in presenza di un'unica falda, in grado di concentrare le acque dell'ammasso in pochi settori, bensì si deve registrare l'esistenza di più serbatoi compartimentati e non in comunicazione tra loro, delimitati dalle caratteristiche tettoniche che ne condizionano l'estensione. Ognuna di tali "zolle" basaltiche ospita una propria falda delimitata, che "esprime" le proprie sorgenti ove e nella misura in cui le condizioni geologiche e morfologiche lo permettono.

PREVEDIBILI FENOMENI DI IMPATTO

Oltre alla galleria della linea principale, nello stesso areale il progetto prevede le gallerie per due finestre (Borzoli e Molinassi) e quelle relative alla interconnessione tra la nuova linea e quelle esistenti.

Gli scavi per dette gallerie interesseranno:

- per i primi 1.300 metri della linea principale e per la finestra di Borzoli, i basalti;
- per i successivi cinque chilometri della linea principale, per buona parte delle gallerie di interconnessione e per le finestre Molinassi, gli scisti calcarei di Erzelli e, soprattutto, le argilliti a palombini.

Il tracciato delle gallerie si svilupperà quindi sia all'interno del mezzo acquifero principale (i basalti), sia nelle formazioni a confine, mantenendosi non lontano dal contatto e, quindi, da quella linea di emergenza preferenziale sopra richiamata.

E' allora da prevedere che lo scavo del-

le gallerie, vuoi in modo diretto, vuoi in modo indiretto, provocherà una decisa alterazione nel regime idrogeologico dell'areale che avrà, come conseguenza, effetti di riduzione di portata e/o di inaridimento delle sorgenti esistenti, in gran parte utilizzate.

A dare conferma di tale previsione, basta richiamare quanto avvenuto negli anni scorsi con le opere ferroviarie già eseguite sino al succitato camerone di Borzoli: una tratta della linea principale e l'intero sviluppo della Galleria Fossa dei Lupi, di collegamento con la ferrovia Genova-Ovada.

L'esecuzione di tali gallerie, sviluppate all'interno dei basalti, ha provocato l'inaridimento perpetuo di numerose piccole sorgenti, provocando le lamentele degli utenti che si sono rivolti alla Magistratura. Solo dopo diversi anni di procedure giudiziarie, i danneggiati hanno potuto vedere riconoscere le loro ragioni, ottenendo l'allaccio agli acquedotti, mentre le "loro" acque sono andate perdute.

SULLA INEVITABILITÀ

Appare opportuno sottolineare che lo scavo di più gallerie in un contesto idrogeologico come quello sopra accennato provoca inevitabilmente una variazione del regime; e vi sono elevate probabilità che detta alterazione sia irreversibile. E ciò indipendentemente dal fatto che la galleria, a lavori finiti, sia impermeabilizzata oppure preveda di accogliere e smaltire le acque intercettate; infatti il fenomeno di impatto si esercita con lo scavo e produce effetti immediati, richiamando le acque, che si trovano a dover mutare i loro percorsi naturali.

Anche in ragione del fatto che il tracciato proposto per la linea principale è di fatto obbligato, in quanto prosecuzione di una tratta già realizzata, e che pure senza alternative sono le gallerie per le finestre e per la interconnessione, l'individuazione di un impatto inevitabile su una componente pur importante del quadro ambientale, non significa che l'opera non debba essere eseguita. Comporta peraltro che debba essere individuato un *modus operandi* che non solo cercherà di ridurre gli effetti di impatto, ma pure farà in modo che vengano eliminati i danni ed i disagi per coloro che usufruiscono della risorsa che viene ad essere alterata.

SUL PROCESSO DI ATTENUAZIONE

La Regione Liguria ha esaminato nel marzo 2000 la compatibilità ambientale del progetto del Terzo Valico (tratta ligure) ed ha espresso un parere positivo, con una serie di prescrizioni condizionanti.

Una di tali prescrizioni è riferita proprio alla prevedibile ed inevitabile alterazione del regime idrogeologico e comporta che, dopo avere effettuato un dettagliato censimento della risorsa idrica e dei suoi utiliz-

zatori, si proceda nel modo seguente:

prima dell'avvio dei lavori di scavo, dovrà essere previsto e predisposto un impianto acquedottistico provvisorio, collegato agli acquedotti cittadini, in grado di sopperire, ove necessario, alle necessità di quegli utenti che risulteranno danneggiati dal prosciugamento delle sorgenti o delle derivazioni in concessione;

nel corso dei lavori dovrà essere applicato un costante monitoraggio per il controllo della fascia di influenza esercitata dallo scavo delle gallerie sul quadro idrogeologico; dovrà altresì essere effettuato un controllo quali-quantitativo delle acque intercettate, da raccogliere in una vasca a valle dell'opera prima dello scarico nel reticolo idrografico;

al termine dei lavori, nell'ottica di una corretta gestione della risorsa, le acque drenate dalle gallerie dovranno essere rese agli utenti originari tramite la realizzazione di uno specifico impianto, in grado di rifornire quelle utenze che, con lo sviluppo dei lavori, hanno subito effetti non recuperati.

Con tali modalità, l'inevitabile impatto esercitato dallo scavo delle gallerie, non sviluppa effetti negativi sugli utenti, che possono evitare ogni disagio nel corso dei lavori (acquedotto provvisorio) e, quindi, ogni motivo di lamentela; per di più, a fine lavori, si vengono a ritrovare un impianto acquedottistico nuovo e moderno, in sostituzione di opere di presa e schemi acquedottistici sovente carenti e di vecchia costruzione.

Ma tale meccanica privilegia soprattutto la conservazione e la più completa utilizzazione della risorsa idrica disponibile, in quanto le gallerie, per posizione, continuità e capacità drenante, sono in grado di raccogliere, nella particolare condizione idrogeologica del settore, una quantità d'acqua maggiore rispetto all'attuale, limitata ai punti di emergenza.

E' quindi compito del progetto definitivo prevedere le operazioni necessarie per il rispetto della prescrizione, nonché le modalità per portare a giorno, nei modi più convenienti e preferibilmente per tratte separate, le acque intercettate.

In definitiva, quanto prescritto ottiene molto di più che una semplice attenuazione dell'impatto prevedibile; trasforma infatti una inevitabile incidenza in una miglioria di utilizzo di una risorsa.

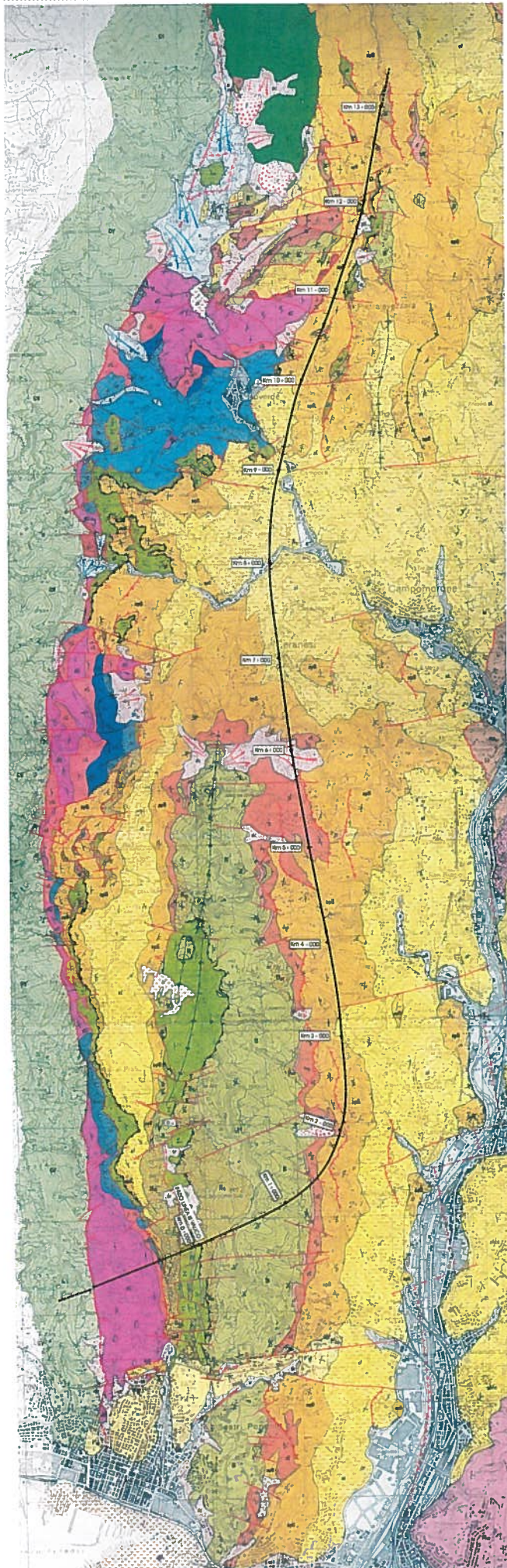
BIBLIOGRAFIA



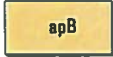










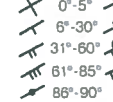




BELLINI A., CASELLA F. (1963) - LA SERIE LIASSICO-CRETACEA DELLA ZONA SESTRI-VOLTAGGIO NEI SUOI RAPPORTI LITOSTRATIGRAFICI CON LE OFIOLITI. ATTI DELL'ISTITUTO DI GEOLOGIA DELL'UNIVERSITÀ DI GENOVA, I, FASC. 1, Pagg. 145-186.

CORTESOGNO L., HACCARD D. (1985) CARTA GEOLOGICA DELLA ZONA SESTRI-VOLTAGGIO.; Scala 1:25.000. SELCA FIRENZE.

MARINI M. (1997) CARTA GEOLOGICA DELLA VAL POLCEVERA E ZONE LIMITROFE. (APPENNINO SETTENTRIONALE) - ATTI TICINESI SCIENZE DELLA TERRA, 40.

Carta geologica della Val Polcevera a cura di Marino Marini - 1997



-  Coltri detritico-colluviali; conoidi detritiche.
-  Metargilliti.
-  Argille a Palombini del Passo della Bocchetta.
-  Calcari di Erseill.
-  Diaspri.
-  Basalti a cuscin (B), basalti massicci (B_m) e breccie basaltiche (B_b).
-  Metabasalti.
-  Diccchi basaltici; diccchi basaltici non cartografabili (a).
-  Serpentiniti.
-  Oficalciti.
-  Metargilliti.
-  Calcari di Gallaneto.
-  Dolomie del Monte Gazzo.
-  Glaciture di strati e basalti a cuscin.
-  Traccla di faglia della Linea Sestri-Voltaggio.
-  Faglie dirette.
-  Sovrascorimenti e faglie inverse.
-  Contatti tettonici pre- e sinmetamorfici.

ALDINO BONDESAN

DIPARTIMENTO DI GEOGRAFIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

CECCATO R.**FACCO F.**

UFFICIO PROTEZIONE CIVILE
PROVINCIA DI PADOVA

FERRARESE F.

DIPARTIMENTO DI GEOGRAFIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

ISNENGI E.

UFFICIO PROTEZIONE CIVILE
PROVINCIA DI PADOVA.

CHIARA LEVORATO**MOZZI P.****RONCHITELLI NORBERTO G.**

DIPARTIMENTO DI GEOGRAFIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

VIO R.

UFFICIO PROTEZIONE CIVILE
PROVINCIA DI PADOVA.

MODELLI D'ELEVAZIONE DEL TERRENO PER LA DEFINIZIONE DI CARTE DEL RISCHIO IDRAULICO: UN ESEMPIO NELLA BASSA PIANURA PADOVANA

Parole chiave: *Dem, Dtm, modello, Tin, rischio idraulico.*

Lo studio del microrilievo rappresenta un elemento importante per delineare un completo inquadramento fisico del territorio della provincia di Padova; esso consente di individuare le grandi differenziazioni morfologiche nelle aree di pianura, evidenziando le piccole variazioni di quota.

Tale strumento trova applicazione in molti ambiti, uno dei quali è costituito dallo studio sul "Rischio Idraulico" effettuato dalla Protezione Civile della Provincia di Padova.

In questo studio sono state individuate, con un grado di dettaglio piuttosto definito, le problematiche idrauliche specifiche di singole aree territoriali, spesso di dimensione limitata ma significative in termini di impatto.

Sulla base delle aree individuate, è stata presa in esame quella comprendente parte dei comuni di Piove di Sacco, Codevigo, Arzergrande, Pontelongo; è stato ricostruito il microrilievo per poter approfondire la morfologia della zona, per capire dove sono ubicate le zone depresse e le zone so-praelevate e per quindi meglio capire la collocazione delle aree vulnerabili e quelle sicure nel caso si verifichi un allagamento.

E' proprio in quest'ambito che emerge l'utilità del microrilievo per la Protezione Civile, poiché permette una pianificazione accurata delle modalità di intervento in caso di emergenza. L'aspetto più interessante è proprio quello che concerne il comportamento del territorio in relazione al livello dell'acqua.

Su questa realtà altimetrica verranno poi sovrapposti i punti sensibili, ossia quegli elementi del territorio che sono soggetti a rischio: rientrano tra essi le aree indu-

striali, le scuole, le chiese, i luoghi pubblici, i centri abitati, etc...

Il risultato finale è uno scenario di rischio che illustra con precisione i punti in cui intervenire in caso di grandi eventi calamitosi, in cui si possano prevedere metodologie d'intervento differenziate a seconda del livello d'acqua raggiunto negli alti e nei bassi morfologici.

Il modello d'elevazione di un'area corrisponde alla ricostruzione della sua superficie quotata e si ottiene, generalmente, interpolando i valori di oggetti o punti di cui sono note le tre coordinate geografiche (longitudine, latitudine e quota): il risultato è comunemente chiamato modello d'elevazione digitale o modello digitale del terreno (Dem o Dtm). La precisione che si ottiene è funzione della quantità degli oggetti quotati oltre che della qualità del dato. Soprattutto una discreta distribuzione spaziale degli oggetti e una serie di valori "strategici" sono premesse necessarie per un risultato qualitativamente omogeneo. La realizzazio-

ne di un modello d'elevazione digitale può tenere conto di una serie di dati, come i manufatti antropici o le quote delle cime degli alberi, nel qual caso si realizza un modello digitale della superficie (Dsm). La scelta degli elementi da prendere in considerazione deve pertanto essere finalizzata al tipo di analisi o modellizzazione che si vuole eseguire. E' quindi evidente che la ricostruzione di un tratto di superficie terrestre è funzione dello scopo cui essa deve servire. Le prestazioni dei moderni calcolatori, in com-

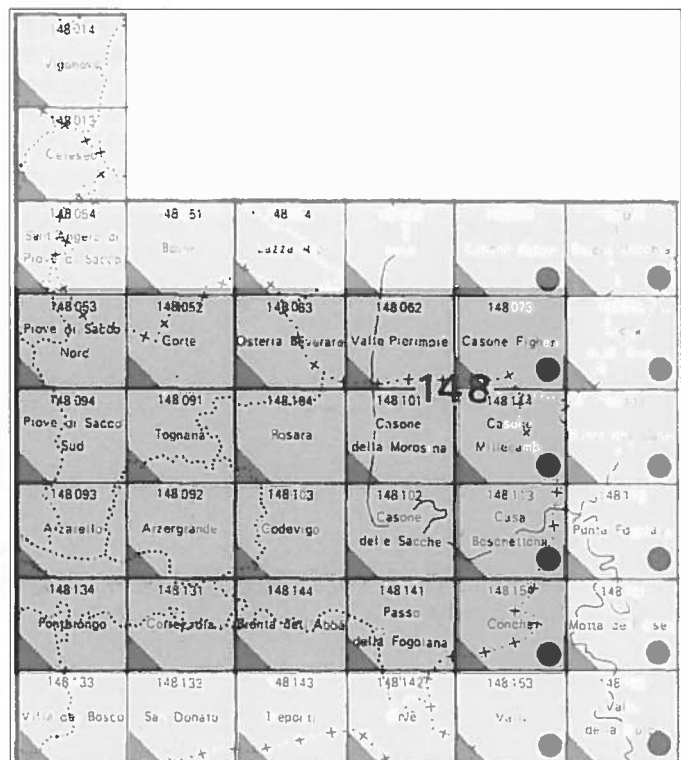


Fig. 1 - Quadro d'unione dei 20 elementi utilizzati (Fonte: Regione Veneto, 1997).



Fig. 2 - Distribuzione dei punti quotati sull'area di studio. Dati ricavati dai 20 elementi della Ctrn.

binazione con quelle di software sempre più complessi e mirati a specifiche esigenze di elaborazione, oltre al grande sforzo di standardizzazione nei formati di interscambio dei dati, consentono notevolissime possibilità di elaborazione, anche partendo da database del tutto ordinari. Le elaborazioni del caso in oggetto si prestano ad alcune considerazioni di carattere metodologico, essendo stati usati supporti e metodi diversi che hanno comunque permesso l'integrazione dei dati.

AREA DI STUDIO

La zona in esame comprende la porzione sud-orientale della bassa pianura padovana che, dalla città di Piove di Sacco, raggiunge il margine della laguna, nel territorio comunale di Codevigo. Si estende in longitudine da 12°00'00" a 12°12'30" E e, in latitudine, da 45°13'30" a 45°19'30" N. Tale area è descritta da 20 elementi della Carta tecnica regionale (Ctr), tutti appartenenti al F° 148 della Carta d'Italia a scala 1:50.000.

Il territorio comprende interamente il comune di Arzergrande, quasi interamente quelli di Piove di Sacco, Codevigo e Pontelongo, porzioni dei comuni di Brugine, Correzzola e S. Angelo di Piove di Sacco.

DATI ALTIMETRICI

I dati altimetrici per la ricostruzione della superficie sono stati ricavati seguendo diverse metodologie: la prima, grazie alla disponibilità dei dati topografici in formato digitale della Carta tecnica regionale numerica (Ctrn), si è basata sull'interpolazione diretta degli oggetti cartografici quotati dopo opportune selezioni; la seconda, più interpretativa, ha prodotto un modello della superficie interpolando i valori di curve di livello, disegnate appositamente, con intervallo ogni 0.5 m.

Non sempre è possibile disporre di una grande abbondanza di dati, tale da rendere addirittura complesso il lavoro preliminare di selezione e di editing, nonché le necessarie verifiche e le analisi comparative dei diversi elaborati, ma ormai la strada che si

delinea, nel campo della cartografia digitale, è quella di una accessibilità a fonti diverse e a formati compatibili, il che permette di pervenire a risultati del tutto eccellenti e, soprattutto, continuamente aggiornabili.

ELABORAZIONE DEI DATI DIGITALI

La Carta Tecnica Regionale Numerica, resa disponibile per la Protezione Civile della Provincia di Padova in formato AutoCAD™ (DXF), consiste nella riproduzione in formato digitale degli oggetti che compongono il disegno della carta topografica, secondo i canoni della cartografia regionale. Pertanto, oltre agli oggetti topografici, il disegno è completo di cartiglio, informazioni geografiche, reticolato chilometrico, toponomastica e tutti gli altri livelli di servizio. Il prodotto appare come una normale carta tecnica, su supporto cartaceo, salvo appunto il supporto stesso, che resta digitale e ne consente la visualizzazione a monitor. L'organizzazione delle informazioni a livelli differenti secondo la categoria cui appartiene la rappresentazione (idrografia, viabilità vegetazione, etc) e un'opportuna codifica dei livelli consente una fondamentale operazione di selezione degli oggetti, mantenendo in gioco solo quelli effettivamente utili o eliminando quelli che creano "disturbi" all'elaborazione. Fortunatamente per i nostri scopi, tutte le rappresentazioni di questi oggetti topografici oltre ad essere georeferenziate, cioè disegnate secondo il sistema chilometrico nazionale, sono state dotate di un attributo altimetrico. Strade, edifici, corsi d'acqua, ponti, ogni linea ed ogni punto è stato quotato, il che ha permesso di disporre di un database altimetrico davvero fittissimo e in grado di consentire diversi tipi di elaborazione: punti quotati e linee quotate sono stati trattati insieme o separatamente e, soprattutto, sono stati dapprima verificati e selezionati. In particolare sono stati eliminati dal disegno tutti i livelli di servizio come le campiture dei poligoni, i simboli, il reticolato chilometrico, i margini della carta, tutto ciò insomma che è di ausilio alla rappresentazione e non costituisce linea reale in vista. Successivamente sono stati scartati i livelli rappresentanti infrastrutture aeree e sotterranee, come elettrodotti, acquedotti od oleodotti. Sono stati eliminati anche i livelli riferiti alla vegetazione, mancando in questa zona estese e fitte colture arboree. Infine sono stati uniti tutti i 20 elementi, ottenendo la rappresentazione dell'intera scena senza soluzione di continuità.

Si è poi creato un file di soli punti quotati, al fine di costruire un modello d'elevazione digitale dalla triangolazione ottenuta tra questi oggetti.

I soli punti quotati propriamente detti, provenienti dai 20 file originali, hanno fornito un database di quasi 18.000 entità

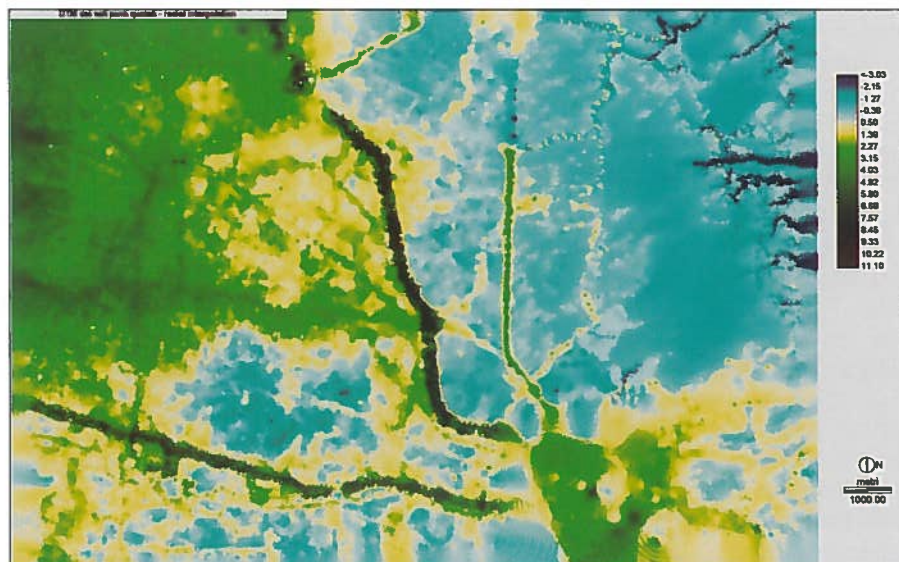


Fig. 3 - Modello d'elevazione della superficie ottenuta dalla triangolazione dei punti quotati.

(17.967 punti quotati). Da queste, attraverso la *triangolazione di Delaunay* che individua il minimo triangolo tra i tre punti più vicini, si è costruita una rete a maglia triangolare irregolare (Tin: triangular irregular network): attraverso un algoritmo di interpolazione che crea faccette equivalenti alle maglie triangolari e con inclinazione data dal valore altimetrico dei tre vertici di ogni maglia, si è creato il primo modello d'elevazione digitale. Questo risente naturalmente della frequenza dei punti quotati, ovvero della loro distribuzione spaziale. In figura 2 si può notare la carenza della rappresentazione a punti quotati di certe aree, per lo più corrispondenti a singoli elementi della Ctrn.

Infatti gli elementi 148.052, e soprattutto lo 148.154, risultano assai meno densi di punti il che pregiudica il risultato finale, creando, nella triangolazione, delle zone a maglie molto larghe con risoluzione assai differente dal resto della scena. Notevole invece la frequenza di quote nell'area lagunare il che ne assicura un eccellente ricostruzione della sua superficie.

L'elaborazione degli oggetti quotati rappresentati come linee (si sono incluse anche le polilinee) ha fornito una distribuzione dei valori quotati più omogenea nelle zone di terraferma, risultando carente invece nell'area lagunare. Il vantaggio di utilizzare le linee quotate risiede soprattutto nella possibilità di ottenere un modello più conforme nelle opere antropiche di impatto notevole, come argini, viadotti etc. Disponendo di dati "strategici", corrispondenti alle linee di rottura di pendenza (es.: linea quotata del piede dell'argine, linea quotata delle sommità dell'argine, linea quotata del livello del corso d'acqua all'interno dell'argine), si agevola l'interpolazione dei dati ottenendo superfici molto più simili alla realtà. Inoltre, a differenza del metodo della triangolazione dei punti, le linee quotate rappresentano l'esatto andamento della quota cui si riferiscono, non dovendo essere assoggettate ad una triangolazione i cui esiti possono a volte sfuggire dalla previsione dell'operatore. Certo è comunque che un lavoro di questo tipo comporta a monte una selezione dei livelli di rappresentazione tale da lasciare "accesi" solo quelli che effettivamente si riferiscono a quote della superficie da ricostruire. Gli inevitabili errori nella rappresentazione della Ctrn - come oggetti assegnati a livelli sbagliati, errori di quota - devono essere rintracciati ed eliminati o corretti.

Un discreto lavoro di *editing* è necessario per la preliminare operazione di rifinitura, che concerne la verifica e la selezione dei dati. A volte questa operazione richiede un continuo aggiornamento, poiché solo dai risultati dell'elaborazione si colgono certi particolari, magari prima non colti oppure omessi. Ad esempio, nel nostro caso, un problema che si è posto riguardava l'im-

possibilità di acquisire dati altimetrici areali (poligoni). Il fatto è dovuto in parte all'origine dei dati, in cui le polilinee sono costituite da segmenti a quote differenti tra loro, e in parte alle capacità delle *routines* di importazione dei software Gis utilizzati (CartalinxTM, Idrisi32TM).

MODELLI DELLA SUPERFICIE DAI DATI DIGITALI DELLA CTRN

Ultimati i processi di allestimento dei database geografici, costituiti sempre da oggetti vettoriali, si è proceduto all'interpolazione dei valori per creare i modelli digi-

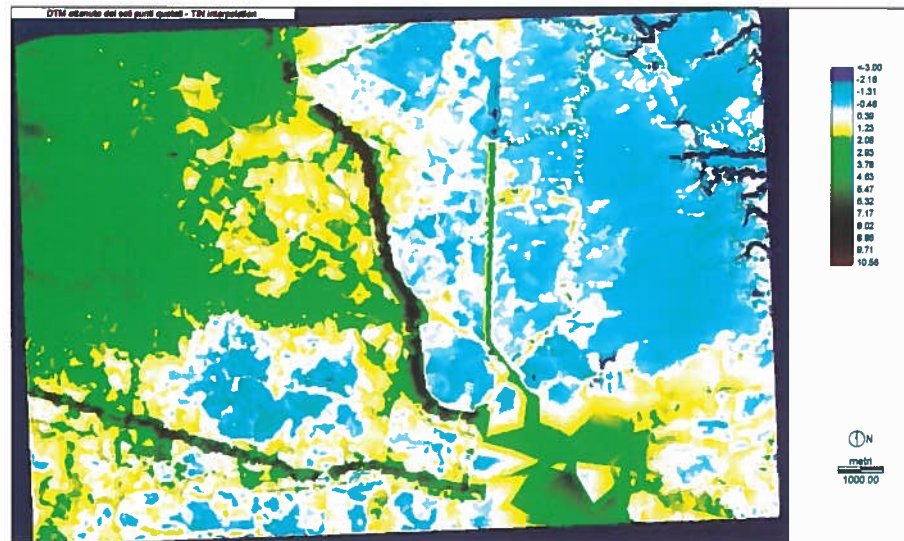


Fig. 4 - Modello d'elevazione della superficie ottenuta dall'interpolazione radiale dei punti quotati. Si osservi l'area lagunare, la più simile tra i due elaborati grazie al notevole database a sostegno.

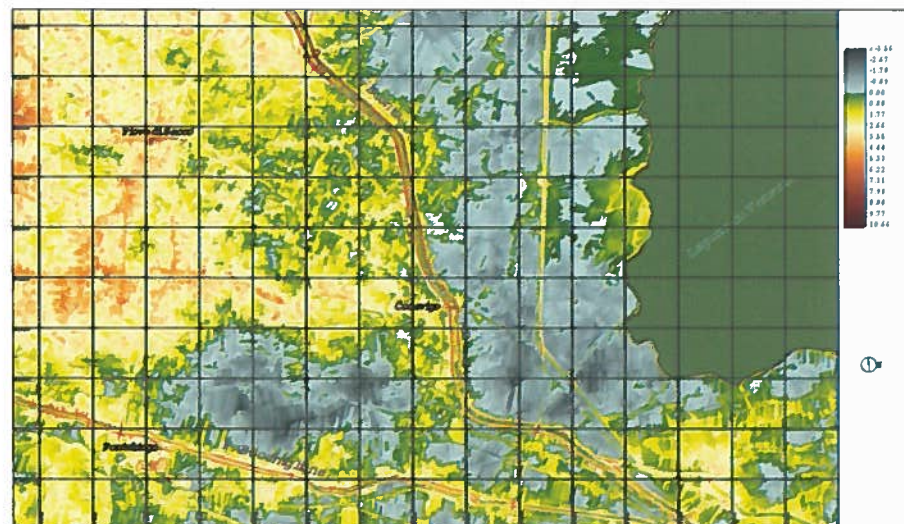


Fig. 5 - Modello d'elevazione della superficie ottenuta da punti e linee quotate.

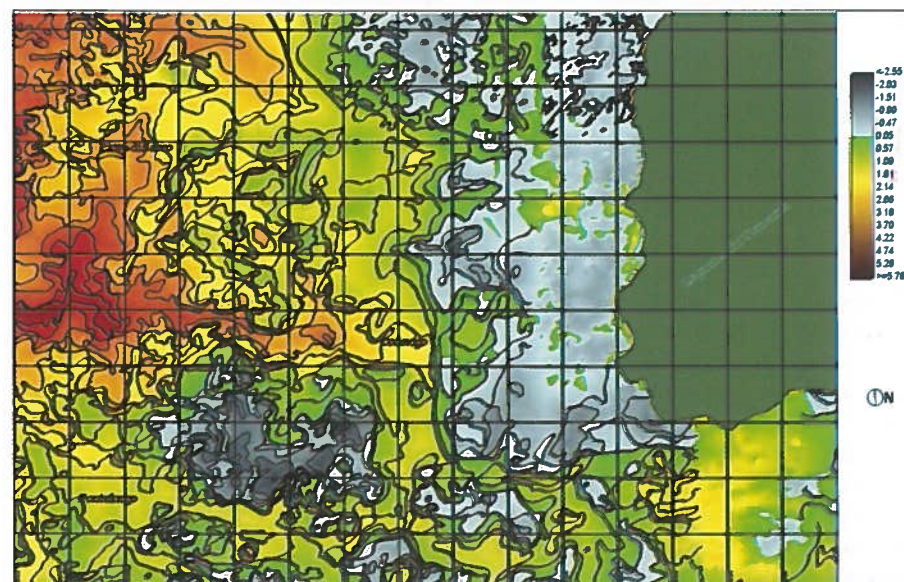


Fig. 6 - Modello d'elevazione digitale ottenuto dalle curve di livello ogni 0.5 m (in nero).

tali del terreno. L'elaborazione è stata affidata agli algoritmi del Gis software Idrisi32TM, che hanno prodotto una serie di immagini raster a risoluzione 10 e 5 m. La scelta di questo valore di risoluzione è dipesa dalla necessità di ottimizzare il rapporto tra distanza massima e minima degli oggetti quotati, non creando "spazi vuoti" troppo estesi, dove l'algoritmo di elaborazione potrebbe creare degli effetti non desiderati, ed evitando la sovrapposizione tra informazioni quotate aderenti o molto vicine. Da questi dati, dopo opportune selezioni, si sono costruiti quattro modelli di elevazione digitale: il primo è stato ottenuto dalla triangolazione dei soli punti quotati tramite la triangolazione a maglie irregolari (Tin), il secondo è il risultato di un'interpolazione radiale derivante dagli stessi punti, il terzo è quello ottenuto dalle linee e dai punti quotati.

MODELLI PER PUNTI

I due modelli per punti (figg. 3 e 4), differiscono nel metodo d'elaborazione, partendo dal medesimo database (fig.2). Se il risultato visivo differisce per pochi particolari, il primo metodo è preferibile in quanto l'algoritmo non aggiunge alcuna interpretazione nell'elaborato che risulta così molto intuibile, dato che è formato da faccette triangolari piane che collegano tra loro i punti quotati. Nel secondo, specialmente quando la distanza tra i punti supera di molto la risoluzione d'uscita (ampiezza del pixel), l'algoritmo di calcolo crea superfici non lineari, ma concave e convesse, oppure procedendo ad onde e creando dei fastidiosi picchi (positivi o negativi) nell'intorno di punti quotati isolati.

MODELLI PER LINEE

Il database degli oggetti topografici è stato selezionato in modo da ottenere tre diversi file da cui si sono ricavati altrettanti modelli del terreno:

Un primo database è stato formato da tutti gli elementi quotati escluse le strutture aeree (elettrodotti, tralicci, vegetazione arborea ed arbustiva, acquedotti od oleodotti sopraelevati) e quelle interrate (sottopassi, acquedotti o canali interrati, etc) e da questo si è ottenuto un prodotto più simile ad un modello digitale della superficie (fig. 5).

Un secondo database è stato creato suddividendo il primo in tre sottogruppi: 1) il database degli oggetti quotati ancorati al terreno, come strade, scoline dei campi, marciapiedi, cui si sono aggiunte le opere elevate di grande continuità come gli argini fluviali o lagunari, le rampe dei cavalcavia; 2) il database degli edifici civili, industriali o di altra destinazione: questi dovranno essere prima trasformati in poligoni quotati e poi aggiunti al prodotto ottenuto dal database precedente; 3) il database delle infrastrutture murarie a parete verticale e di mi-

nore importanza: anche questo servirà ad aggiornare il prodotto finale.

CURVE DI LIVELLO

Un approccio diverso è quello della costruzione del modello digitale attraverso l'interpolazione delle curve di livello. Gli algoritmi di calcolo sono i medesimi utilizzati per le precedenti elaborazioni, è il database di partenza che è diverso. Il notevole sforzo di interpretazione è richiesto al ricercatore che allestisce questo database disegnando direttamente sul supporto le curve di livello attraverso la rete dei punti quotati. quest'ultimi poi devono essere selezionati, escludendo quelli riferiti a manufatti antropici, nel tentativo di riprodurre l'andamento del terreno naturale, non antropizzato. Questo prodotto differisce dai precedenti proprio perché fornisce una rappresentazione molto più simile ad un terreno su cui non grava alcuna manomissione: in sostanza appare come un modello derivato dall'interpolazione degli oggetti ancorati al terreno che abbia subito uno *smoothing* sensibile, cioè un addolcimento, o smussamento delle discontinuità topografiche più diffuse.

CONCLUSIONI E ULTERIORI SVILUPPI

I metodi applicati per generare i modelli altimetrici del terreno hanno dato dei risultati promettenti ma non ancora ottimali. L'incongruità più evidente è legata all'impossibilità di importare quote areali in un formato adatto al software e pertanto si è dovuto trattare questi stessi dati considerando solo il valore lineare dei vettori che li definiscono. Ciò non consente la rottura di pendenza netta propria dei manufatti verticali quali muri di edifici, recinzioni, etc. Questo problema è in via di risoluzione però ha richiesto un certo tempo per definire le procedure di conversione. Una volta allestiti questi dati sarà possibile realizzare con precisione anche quegli elementi altimetrici che, svincolati dall'interpolazione con le linee quotate circostanti, forniranno un modello digitale della superficie in cui il modello di elevazione del terreno sarà il risultato dell'interpolazione delle quote effettivamente ancorate al piano, ma su questo sarà possibile sovrapporre le informazioni altimetriche dei poligoni e di quegli elementi lineari che si staccano bruscamente dal livello di campagna.

I diversi prodotti ottenuti hanno fornito utili indicazioni e, confrontando i diversi metodi applicati nel caso in questione se ne deduce che:

I modelli derivati dall'elaborazione per soli punti quotati consentono elaborazioni molto buone se la loro distribuzione è copiosa e soprattutto regolare (distanza media tra i punti che abbia una bassa deviaz-

zione standard). In questo caso l'elaborazione ha prodotto il miglior risultato per l'area lagunare.

I modelli ad interpolazione di oggetti quotati generalmente costituiscono un database notevole da cui si ottengono ottimi prodotti, soprattutto conformi alla situazione altimetrica effettiva. Su questi poi altri elementi superficiali possono essere aggiunti, come i tetti degli edifici riportati alla propria quota, infrastrutture sospese e così via. Da considerare, però, che è necessario un grande lavoro di "editing" per selezionare, verificare e approntare i database necessari. Per i fini di questo lavoro (rischio idraulico da inondazioni) forse questo è il risultato più adatto.

La costruzione del rilievo (o microrilievo, dati i modesti dislivelli) a curve di livello fornisce un'eccellente rappresentazione del territorio "naturale", quindi più adatto a considerazioni geologiche e geomorfologiche. La sua chiarezza di lettura può però renderlo preferibile al precedente.

In conclusione si vede come la costruzione di un modello digitale del terreno non può prescindere dalle finalità cui è destinato, differenziandosi molto le varie discipline di applicazione. In questo specifico caso la combinazione dei vari metodi, oltre ad aver messo in luce o in ombra i vantaggi metodologici, le difficoltà e le inevitabili carenze, ha fornito gli elementi per un prodotto finale risultante dalla parte migliore di ciascun elaborato, cosa possibile grazie alle capacità applicative dei sistemi informativi geografici. Inoltre, ogni lavoro di questo tipo porta alla costruzione di un database geografico continuamente aggiornabile grazie all'evoluzione continua della cartografia digitale.

BIBLIOGRAFIA

- EHLSCHLAEGER, C.R., SHORTRIDGE A. (1996) - MODELING ELEVATION UNCERTAINTY IN GEOGRAPHICAL ANALYSES. PROCEEDING OF THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SPATIAL DATA HANDLING. DELFT, NETHERLANDS. 9b.15 - 9b.25.
- LEE J., SNYDER P.K., FISHER P.F. (1992) - MODELING THE EFFECT FROM DATA ERRORS ON FEATURE EXTRACTION FOR DIGITAL ELEVATION MODELS. PE&RS, VOL. LVIII, No. 10, P. 1461-1467.
- CARRARA A., BITELLI G., CARLA R. (1997) - COMPARISON OF TECHNIQUES FOR GENERATING DIGITAL TERRAIN MODELS FROM CONTOUR LINES. INT. JOURNAL GEOGRAPHICAL INFORMATION SCIENCE 11(5), Pp. 451-473.
- CARRARA A., CARDINALI M., DETTI R., GUZZETTI F., PASQUI V., REICHENBACH P. (1995) - GIS-BASED TECHNIQUE FOR MAPPING LANDSLIDE HAZARD. ACCADEMIC PUB., DORDEVECHT, NETHERLANDS, Pp. 40.
- DAVIS J. C. (1986) - STATISTICS AND DATA ANALYSIS IN GEOLOGY. 2° Ed., NEW YORK.
- LOPEZ C. (1997) - LOCATING SOME TYPES OF RANDOM ERRORS IN DIGITAL TERRAIN MODELS. INT. J. GEOGRAPHICAL INFORMATION SCIENCE 11(7), Pp. 677-698.
- REGIONE DEL VENETO (1997) - NOTIZIARIO CARTOGRAFICO 5. SUPPL. NOTIZ. BIBL. N. 25.
- ZHU H., EASTMAN J.R., TOLEDANO J. (2001) - TRIANGULATED IRREGULAR NETWORK OPTIMIZATION FROM CONTOUR DATA USING BRIDGE AND TUNNEL REMOVAL. INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS 15(3), P. 271-286.

GEOSITI IN AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO.

ROMOLO DI FRANCESCO

GIANNI SCALELLA

IL CASO DI FAIETO NEL COMUNE DI CORTINO (TE)

Parole chiave: *geositi, Appennino centrale, morfogenesi, litotipo, rischio idrogeologico.*

RIASSUNTO

La località di Faieto è una piccola frazione nel Comune di Cortino, nell'entroterra della Provincia di Teramo situata ai piedi dei Monti della Laga. Quest'area è stata recentemente oggetto di studi nell'ambito di un progetto di mitigazione del rischio da frana e di consolidamento dell'abitato (L. 3 agosto 1998 n. 267 - Perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato - R4); in essa si ritrovano tracce di insediamenti di epoca romana e del periodo medievale. Un dato da porre in evidenza è rappresentato da una viabilità minore, che collegava Interamnia (l'antica Teramo) alle frazioni dell'entroterra, e che risulta troncata dal corpo di frana per scorrimento sul quale sorge l'abitato moderno di Faieto. L'area è stata interessata da intensi processi morfogenetici che hanno agito su un substrato rappresentato dalla Formazione della Laga, dalla Formazione delle Marne a Pteropodi, e stratigraficamente più in basso dalle Marne con Cerrognna. L'interesse del presente sito trova riscontro in tre elementi caratteristici: negli evidenti impatti antropici determinati dalle recenti costruzioni che in alcuni casi hanno completamente cancellato il reticolo idrografico dell'area; nell'esistenza di un fenomeno gravitativo che ha condizionato e condiziona la stabilità generale dell'area e nella presenza di elementi di carattere storico ed archeologico.

ABSTRACT

The place of Faieto is a small fraction in the municipal district of Cortino, in the hinterland of the Province of Teramo to the feet of the Mountains of the Laga. This area, has been recently object of studies for the realization of a project of mitigation of the landslide risk and consolidation of the inhabited area (L. 3 agosto 1998 n. 267 - Perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato (R4)); in it traces of installations of Roman epoch and the medieval period are found again you. A datum from to put in evidence is represented by a small viabilità, that Interamnia connected (Latin name of Teramo) with the fractions of the hinterland, and that it results truncated by the body of landslide for slide on which the modern inhabited area of Faieto rises. The area has been interested by intense process morphogenetic that have acted on a substratum represented by the Formazione della Laga, from the Formazione delle Marne a Pteropodi and stratigraphy more in low from the Marne con Cerrognna. The interest of the situated present finds comparison in three

characteristic elements: evident impacts anthropical determined by the recent constructions that have in some cases completely canceled the network idrography of the area; the existence of a phenomenon landslide that has conditioned and it conditions the general stability of the area and the presence of elements of historical and archaeological character.

INTRODUZIONE

L'abitato di Faieto sorge su un corpo di frana di tipo scorrimento che interessa la Formazione delle Marne a Pteropodi, queste sono rappresentate da marne interessate da un intenso clivaggio e grado di fratturazione con un pronunciato comportamento tensio-deformativo di tipo *strain-softening*. Tale formazione risulta a sua volta poggiata sulle Marne con Cerrognna, una formazione calcarenitica interessata da intensa fratturazione e un diffuso clivaggio. L'abitato di Faieto, il cui toponimo deriva dal recupero di nuove aree dal bosco di faggi attualmente ubicato sulla scarpata retrostante, mostra un tessuto urbano prevalentemente ottocentesco e moderno, con rari edifici più antichi. Il portaletto ad arco della chiesa di S. Andrea Apostolo è semplice e reca sulla chiave d'arco la data 1519. Le notizie storiche più antiche relative a Faieto risalgono al 1134 quando Gusberto o Giu-

berto di Suppone dona alla Chiesa aprutina, nella persona di Guido Il Vescovo, quanto possiede presso Faieto (AA. VV., 1991).

Per quanto riguarda le fasi tardo-antiche degli abitati romani nell'area, dati di un certo interesse sono stati restituiti da un sito (fig. 1 - 18/B) collocato nella valle del Torrente Fiumicello nei pressi dell'insediamento medievale di Faieto. L'abitato romano, che si colloca, probabilmente, nell'ambito delle antiche dinamiche di colonizzazione di nuovi settori, risulta ricavato sul fronte della foresta ed è rappresentato da resti di coperture a tegole relative ad alzati in ciottoli ed argilla cruda, oltre a numerosi frammenti ceramici fra i quali si segnalano un piatto in sigillata africana ed un collo d'anfora tardo imperiale. Il dato forse più importante è legato all'esistenza di un viabilità minore che collegava l'antica Interamnia (Teramo) con i siti dell'entroterra e che risulta troncata dal corpo di frana sul quale sorge l'abitato moderno di Faieto.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

Il territorio in esame appartiene al Bacino della Laga, un settore dell'Appennino centrale strutturatosi prevalentemente in epoca miocenica successivi fenomeni deformativi

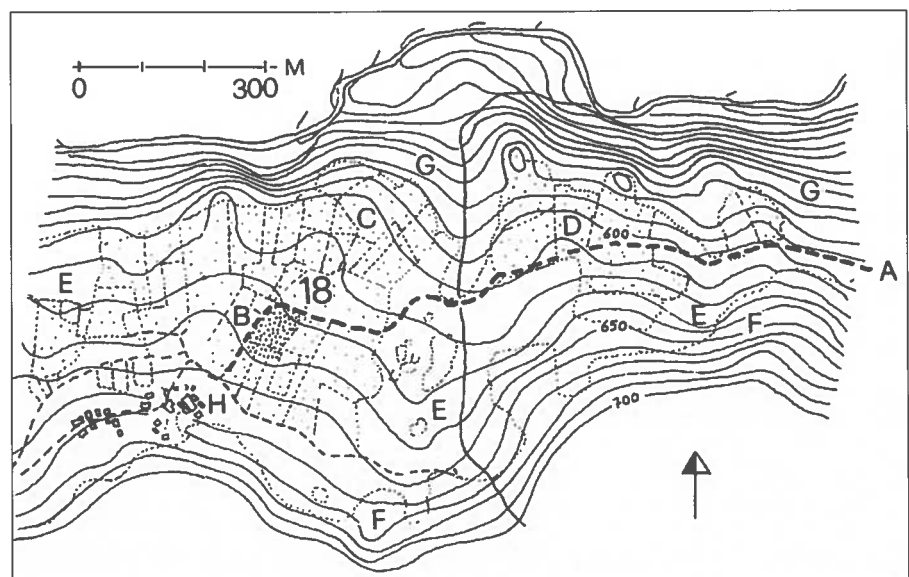


Fig 1 - Analisi territoriale dell'abitato antico presso Faieto. 18/B: insediamento antico; 18A: insediamento medievale aperto. (Fonte: "La valle dell'alto Vomano ed i Monti della Laga", Tercas, 1991).

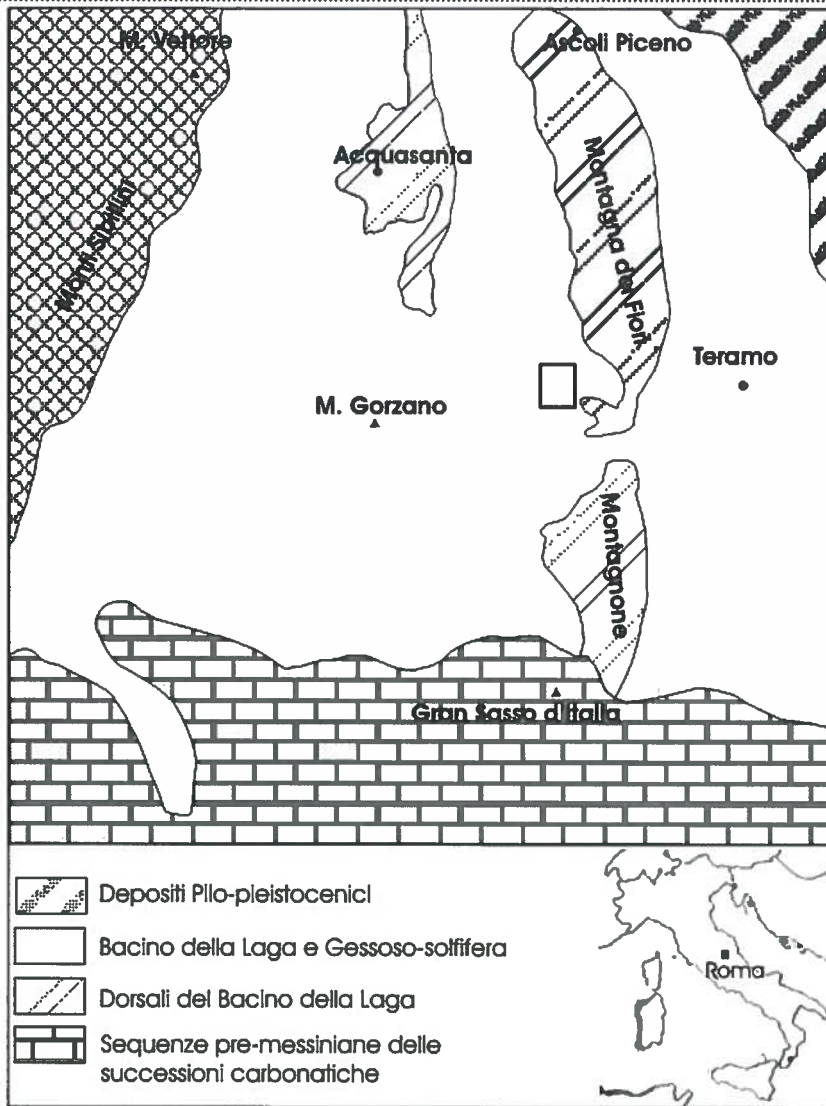


Fig. 2 - Inquadramento geologico generale (Fonte: Centamore E., et alii, 1992).

sono proseguiti fino al Pliocene con un coinvolgimento della piattaforma carbonatica laziale-abruzzese e del bacino pelagico umbro-marchigiano (Centamore & Deiana, 1986). L'evoluzione è avvenuta secondo un sistema catena, avanfossa, avampaese adriatico-vergente con successivi fenomeni

di *bending*, fagliazioni, fratturazioni e fenomeni di *thrusting* (Calamita & Deiana, 1986). Gli ambienti emipelagici delle Marne dello Schlier a Nord, nel settore marchigiano, vengono sostituiti a Sud da una sedimentazione di mare sempre più profonda rispetto all'originaria piattaforma con depositi caratterizza-

ti da torbiditi carbonatiche che danno luogo alla Formazione delle Marne con Cerrognna. Nel Tortoniano il margine della piattaforma carbonatica laziale-abruzzese, dalla quale avevano origine i nuovi depositi del futuro Bacino della Laga, non è più tettonicamente attivo esaurendo in tal modo gli apporti detritici carbonatici che, in relazione all'isolamento del neoformato bacino, porta alla costituzione di un ambiente asfittico con scarsa o nulla circolazione e quindi alla deposizione delle Marne a Pteropodi. Nel Messiniano inferiore, mentre l'area del bacino Umbro è corrugata ed emersa, in avanfossa prende origine il bacino torbiditico della Laga articolato da dorsali e depressioni allungate prevalentemente in senso longitudinale impostato, in parte, sulla precedente area di sedimentazione delle Marne a Pteropodi. In tale periodo quindi il bacino viene ad essere invaso da quantità sempre più ingenti di torbiditi mentre, nel Messiniano medio, in relazione con la crisi di salinità del Mediterraneo, si instaura un diffuso ambiente evaporitico, con la deposizione di torbiditi silico-clastiche gessose (livello evaporitico individuato ad Ovest dell'area rilevata).

Nel Pliocene inferiore le spinte tettoniche nell'Appennino centrale assumono risultanti orientali; a questa fase sarebbe ascrivibile la rotazione del Gran Sasso che ne avrebbe provocato l'accavallamento sulla porzione meridionale della struttura Montagna dei Fiori-Cima Alta (Ghisetti & Vezzani, 1986a). Con la propagazione dell'onda orogenica, ed il conseguente coinvolgimento (nel processo di strutturazione della catena) dell'avampaese, si ha la definitiva saturazione ed emersione del Bacino della Laga i cui depositi di chiusura sono rappresentati dalle peliti grigio-azzurre Plio-Pleistoceniche. Le formazioni litoidi riscontrate nell'area esaminata sono dal basso verso l'alto: Marne con Cerrognna, Marne a Pteropodi e Formazione della Laga (Centamore & Deiana, 1986).

CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

La configurazione attuale dell'area è il prodotto dell'interazione tra gli intensi processi morfogenetici, le caratteristiche litologiche del substrato, gli eventi tettonici succedutisi nel tempo ed i cambiamenti climatici del passato. La loro interazione ha determinato una elevata energia del rilievo con valli fortemente incise e, in relazione alla litologia del substrato, una tipica configurazione a gradinata. Un'evoluzione molto più rapida dei versanti si è avuta in seguito all'occupazione antropica in epoca storica, che ha dato luogo a disboscamenti, pascolo, pratiche agricole. L'alternanza di litologie a diversa competenza è all'origine di scarpate strutturali (fig. 3 e 3a) ubicate in corrispondenza degli affioramenti arenacei della Formazione della Laga, degli affioramen-



Fig. 3 - Panoramica dell'abitato di Faieto interessato dal fenomeno gravitativo. Visibili le scarpate strutturali ed i ripiani morfologici.

ti calcareo-marnosi delle Marne con Cerroigna, dei ripiani morfologici declinanti verso oriente impostati sulla *facies* pelitica, pelitico-arenacea e sulla Formazione delle Marne a Pteropodi. I processi legati all'azione della gravità sono stati distinti in: a) frane per scorrimento, b) frane per colamento, c) crolli; inoltre sono stati analizzati tutti quei processi che, pur dipendendo dalla forza di gravità, mostrano evoluzioni nel complesso piuttosto lente, con riattivazioni essenzialmente stagionali: deformazioni plastiche e soliflusso. Le frane di tipo "a" sono subordinate alle colate e deformazioni plastiche per numero; in ogni caso, quella principale, interessa direttamente l'intero nucleo antico dell'abitato di Faieto. Tale frana appare originatasi come rotazionale e, successivamente, parzialmente evolutasi in traslazionale poiché accumulatasi sui preesistenti depositi detritici. In relazione al grado di freschezza delle forme ed al quadro fessurativo in evoluzione sugli edifici, il fenomeno può essere ritenuto attivo con una evoluzione lenta nel tempo dettata dalle variazioni stagionali ed annuali della superficie piezometrica.

La restante porzione dell'area è interessata da estesi fenomeni di deformazione plastica e colamenti (fig. 3 e 3a), frane tipo "b", in progressiva evoluzione favorita dalle condizioni geologico strutturali e dalla presenza di acqua. Per quanto riguarda i movimenti lenti risulta evidente la prevalenza delle deformazioni plastiche rispetto al soliflusso (entrambi rappresentanti deformazioni in campo viscoelastico o *creep*). Essi costituiscono i più importanti processi interessanti le coperture eluvio-colluviali e denotano un'evoluzione con movimenti intermittenti delle masse, ovvero stagionali. Queste morfologie sono predominanti nel versante direttamente interessato dal tracciato stradale alimentate da un'attiva dinamica delle acque sotterranee.

I fenomeni di tipo "c", crolli, si rinvengono principalmente alla base della scarpate strutturali costituite da orizzonti arenacei in strati da spessi a molto spessi (fig. 4).

Blocchi le cui dimensioni raggiungono anche i 4 metri, si possono osservare poco a valle dell'abitato di Faieto (fig. 5); la loro presenza può essere imputata ai fenomeni di crollo che si verificavano durante i fenomeni di arretramento della scarpata fino a raggiungere la posizione attuale o, verosimilmente, a fenomeni di rotolamento e saltellamento delle porzioni di scarpata a maggiore energia del rilievo quindi con la possibilità di acquisire alti valori di energia cinetica.

Il reticolo idrografico si presenta piuttosto sviluppato, con l'asta principale del Fosso Valloni e numerosi fossi laterali marcati da vallecole a sezione a "V" che denotano lo stato di attività di queste forme. In esse il ruscel-

lamento concentrato è particolarmente sviluppato durante eventi meteorici intensi e/o persistenti. Tale vallecole, nella zona prossima all'area edificata, risultano oblitrate e/o in alcuni casi cancellate dall'attività antropica. Allo sbocco delle vallecole si osservano conoidi alluvionali anche in prossimità dell'area edificata di varia estensione e pendenza, interessati da una coltre vegetale, che denota uno stato attuale di quiescenza.

ANALISI GEOTECNICA

In considerazione della complessità geologica e geotecnica riscontrata, è stata condotta un'analisi numerica ad elementi finiti; l'adozione di appropriate leggi costitutive dei geomateriali ha consentito di ricostruire la storia tensionale e deformativa del corpo di frana. In tal senso il calcolo è stato impostato con il modello di calcolo *Drucker-Prager* (elastico non lineare - perfettamente

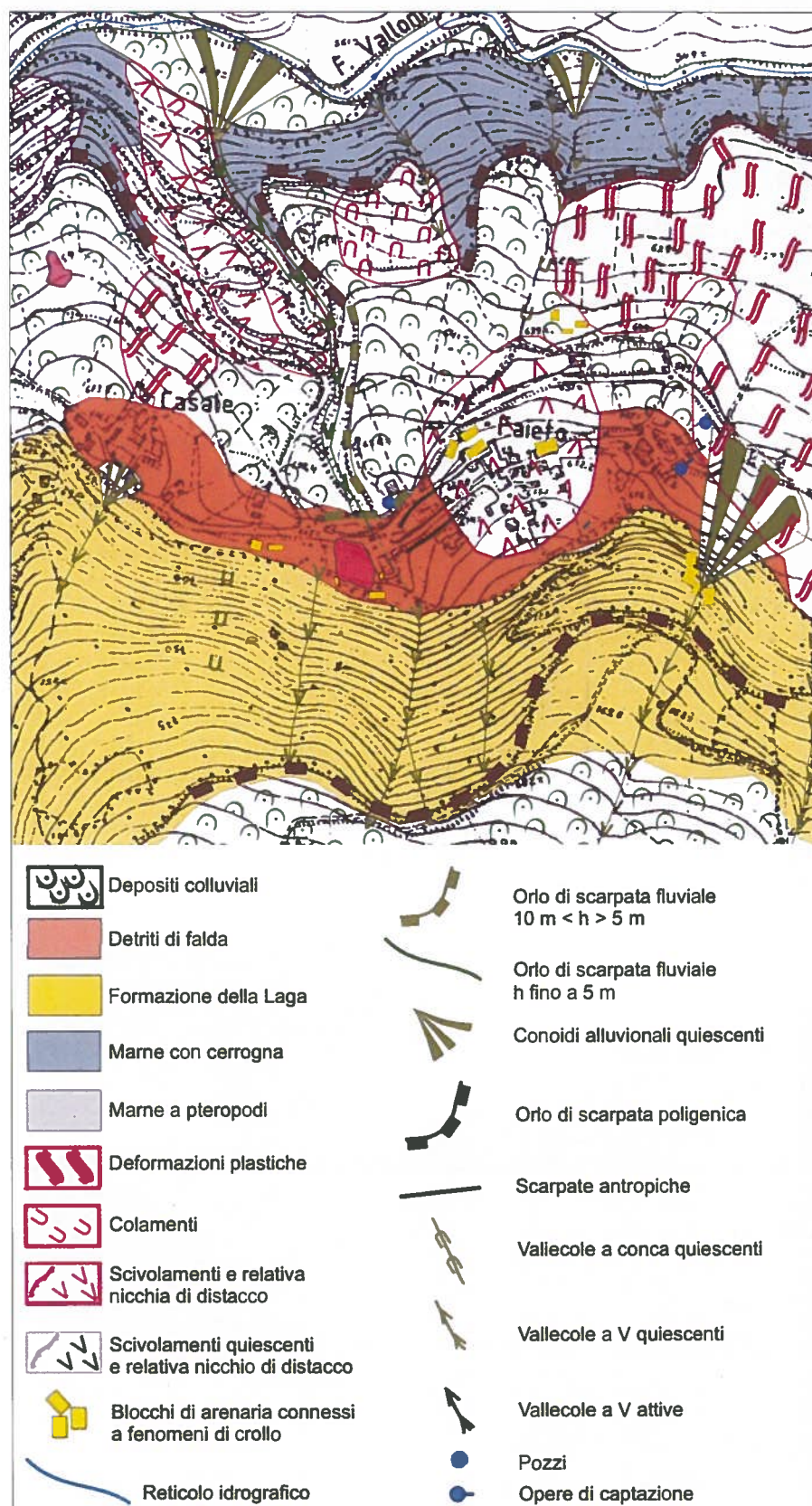


Fig. 3a - Stralcio geologico geomorfologico dell'area e relativa legenda.



Fig. 4 - Fenomeni di crollo dalle scarpate strutturali ricoperti da vegetazione.

te plastico) per il corpo di frana e i depositi di monte e di valle. La Formazione della Laga è stata modellata in campo elastico isotropico non lineare, sia per l'elevata rigidità presentata dai litotipi arenacei sia per evitare una diretta influenza sul comportamento dell'intero modello tale da obliterare il reale punto di vista. Per il substrato (Marni a Pteropodi) è stato adottato il *cap model* (elastico non lineare - plastico inelastico o rammollente) che è basato sul fatto che l'isteresi volumetrica esibita da molti geomateriali può essere descritta da un modello plastico, se tale modello è basato su una superficie di snervamento inelastico che include condizioni di stress idrostatico; le condizioni di *creep* sono state riprodotte impostando le equazioni relative al modello di Kelvin-Voigt. È stata eseguita un'analisi tensodeformativa iniziale con la quale è sta-

to modellato il comportamento reale del corpo di frana in condizioni di *creep*, come mostrato dalle letture inclinometriche. Dal grafico delle deformazioni inclinometriche dopo 45 giorni di *creep* (fig. 6) si evince come il campo di velocità di spostamento della frana calcolato sia sufficientemente prossimo a quello reale (misurato), con uno scarto del 9.65%. Nel caso particolare il monitoraggio, effettuato con misure topografiche, misure piezometriche, misure inclinometriche e misure del quadro fessurativo su edifici significativi, ha evidenziato l'esistenza di un movimento franoso di tipo prevalentemente traslazionale articolato su superfici di rottura e/o di scivolamento sovrapposte.

Nell'insieme possono essere distinte tre zone all'incirca omogenee, caratterizzate, da monte verso valle, dall'attenuazione della velocità di deformazione, quest'ultima da



Fig. 5 - Blocchi arenacei di dimensioni metriche originati da fenomeni di crollo.

porsi in relazione alla variazione delle proprietà fisico-meccaniche dei terreni, all'andamento della falda freatica ed alla conformazione delle stesse superfici di rottura. La zona centrale del corpo di frana risulta essere invece la più critica, dal momento che assomma contemporaneamente deformazioni sia estensive, associate alla presenza di una superficie di scorrimento secondaria, sia compressive, legate all'azione spingente del settore di monte. In tale zona sono di fatti concentrati gli effetti deformativi sulle abitazioni. Infine è da notare come gli inclinometri di valle abbiano evidenziato la presenza di una superficie di rottura e scorrimento profonda, non ipotizzabile su basi geomorfologiche ma rilevata in sede di indagine diretta. Dalle letture inclinometriche si è analizzato lo stato di attività di tale frattura marcandone con precisione la profondità, che risulta compresa tra i -14 ed -17 metri dal piano di campagna in prossimità del piede della frana. L'analisi integrata dei dati ha quindi permesso la ricostruzione del profilo geotecnico relativo al corpo di frana, suddividendo lo stesso in porzioni a comportamento omogeneo:

- unità geotecnica di base, rappresentata dalla Formazione delle Marni a Pteropodi con un comportamento tensodeformativo di tipo *strain-softening* (rammollente); con un pronunciato comportamento fragile;
- superficie profonda di rottura (per taglio) e di scorrimento, lungo la quale la resistenza al taglio decade ai valori minimi competenti all'unità precedente;
- superficie principale di scivolamento, coincidente con il contatto stratigrafico tra i terreni in frana e le sottostanti Marni a Pteropodi;
- unità relativa al corpo di frana vero e proprio, costituita da blocchi arenacei e pelitici, aventi dimensioni variabili fino a diverse decine di metri cubi, immersi in matrice limo-sabbiosa, con un comportamento elastoviscoplastico;
- unità relativa ai depositi superficiali di monte, rappresentati da limi e limi sabbiosi con diffuso detrito, paleosuoli e terreno di riporto;
- unità relativa ai depositi superficiali di valle, con le medesime caratteristiche di cui sopra;
- unità geotecnica indisturbata corrispondente alla Formazione della Laga. Ad essa competono valori dell'angolo di resistenza al taglio $>$ di 35° e della coesione di diverse centinaia di KPa (valori scaturiti dall'analisi geomeccaniche dell'ammasso roccioso).

Nella definizione delle ipotesi di consolidamento al fine di bonificare l'area in frana interessante l'abitato di Faieto, occorre porre particolare attenzione ai seguenti punti salienti:

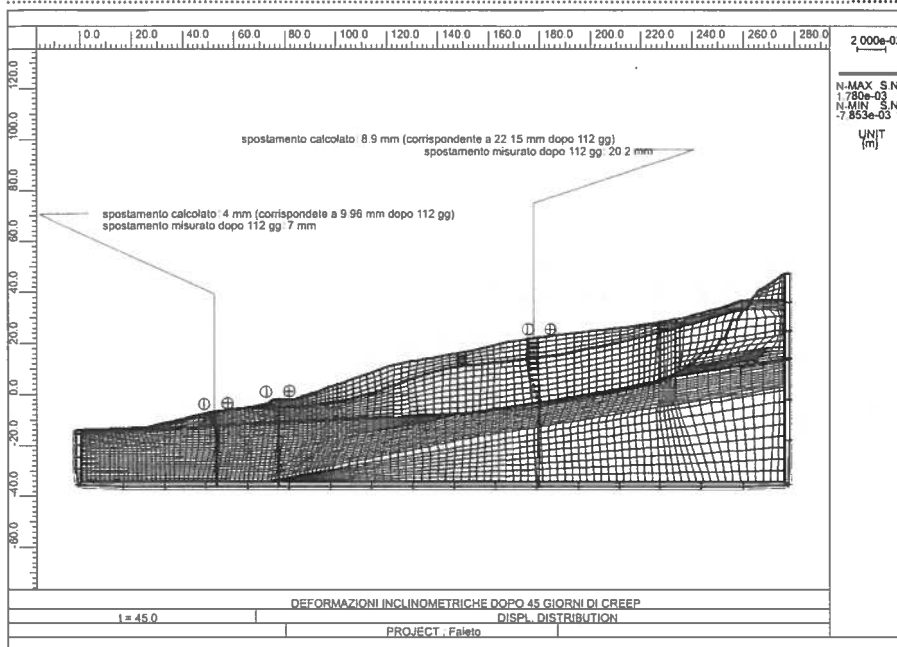


Fig. 6 - Grafico delle deformazioni inclinometriche.

Il corpo di frana in oggetto, si presenta come un processo di scorrimento, intendendo in tal modo un fenomeno di scivolamento essenzialmente piano di una massa caotica poggiante presumibilmente su preesistenti depositi detritici e, sicuramente, sulle peliti plasticizzanti della Formazione delle Marne a Pteropodi;

La cinematica del corpo in scivolamento denota un movimento lento tempo-dipendente (*creep* o comportamento elasto-plastico-viscoso), fortemente dipendente sia dalla presenza di un'attiva dinamica delle acque sotterranee che dalla variazione stagionale della stessa e, infine, dal particolare comportamento tensio-deformativo della peliti sopra citate.

Qualunque tipologia di intervento non può prescindere dal prendere in considerazione la necessità di drenare costantemente le acque sotterranee e di regimentare le acque di superficie. La tipologia più idonea (riguardante le acque sotterranee), alla luce dei risultati e conoscenze attuali, potrebbe es-

sere rappresentata dalla esecuzione di "pozzi drenanti strutturali", che combinano l'effetto drenante delle acque con le forze stabilizzanti indotte dalla rigidità dei pozzi stessi. Tali pozzi dovrebbero essere realizzati sia in corrispondenza della testata della frana (in prossimità della sovrastante scarpata strutturale) che alla base della stessa. Inoltre dovrebbero essere collegati alla base a costituire un unico sistema drenante dotato di una elevata capacità di accumulo e smaltimento.

CONCLUSIONI

L'area esaminata mostra nel suo insieme quegli elementi geologico-geomorfologici che, successivamente all'intervento di bonifica, potrebbero essere valorizzati con la creazione di percorsi didattico-naturalistici e scientifici, la realizzazione di sentieri, l'installazione di opportuna cartellonistica e/o segnaletica e di opuscoli esplicativi. Si potrebbe pensare addirittura ad un recupero di vecchi edifici per la realizzazione di un centro di educazione ambientale che po-

trebbe rappresentare anche una risorsa per incrementare il turismo nelle zone interne, soprattutto quelle di media montagna, sempre più abbandonate, cercando quindi di valorizzare delle aree meno note ma non per questo meno importanti.

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. - LA VALLE DELL'ALTO VOMANO ED I MONTI DELLA LAGA. TERCAS 1991

ADAMOLI L., (1980) - CONTRIBUTO ALLE CONOSCENZE GEOLOGICHE E PETROGRAFICHE DELLA FORMAZIONE DELLA LAGA. NOTIZIE, C.C.I.A.A. - TERAMO N. 8, 31-48.

ADAMOLI L., (1994) - STUDIO DELL'AMBIENTE GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DELLA PROVINCIA DI TERAMO. AMM. PROV. TERAMO.

BIGI S., CALAMITA F., CELLO G., CENTAMORE E., DEIANA G., PALTRINIERI W. & RIDOLFI M., (1995/1) - EVOLUZIONE MESSINIANO-PLIOCENICA DEL SISTEMA CATENA-AVANFOSSA NELL'AREA MARCHIGIANO-ABRUZZESE ESTERNA. ST. GEOL. CAMERTI. ATTI DEL CONVEGNO CAMERINO, 9-10 FEBBRAIO 1995.

CENTAMORE E. & DEIANA G., (1986) - LA GEOLOGIA DELLE MARCHE. ST. GEOL. CAMERTI., NUM. SPEC., 73° CONG. SOC. GEOL. IT. ROMA 30 SETTEMBRE - 4 OTTOBRE 1986.

CENTAMORE E., CANTALAMESSA G., MICARELLI A., POTETTI M., BERTI D., BIGI S., MORELLI C., & RIDOLFI M., (1991/2) - STRATIGRAFIA E ANALISI DI FACIES DEI DEPOSITI DEL MIOCENE E DEL PLIOCENO INFERIORE DELL'AVANFOSSA MARCHIGIANO ABRUZZESE E DELLE ZONE LIMITROFE. ST. GEOL. CAMERTI., P. 125-131.

CENTAMORE E., CANTALAMESSA G., MICARELLI A., POTETTI M., RIDOLFI M., CRISTALLINI M & MORELLI C., (1993) - CONTRIBUTO ALLA CONOSCENZA DEI DEPOSITI TERRIGENI NEOGENICI DI AVANFOSSA DEL TERAMANO (ABRUZZO SETTENTRIONALE). BOLL. SOC. GEOL. IT., 112: Pp. 63-81.

CHEN W.F. & BALADI G.Y., (1985) - SOIL PLASTICITY: THEORY AND IMPLEMENTATION. ELSEVIER, NEW YORK

DI FRANCESCO R., 1996 - RICOSTRUZIONE DELL'EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA DI UN TRATTO DEI MONTI DELLA LAGA ATTRAVERSO L'ESECUZIONE DEL RILEVAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO. UNIVERSITÀ DI CAMERINO - TESI DI LAUREA INEDITA.

FABBRI M. & ZARLENGA F., (1996) - I BENI NATURALI CULTURALI GEOLOGICI. VERDE AMBIENTE N. 1, GENNAIO/FEBBRAIO 1996.

GHISETTI F. & VEZZANI L. (1986A) - ASSETTO GEOMETRICO ED EVOLUZIONE STRUTTURALE DELLA CATENA DEL GRAN SASSO TRA VADO DI SIELLA E VADO DI CORNO. BOLL. SOC. GEOL. IT., 105, 131-171.

RUSSO C., URCIOLI G., (1999) - INFLUENZA DELLE VARIAZIONI DELLE PRESSIONI NEUTRE SUGLI SPOSTAMENTI DI FRANE LENTE. RIVISTA ITALIANA DI GEOTECNICA N. 1 GENNAIO-MARZO 1999, Pp. 47-55

TAMBARA F., (1998) - STABILIZZAZIONE DEI PENDII: TIPOLOGIE, TECNOLOGIE, REALIZZAZIONI. HELVENIUS EDIZIONI SRL

VARNES D.J. (1978) - SLOPE MOVEMENTS TYPES AND PROCESSES. T.R.B. SPEC. REP., 176, NAT. ACAD. OF SC., 11-33.

Z_SOIL.Pc 5.70 (2001). USER MANUAL. ELMEPRESS INTERNATIONAL, ZACE SERVICES LTD, LAUSANNE

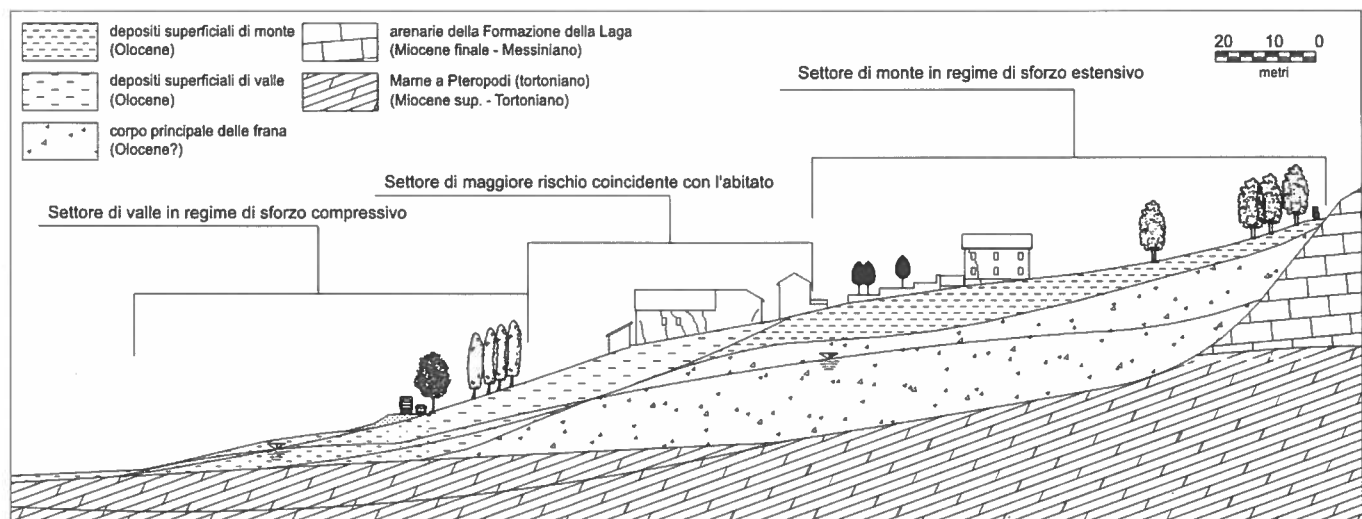


Fig. 7 - Sezione stratigrafica semplificata.

L. ISELLA

DIPARTIMENTO PER LO STUDIO DEL
TERRITORIO E DELLE SUE RISORSE -
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA

E. D'ALEMA

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E
VULCANOLOGIA

G. FERRETTI

S. SOLARINO

D. SPALLAROSSA

CLAUDIO EVA

DIPARTIMENTO PER LO STUDIO DEL
TERRITORIO E DELLE SUE RISORSE -
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA

STUDI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE IN VALLE ARGENTINA (LIGURIA)

Parole chiave: *microzonazione, microtremore, rischio sismico, amplificazione locale, scuotimento.*

ABSTRACT

The analysis of local seismic amplification phenomena is a valuable tool to correctly estimate the effects of an earthquake and they consequently play a significant role in the evaluation of the seismic risk.

In this work we describe how we compiled a series of local site amplification maps using a fast and easy to use technique based on the acquisition of environmental noises or seismic microtremors (Nakamura's method) in the Argentina Valley (Liguria, Italy).

The technique consists in computing the spectral ratios between horizontal and vertical components of seismic recordings. The resulting plots evidence one or more frequencies for which the amplification is higher than expected.

Mapping of the estimated frequencies and/or amplifications gives interesting insights about the local response of soils.

The Argentina Valley is characterised by the presence of three urban agglomerates and, from the geological point of view, by alluvial fan with very complex morphology and stiff bedrock visible in the outcrops along the banks of the valley. The frequencies correspondent to the maximum amplification peak (site effect) of most of the 158 sites considered show significant values when they are relative to points of measure where the geological and geomorphological conditions of the studied area suggest the existence of altered rock or sedimentary deposits. The frequencies of maximum amplification peak are proportional to the thickness of the recent alluvial formations starting from 1-5 Hz for thickness of about 50 m to 6 Hz for thickness less than 10 m. An indirect confirmation of this trend is provided by the results of few electric vertical surveys mapping depth and geometry of the bedrock at the bottom of the alluvial deposits.

Conversely the non-altered rock sites are characterised by the absence of seismic amplification effects.

RIASSUNTO

Lo studio degli effetti di sito rappresenta un aspetto estremamente importante per valutare con correttezza gli effetti di un terremoto. Nelle analisi di microzonazione sismica effettuati in questi ultimi anni per valutare il rischio sismico in un determinato territorio il contributo dovuto ai fenomeni di amplificazione locale risulta essere estremamente significativo e non trascurabile.

In questo lavoro viene presentato l'applicazione di un metodo speditivo applicato a misure di rumore ambientale o microtremore (metodo Nakamura) nella valle Argentina (Liguria, Italia) per la determinazione di una serie di mappe di amplificazione sismica locale valide all'interno della valle analizzando la frequenza naturale e l'amplificazione relativa del terreno.

La valle Argentina è caratterizzata dalla presenza di tre agglomerati urbani e, dal punto di vista geologico, da situazioni di pianura alluvionale con morfologia molto complessa e

di sub-strato rigido visibile negli affioramenti lungo le sponde che delimitano la valle. Gli effetti di sito, ovvero le frequenze corrispondenti ai picchi di massima amplificazione ricavate per ciascuno dei 158 punti misura considerati, presentano valori significativi e sono correlabili con le caratteristiche geologiche-geomorfologiche dell'area indagata.

L'assenza di fenomeni di amplificazione sismica locale è caratteristica dei punti misura effettuati presso formazioni rocciose non alterate mentre effetti di sito considerevoli si sono riscontrati in punti in cui la copertura sedimentaria si presentava più potente (lungo il paleoalveo); le frequenze corrispondenti al picco di massima amplificazione sono proporzionali allo spessore delle formazioni alluvionali recenti partendo da 1 - 1.5 Hz per coltri di circa 50 m di spessore fino a 6 Hz per spessori inferiori a 10 m. Tale proporzionalità viene confermata dallo studio effettuato attraverso indagini geoelettriche (Sev) sull'andamento del substrato della valle.

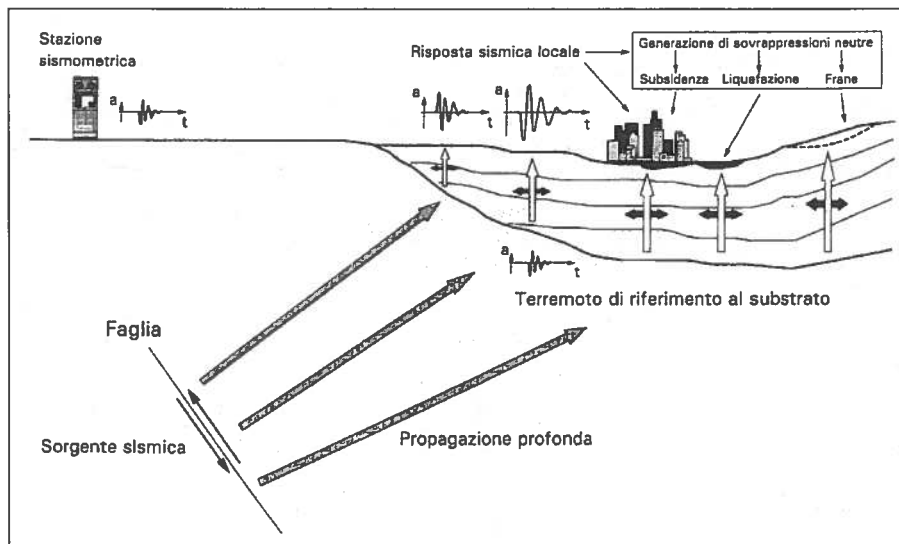


Fig. 1 - Risposta sismica locale o effetto di sito.

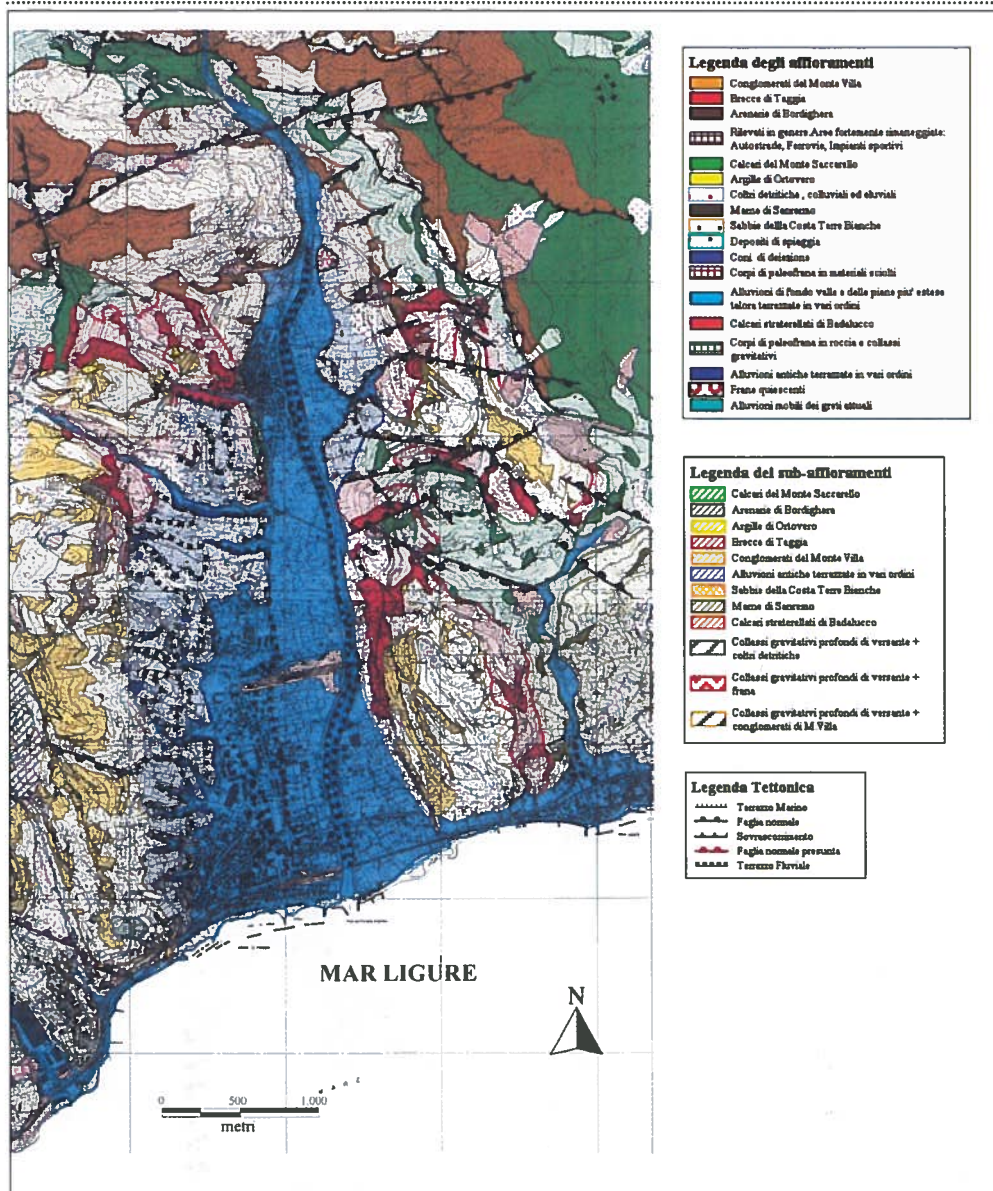


Fig. 2 - Carta geologica della Valle Argentina.

INTRODUZIONE

Lo scuotimento prodotto da un evento sismico dipende da molteplici fattori: la magnitudo dell'evento e la distanza dall'epicentro rappresentano gli elementi predominanti ma anche le caratteristiche del processo di rottura e di attenuazione possono assumere notevole importanza.

Negli ultimi anni, un'analisi dettagliata delle registrazioni accelerometriche e lo studio della distribuzione e della tipologia dei danni prodotti da recenti eventi sismici, hanno evidenziato come anche gli effetti locali possano influenzare considerevolmente lo scuotimento sismico alla superficie terrestre. Con la terminologia "effetti di sito" vengono comunemente indicati tutti i fattori locali che contribuiscono alla modifica in frequenza ed ampiezza del segnale sismico: tali fattori sono generalmente attribuibili alle diverse caratteristiche geologiche-geotecniche e geometriche dei suoli di fondazione (Bard, 1995).

Gli studi di pericolosità sismica, qualora si tenga conto delle diverse caratteristi-

che di attenuazione delle coltri sedimentarie, evidenziano notevoli incrementi delle accelerazioni di picco in località caratterizzate da terreni meno competenti. Questo fatto risulta particolarmente evidente in varie mappe di pericolosità sismica elaborate per la Liguria occidentale.

EFFETTI DI SITO

L'onda sismica, durante il suo cammino dalla sorgente al sito, subisce in prossimità della superficie delle brusche variazioni in frequenza ed in ampiezza dovute sostanzialmente alla proprietà dei terreni attraversati; tale onda giunge alla base della copertura sedimentaria con una ampiezza, una durata ed un contenuto in frequenza dipendente sostanzialmente dalle caratteristiche della sorgente (i.e. Magnitudo) e dal percorso di propagazione. Durante l'attraversamento della copertura sedimentaria le componenti del moto sismico vengono alterate in ampiezza e frequenza (risposta sismica locale (fig. 1) in funzione della geometria del substrato "rigido" (bedrock) e del-

le caratteristiche geotecniche della successione sedimentaria sovrastante. Le perturbazioni sismiche dovute alle caratteristiche dei suoli di fondazione possono essere studiate analiticamente operando nel dominio delle frequenze attraverso l'analisi di Fourier del segnale registrato (Lachet et al., 1994; Lanzo et al., 1999).

L'effetto di sito viene determinato considerando la funzione di trasferimento $H(f)$ corrispondente al rapporto tra lo spettro di Fourier del moto alla superficie e quello dell'analoga componente in corrispondenza del basamento roccioso. Si tratta di un rapporto tra due funzioni in genere complesse, quindi la $H(f)$ sarà una funzione complessa, il cui modulo, lo spettro di ampiezza $A(f)$, rappresenta la funzione di Amplificazione.

La funzione di amplificazione è estremamente significativa sotto il profilo fisico, in quanto indica quali componenti del moto sismico sono state amplificate nel passaggio attraverso il terreno, quali smorzate, e in quale rapporto.

È possibile esprimere il fenomeno di amplificazione attraverso l'operazione di convoluzione (prodotto frequenza per frequenza):

$$FS(f) = H(f) \text{ o } FR(f)$$

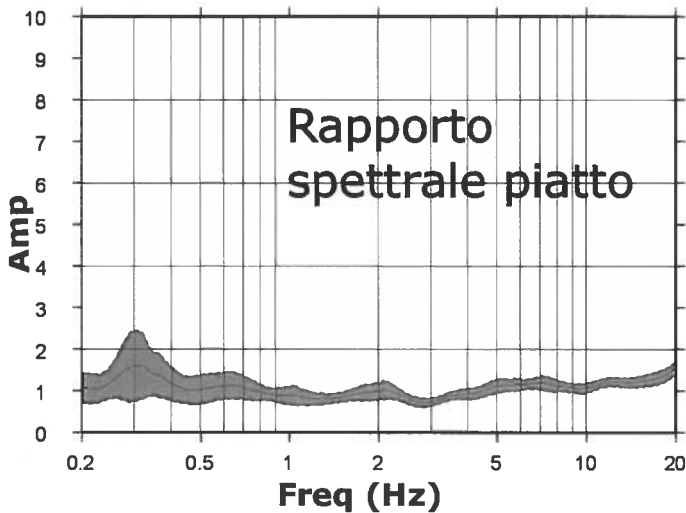
Dove $FR(f)$ è lo spettro di Fourier del moto alla bedrock, $H(f)$ è la funzione di trasferimento ed il risultato $FS(f)$ è lo spettro di Fourier del moto in superficie.

Il moto sismico alla superficie di un deposito pertanto risulta essere significativamente condizionato anche dai caratteri del moto atteso al basamento roccioso, caratterizzato da contenuti in frequenze dipendenti dal meccanismo di sorgente, dalla magnitudo, dal percorso di propagazione.

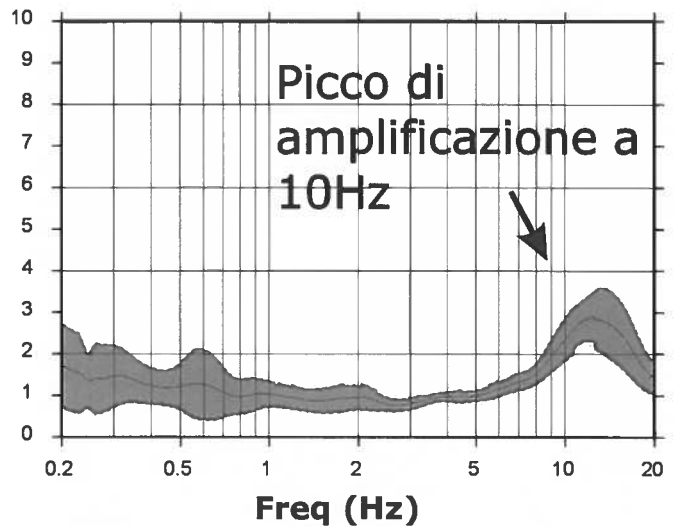
Ai fini di una valutazione quantitativa dell'effettiva risposta sismica locale, la determinazione del terremoto di riferimento va poi accoppiata ad una realistica modellizzazione del sottosuolo per definire la funzione di amplificazione, che non è caratteristica univoca del sito, ma dipende anche dai caratteri del moto di riferimento. Lo studio e la determinazione degli effetti di sito rappresentano una delle fasi più complesse di un'indagine di microzonazione sismica. I metodi per la ricerca degli effetti di sito possono essere di varia natura e i metodi più rigorosi richiedono oltre ad indagini di superficie anche esperimenti in pozzo.

METODO NAKAMURA

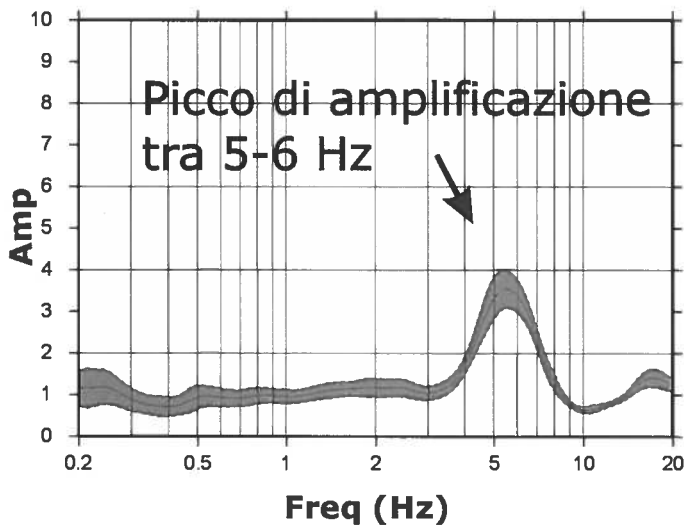
Nell'ultimo decennio, in seguito all'aumentata sensibilità e dinamica degli stru-



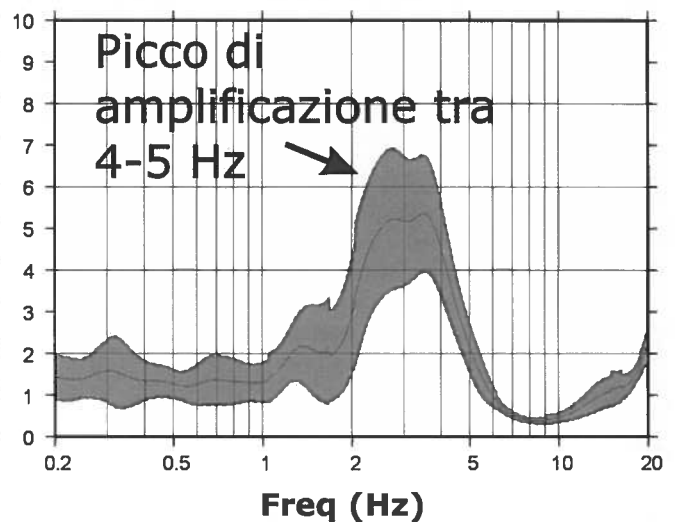
Ca01: misura effettuata sui Conglomerati di M.te Villa



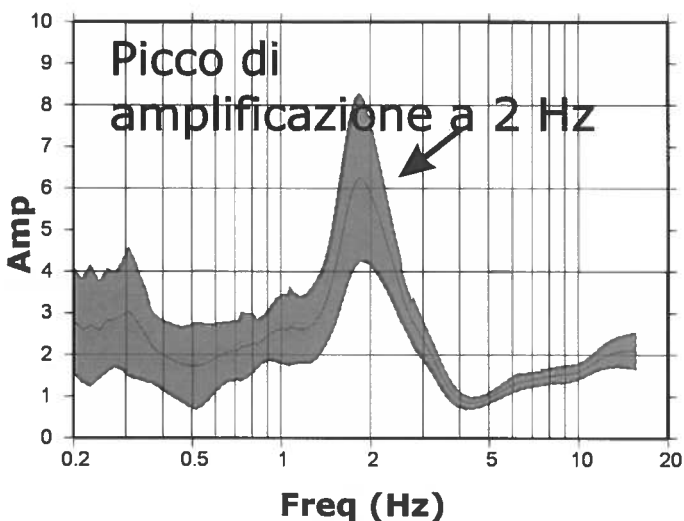
Ar05: misura effettuata su alluvioni di fondo valle



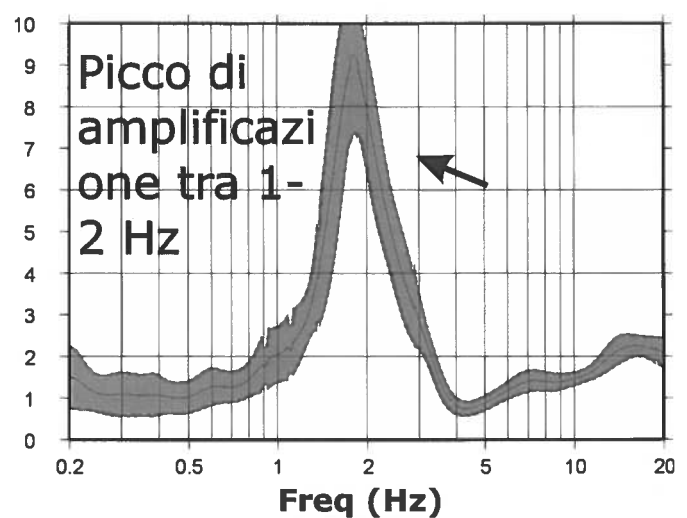
Ta01: misura effettuate su alluvioni di fondo valle



Ar32: misura effettuata su alluvioni di fondo valle



Ar47: misura effettuata su alluvioni fondo valle



Ar28: misura effettuata su misure di fondo valle (foce)

Fig. 3 - Rapporti spettrali H/V relativi a 6 differenti punti misura; l'andamento medio (linea nera) e la zona a deviazione standard minore di 3s (area grigia).

menti sismici, è stato possibile elaborare nuove metodologie speditive per la determinazione della funzione di amplificazione utilizzando rumore ambientale anziché terremoti (Lermo et al., 1994). Questo ha permesso di ricavare gli effetti di sito anche in zone caratterizzate da sismicità poco frequente e/o di bassa energia.

Tra esse, il metodo Nakamura (Nakamura, 1989), basato sul calcolo dei rapporti spettrali tra la componente verticale e quella orizzontale del segnale registrato, consente di ottenere la funzione di amplificazione di un sito utilizzando il rumore ambientale (microtremore) nell'ipotesi che lo spettro della componente verticale simuli quello di un rumore bianco. Attraverso un sistema di acquisizione composto da un sensore a tre componenti (verticale, Est-Ovest e Nord-Sud), da un convertitore analogico digitale e da un Gps si registrano finestre di rumore ambientale dalle quali è possibile elaborare i rapporti H/V. Tali rapporti presentano un comportamento differente a seconda del sito considerato, mostrando a seconda dei casi un picco di amplificazione alla frequenza fondamentale del sito. È importante sottolineare che nei casi più semplici la tecnica Nakamura fornisce l'esatto valore della frequenza fondamentale, dimostrando peraltro che essa dipende da alcune caratteristiche dei litotipi di indagine; tra le più importanti si ricordano lo spessore delle coltri di copertura e i differenti parametri geotecnici che definiscono il contrasto tra i litotipi. È ancora in fase di studio se la topografia del sito di indagine possa influire sui risultati dei rapporti spettrali.

I valori di amplificazione ottenuti dall'analisi di misure di microtremore (rumore ambientale a corto periodo inferiore a 5 s) in un'area di indagine, elaborate con la tecnica sopra descritta, devono essere interpretati in relativo, ovvero riconoscendo quali siti amplificano più di altri in funzione delle misure effettuate, senza però poter definire quale sia l'amplificazione "assoluta" su ogni sito.

Recenti studi hanno dimostrato che per ottenere il valore reale dell'amplificazione è necessario effettuare il calcolo dei rapporti spettrali sui terremoti; questo perché durante un evento sismico il terreno viene sollecitato in maniera differente, essendo coinvolti differenti tipi di onde sismiche, rispetto al rumore ambientale che si ipotizza essere caratterizzato dalle sole onde superficiali, generate da sorgenti locali ed escludendo qualsiasi sorgente profonda.

La teoria Nakamura si basa sul fatto che la componente verticale del movimento non viene amplificata durante il suo percorso tra substrato roccioso e copertura sedimentaria e, se si ipotizza che alla base del substrato roccioso la sorgente locale non influen-

za sul microtremore (Bour et al., 1998), è possibile stimare la forma spettrale della sorgente del microtremore, AS, come funzione della frequenza w , attraverso il rapporto

$$AS(w) = VS(w) / VB(w)$$

Dove VS e VB sono rispettivamente le ampiezze spettrali del movimento verticale alla superficie e alla base dello strato.

Per la stima dell'effetto di sito SE si utilizza

$$SE(w) = HS(w) / HB(w)$$

Dove HS e HB sono rispettivamente le ampiezze spettrali della componente oriz-

zontale del movimento alla superficie e alla base dello strato.

Per compensare SE dello spettro della sorgente modificiamo il rapporto spettrale di sito SM come

$$SM(w) = SE(w) / AS(w) =$$

$$[HS(w)/VS(w)]/[HB(w)/VB(w)]$$

Un'assunzione finale risulta che per tutte le frequenze di interesse

$$HB(w)/VB(w) = 1$$

Quindi la stima degli effetti di sito è il risultato del rapporto spettrale tra la componente orizzontale e verticale del movimento alla superficie dello strato.

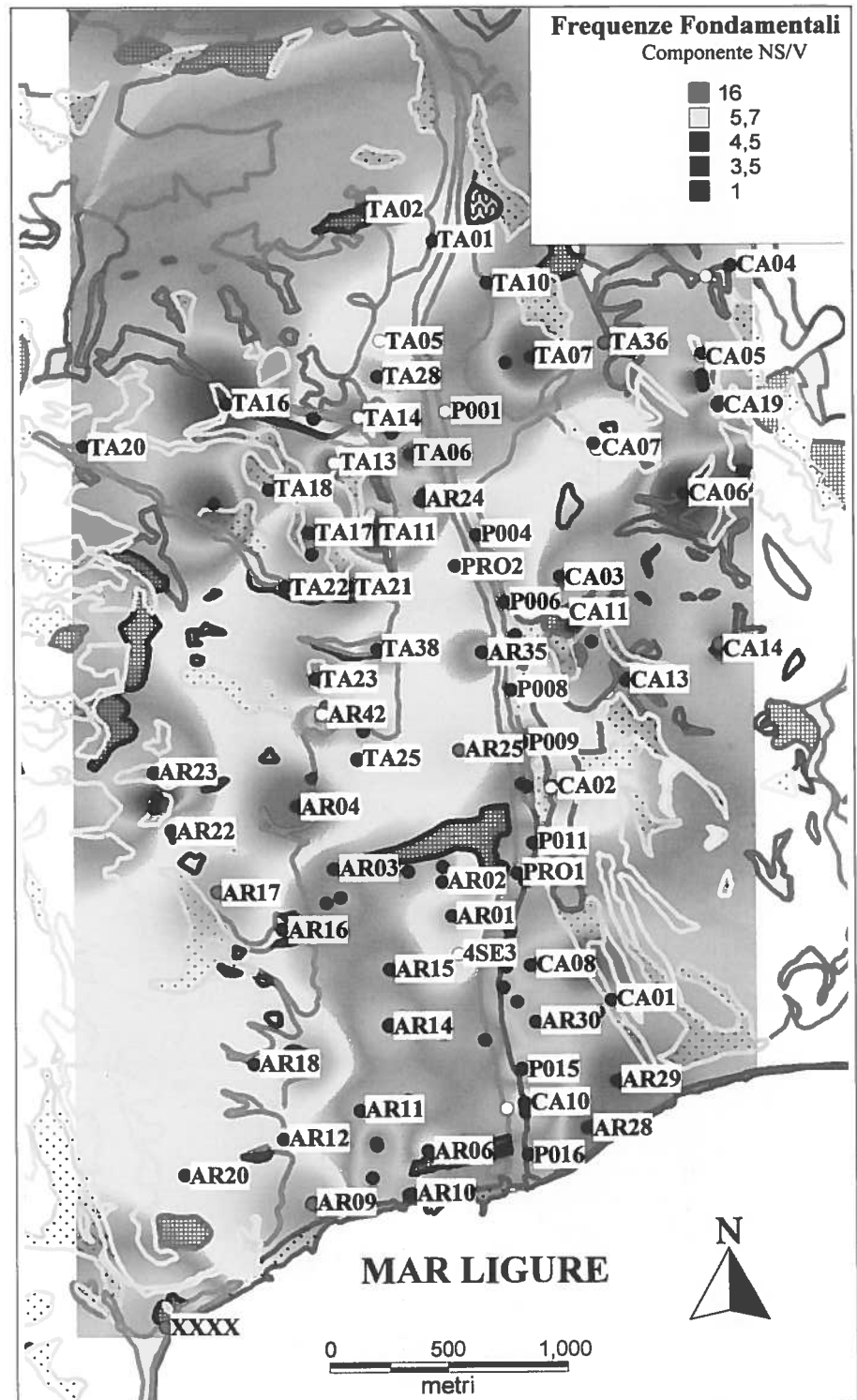


Fig. 4 - Mappa delle frequenze relative al picco di massima amplificazione per il rapporto tra la componente Nord-Sud e la componente verticale.

**INQUADRAMENTO
GEOLOGICO E PUNTI MISURA**

L'area in esame si estende dalla linea di costa verso Nord per circa 6 Km ed è larga 4,2 Km rispetto all'asse della valle lungo il torrente Argentina. In quest'area sono presenti tre centri abitati facenti parte di due distinti Comuni: il Comune di Taggia, che comprende i due borghi distinti di Arma di Taggia e Taggia, ed il Comune di Castellaro.

Come visibile dalla carta geologica (fig.2) il *bedrock* della zona è rappresentato dal Flysch ad Elmintoidi di età Cretaceo-Terziaria. Litologicamente il *flysch* è com-

posto da arenarie torbiditiche massicce granulometricamente piuttosto grossolane sino conglomeratiche (Arenarie di Bordighera) e da una formazione essenzialmente calcareo-marnosa relativamente monotona e potente (Flysch di San Remo) (Guide geologiche regionali, 1994). La geologia superficiale dell'area è caratterizzata dai depositi quaternari, costituiti principalmente da ghiaie e sabbie fluviali che possono essere classificati, in base all'età dei depositi, in tre categorie di alluvioni (antiche, medie, recenti) (Marini, 2000).

In questo studio si è cercato primaria-

mente di ricoprire in maniera omogenea i tre centri abitati e di pianificare misure su tutte le formazioni geologiche. Sono state effettuate 158 misure direttamente nell'alveo del Torrente Argentina e del Rio Batesi ed in prossimità di sondaggi geotecnici e dei profili Sev (Sondaggi elettrici verticali) trasversali all'alveo della valle.

RISULTATI

Nelle figure 3,4,5 e 6 sono presentati alcuni risultati ottenuti applicando il metodo Nakamura.

In figura 3 vengono mostrati alcuni esempi di rapporti H/V tra la componente orizzontale N-S e la componente verticale Z: le misure sono state effettuate su differenti litologie con particolare riguardo al confronto tra roccia e sedimento e, all'interno della stessa formazione sedimentaria, al fine di determinare una corrispondenza tra lo spessore della copertura ed il picco di amplificazione. Le misure effettuate su roccia non presentano picchi di amplificazione (rapporto spettrale piatto) mentre le misure effettuate sui sedimenti rivelano picchi di amplificazione la cui frequenza e ampiezza dipendono dallo spessore del sedimento.

In generale, quindi, la frequenza del picco di amplificazione risulta essere inversamente proporzionale allo spessore del sedimento:

sedimenti di elevata potenza -> picchi di amplificazione a bassa frequenza.

Dai valori di amplificazione e di frequenza ottenuti dai rapporti spettrali sono state create delle mappe tematiche in termini di frequenza fondamentale (fig. 4) e di fattore di amplificazione (fig. 5) correlabili con la geo-litologia dell'area.

Per meglio evidenziare la relazione frequenza fondamentale/spessore del sedimento, è stato eseguito un confronto con gli spessori della coltre sedimentaria dell'alveo del Torrente Argentina ottenuti con metodi geoelettrici (Sev). La morfologia complessa del substrato, con la presenza di un paleoalveo, viene evidenziata sia dai Sev sia dai valori di frequenza ottenuti dai rapporti H/V (fig. 6).

Al fine di validare i risultati ottenuti con l'analisi del microtremore ed evidenziare i limiti del metodo Nakamura rispetto al metodo tradizionale (sorgenti sismiche), sono state installate due stazioni accelerometriche nel comune di Arma di Taggia. Attraverso la registrazione di alcuni eventi sismici è stato possibile effettuare un confronto tra i rapporti H/V calcolati sui microtremori e i rapporti H/V calcolati sui terremoti.

La figura 7 mostra la funzione di amplificazione calcolata per uno stesso sito utilizzando sia il metodo Nakamura (parte sinistra) sia il metodo tradizionale (parte destra), considerando il rapporto H/V per tre terremoti.

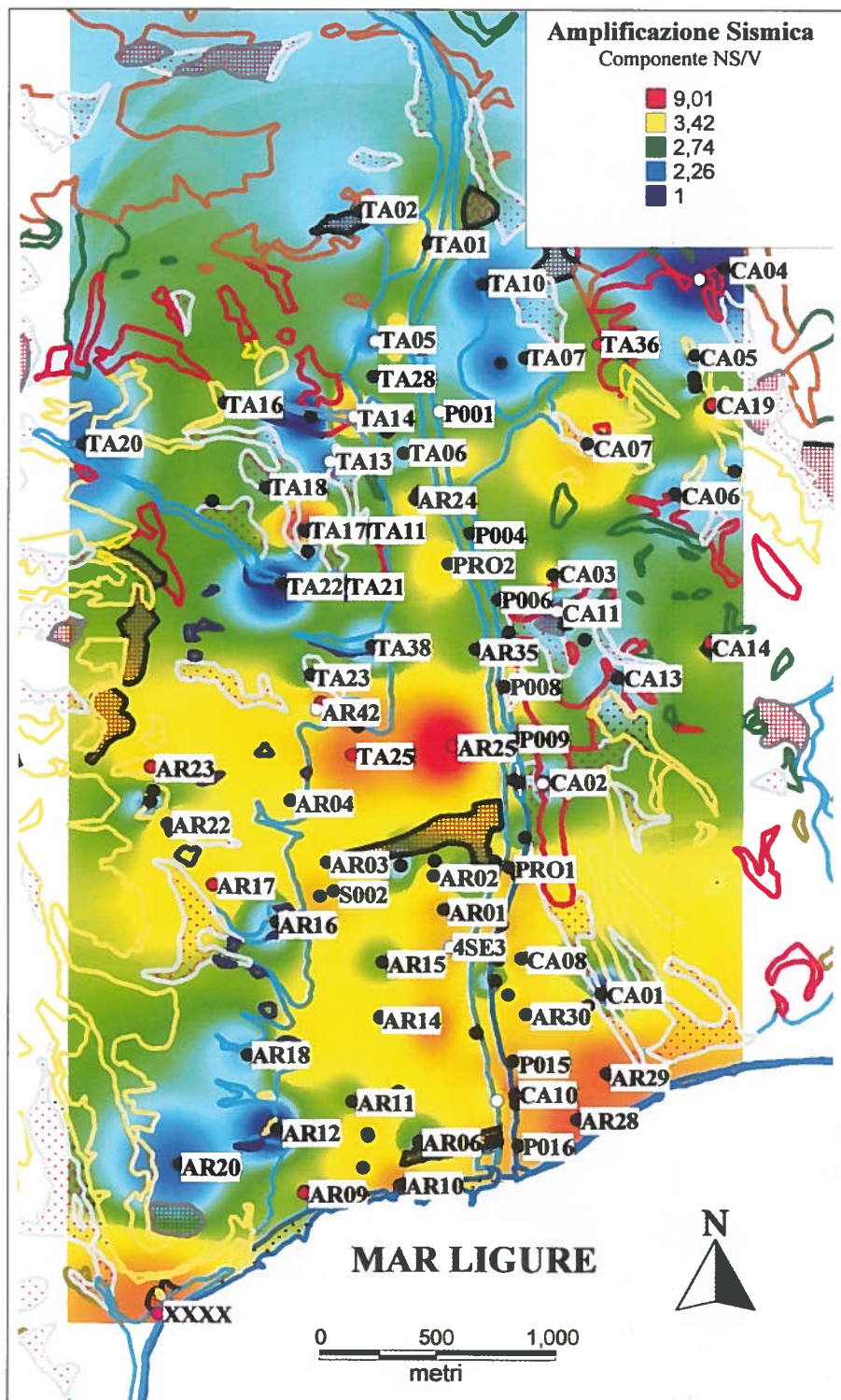


Fig. 5 - Mappa delle amplificazioni sismiche riscontrate considerando il rapporto tra la componente Nord-Sud e la componente verticale.

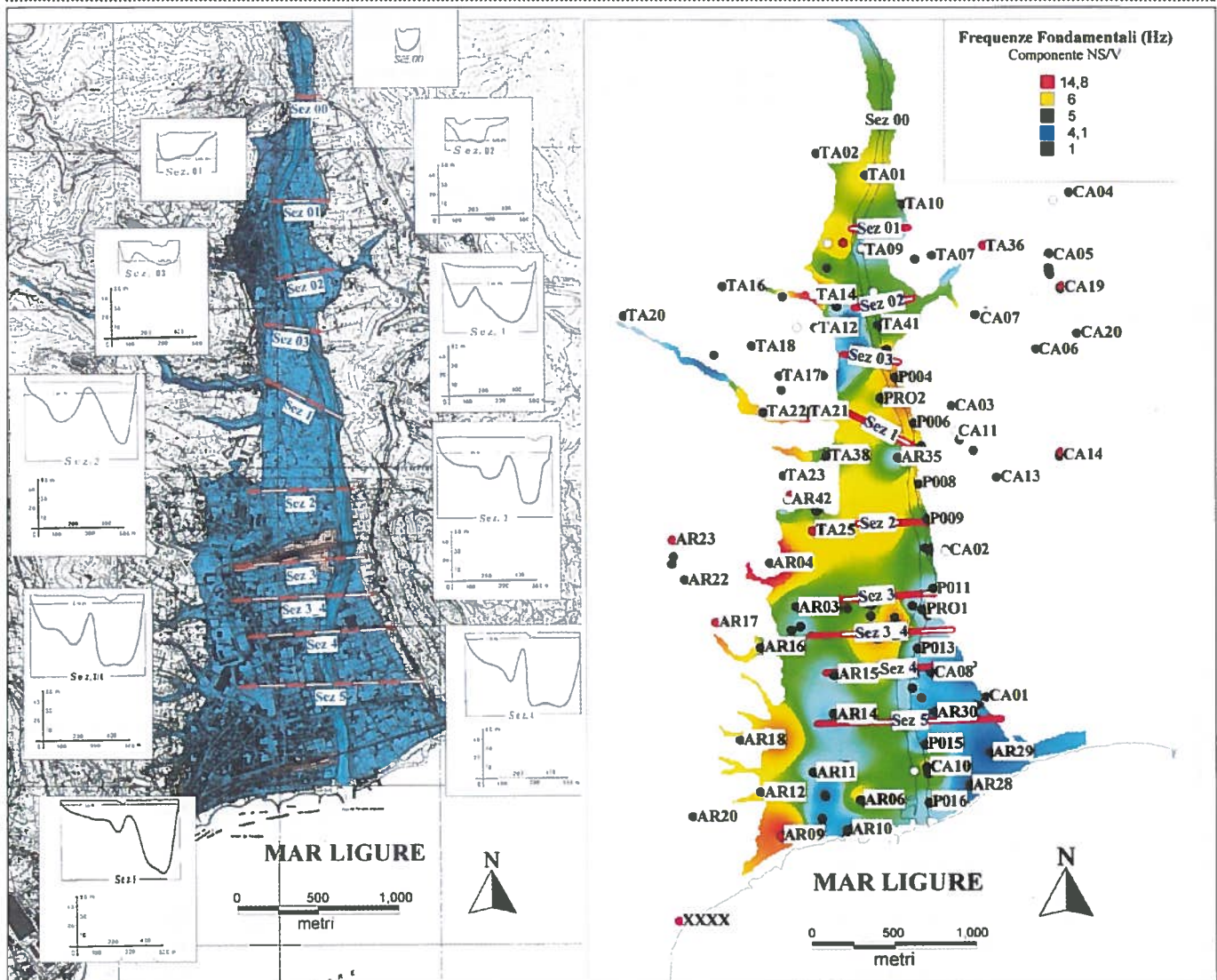


Fig. 6 - Confronto fra i risultati ottenuti considerando i profili geoelettrici S.E.V. e la mappa delle frequenze ottenuta dai rapporti H/V.

I due rapporti H/V mostrano un picco di amplificazione tra 4 e 5 Hz, con un valore di amplificazione differente (4 per il microtremore e 7 per i terremoti).

Il microtremore, tende infatti a sottostimare il valore di amplificazione.

Le discrepanze evidenziate possono essere imputate al differente contenuto in frequenza del microtremore rispetto al terremoto ma si conferma che il metodo Nakamura risulta sufficientemente preciso nella determinazione della frequenza fondamentale.

BIBLIOGRAFIA

BARD P.Y. (1995) EFFECTS OF SURFACE GEOLOGY ON GROUND MOTION: RECENT RESULTS AND REMAINING ISSUES. 10TH EUROPEAN CONFERENCE ON EARTHQUAKE ENGINEERING, DUMA (Ed.) BALKEMA, ROTTERDAM.

BOUR M., FOUSSAC D., DOMINIQUE P., MARTIN C. (1998) ON THE USE OF MICROTREMOR RECORDINGS IN SEISMIC MICROZONATION. SOIL DYNAMICS AND EARTHQUAKE ENGINEERING, VOL. 17.

GUIDE GEOLOGICHE REGIONALI (1994) ALPI LIGURI, SOCIETA' GEOLOGICA ITALIANA. BE-MA EDITRICE.

LACHET C., BARD P.Y. (1994) NUMERICAL AND THEORETICAL INVESTIGATIONS ON THE POSSIBILITIES AND LIMITATIONS OF NAKAMURA'S TECHNIQUE. J. PHYS. EARTH, VOL. 42.

LANZO G., SILVESTRI F. (1999) RISPOSTA SIMICA LOCALE. TEORIA ED ESPERIENZE. ARGOMENTI DI INGEGNERIA GEOTECNICA.

LERMO J., CHAVEZ-GARCIA J.F. (1994) ARE MICROTREMOR USEFUL IN SITE RESPONSE EVALUATION? B.S.S.A. VOL. 84, N.5.

MARINI M. (2000) IL PLOCIENE LIGURE A TAGGIA (IMPERIA, ALPI MARIITIME LIGURI): STRATIGRAFIA FISICA ED EVOLUZIONE SEDIMENTA-

RIA. BOLL. SOC. GEOL. IT., 119, 22FF, 2 Tav.F.T.

NAKAMURA J. (1989) A METHOD FOR DYNAMIC CHARACTERISTICS ESTIMATION OF SUBSURFACE USING MICROTREMOR ON THE GROUND SURFACE. QR RAILWAY TECH. RES. INST., 30, 1.

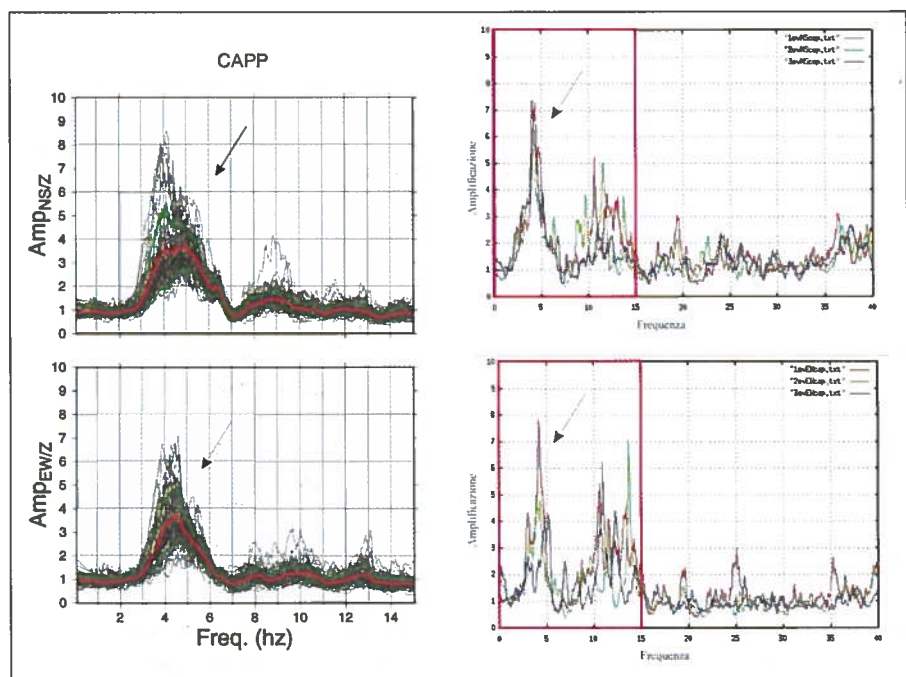


Fig. 7 - confronto fra il valore di frequenza e di amplificazione sismica locale ottenuti per uno stesso punto misura considerando il metodo Nakamura (a sinistra) e il rapporto H/V per tre terremoti.

NUOVO METODO DI COSTRUZIONE DELLA CARTA DELLA SUSCETTIVITÀ ALLE FRANE.

LUCA DONATI
GEOLOGO

MARIA CHIARA TURRINI
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA,
UNIVERSITÀ DI FERRARA

L'ESEMPIO DELLA VALNERINA (PERUGIA)

Parole chiave: frana, pericolosità, piano di bacino, dissesto, suscettività.

INTRODUZIONE

In seguito ad eventi catastrofici, purtroppo sempre più frequenti in questi ultimi anni, è andata maturando la consapevolezza che il rapporto tra l'attività antropica e il territorio poggia su un equilibrio estremamente delicato e instabile. Il legislatore ha recepito questa realtà fin dal 1989, con la legge quadro 183 che stabilisce le "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo" e definisce finalità, soggetti, strumenti e modalità d'azione della pubblica amministrazione in materia, appunto, di difesa del suolo. In seguito a questa legge sono stati redatti i Piani di Bacino, nell'ambito dei quali sono state costruite, tra le altre, le carte della localizzazione delle frane e, talvolta, le carte di pericolosità da frana.

Com'è noto, per pericolosità di un fenomeno naturale si intende la probabilità che detto fenomeno si verifichi in un'area e in un periodo di tempo determinati (Varnes e Commission on Landslides and Other Mass Movements IAEG, 1984).

Per quanto riguarda le frane, il calcolo della pericolosità così definita richiede la conoscenza di dati temporali che raramente sono disponibili, quali il tempo di ritorno del movimento o, almeno, delle cause innescanti tale movimento, qualora si conoscano. Data questa mancanza, non è stato possibile fino ad oggi costruire carte di pericolosità in senso stretto, estese su ampie porzioni di territorio. La comunità scientifica si è orientata invece alla messa a punto di metodi cartografico-numeriche che consentono di individuare aree di territorio con predisposizione a franare più o meno accentuata (Anbalagan, 1992; Clerici e Dall'Olio, 1995; Guzzetti e Cardinali, 1989, 1990; Turrini e Visintainer, 1998).

Anche tali carte sono dette di pericolosità da frana, seppur impropriamente; più rigorosamente infatti esse dovrebbero essere definite carte della "suscettività alle frane" (Brabb, 1984).

Il presente studio intende presentare un nuovo metodo per la costruzione di tali tipi di carte che abbia la peculiarità di prescindere, per quanto possibile, dalla soggettività insita in diverse fasi del lavoro: questo è stato possibile grazie all'uso di un Sistema informativo territoriale (IDRISI, Eastman, 1997) che ha permesso di "pesare" il grado di incidenza dei diversi fattori, rilevanti per le frane, sulla predisposizione a franare del territorio esaminato.

AREA DI STUDIO

Il territorio analizzato è situato nell'Umbria Sud-orientale, più precisamente nella parte Centro-meridionale della Valnerina e si estende complessivamente per circa 60 km², sia in destra che in sinistra idrografica del Fiume Nera. Gli abitati principali sono S. Anatolia di Narco e Vallo di Nera (fig. 1).

Dal punto di vista geomorfologico, il territorio in esame è caratterizzato da un'elevata energia di rilievo, con quote che vanno da 300 a 1.600 metri circa, derivante dalla tettonica compressiva che ha determinato un sollevamento generale dell'area con la conseguente formazione di profonde valli e gole incise.

In corrispondenza delle aree a minore acclività il paesaggio ha un aspetto collinare, mentre in quelle a maggior pendenza si riscontrano una copertura boschiva molto estesa ed un aspetto più aspro.

I fenomeni franosi sono piuttosto numerosi ed estesi: si tratta soprattutto di frane complesse (Varnes, 1978), costituite da scioglimenti rotazionali e colate, che hanno

mobilitato in un recente passato ampie porzioni soprattutto delle formazioni terrigene, estesamente diffuse in tutto il territorio e con caratteristiche meccaniche scadenti, ulteriormente compromesse dalla tettonica, piuttosto spinta, dell'area. Le formazioni

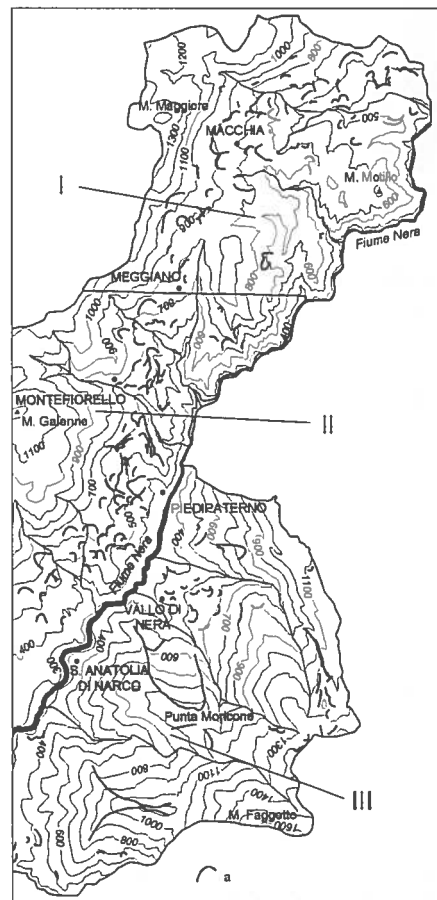


Fig. 1 - Carta topografica dell'area studiata. I) Area campione; II) Area su cui è stata fatta la previsione, caratterizzata da condizioni geologico-geomorfologiche pressoché identiche all'area campione; III) Area su cui è stata fatta la previsione, caratterizzata da condizioni geologico-geomorfologiche diverse da quelle dell'area campione (vedi testo); a) Orlo di scarpata di frana.

Classe	Formazione	Litologia	Area (%)	Area interessata da scarpate (%)	Scarpate comprese (%)
1	Bisciario	Marna argillosa	11.1	1.08	31.8
2	Scaglia cinerea	Marna argillosa	27.9	0.53	39.3
3	Scaglia variegata	Marna argillosa	8.9	0.35	8.3
4	Scaglia rossa	Calcarea marnoso	30.8	0.20	16.7
5	Scaglia bianca	Calcarea	1.1	0	0
6	Marne a fucoidi	Marna	1.6	0.32	1.4
7	Maiolica	Calcarea	18.6	0.05	2.5

Tab. 1 - Litologia, distinta per formazioni geologiche.

Classe	Struttura	Area (%)	Area interessata da scarpate (%)	Scarpate comprese (%)
1	Strati a reggipoggio	61.6	0.44	72.5
2	Strati a franapoggio con inclinazione minore del versante	5.1	0.21	2.9
3	Strati a franapoggio con inclinazione maggiore del versante	33.3	0.28	24.6

Tab. 2 - Orientazione degli strati rispetto a quella del versante.

calcareae, seppure in misura minore, sono affette da scivolamenti traslativi e crolli.

Dal punto di vista geologico, le formazioni affioranti sono quelle tipiche della sequenza stratigrafica dell'Appennino umbro-marchigiano, costituita da formazioni bacinali di età dal Cretacico al Miocene, più calcareae alla base e con apporti terrigeni che diventano più abbondanti via via che si risale nella colonna stratigrafica.

La tettonica ha avuto in queste zone un ruolo molto importante: infatti, dapprima, si è avuto una tettonica compressiva che ha determinato la formazione di numerose pieghe e sovrascorrimenti a direzione NNE-SSW; successivamente ad un sollevamento generale dell'area si sono poi sviluppate delle faglie dirette, per lo più trasversali ai lineamenti precedenti, che hanno dislocato le strutture sopra descritte.

La distribuzione sul territorio studiato dei litotipi calcarei e terrigeni riflette in generale

la tettonica e la morfologia dell'area; infatti a destra del Fiume Nera, in corrispondenza dei fronti di sovrascorrimento e delle aree a minore acclività, è possibile identificare la presenza delle formazioni più terrigene come Scaglia cinerea e Bisciario, mentre in sinistra idrografica, dove sono presenti le strutture distensive e una maggiore acclività, sono più diffuse le formazioni calcareae, quali Calcari Diasprigni e Maiolica.

METODOLOGIA DI LAVORO E APPLICAZIONE

Il lavoro si è basato su di un rilevamento di campagna alla scala 1:5.000 e sull'interpretazione di foto aeree alla scala 1:13.000, che hanno avuto come risultato una carta geologico-geomorfologica molto dettagliata, con l'ubicazione dei corpi di frana e delle relative scarpate molto precisa.

Dalla revisione critica della letteratura specializzata e basandosi sull'esperienza

degli Autori, sono stati scelti e suddivisi in classi, nove fattori considerati rilevanti per le frane. Tali fattori sono:

- 1) Litologia, distinta per formazioni geologiche, che controlla la resistenza al taglio e la permeabilità del terreno (tab. 1);
- 2) Orientazione degli strati rispetto a quella del versante, per verificare la possibilità che si verificino scivolamenti traslativi (condizione di franapoggio con inclinazione minore), piuttosto che scivolamenti rotazionali (condizione di reggipoggio) (tab. 2);
- 3) Distanza dai sovrascorrimenti, che controlla il grado di fratturazione dell'ammasso roccioso (tab. 3);
- 4) Distanza dalle faglie dirette, per lo stesso motivo precedente (tab. 4);
- 5) Parallelismo tra le lineazioni foto interpretate e l'orlo delle scarpate di frana, per visualizzare la possibile influenza delle grandi discontinuità dell'ammasso roccioso sull'ubicazione delle frane e sulla forma delle scarpate (tab. 5);
- 6) Acclività dei versanti, che controlla il volume e quindi il peso della porzione di versante mobilizzabile (tab. 6);
- 7) Orientazione dei versanti, che controlla l'esposizione all'irraggiamento e ai fenomeni meteorici (tab. 7);
- 8) Distanza dalle linee di impluvio, per visualizzare l'influenza dello scalzamento al piede dei versanti (tab. 8);
- 9) Uso del suolo, in quanto la presenza di vegetazione controlla l'erodibilità del terreno (tab. 9).

L'area studiata è stata divisa in tre parti (fig. 1): sulla prima, considerata zona cam-

Classe	Distanza (m)	Area (%)	Area interessata da scarpate (%)	Scarpate comprese (%)
1	0 - 10	1.1	1.54	4.6
2	10 - 20	1.4	1.18	4.5
3	20 - 50	4.1	0.87	9.5
4	50 - 100	6.5	0.49	8.4
5	> 100	86.9	0.31	73.0

Tab. 3 - Distanza dai sovrascorrimenti.

Classe	Distanza (m)	Area (%)	Area interessata da scarpate (%)	Scarpate comprese (%)
1	0 - 10	1.6	0.45	1.9
2	10 - 20	2.0	0.44	2.4
3	20 - 50	5.9	0.45	7.0
4	50 - 100	9.7	0.38	9.8
5	> 100	80.8	0.37	78.9

Tab. 4 - Distanza dalle faglie dirette.

Classe	Orientazione (°)	Lineazioni (%)	Scarpate (%)
1	0 - 10	15.5	10.1
2	11 - 20	2.5	2.6
3	21 - 30	1.6	11.1
4	31 - 40	5.4	5.8
5	41 - 50	4.6	5.7
6	51 - 60	2.1	7.6
7	61 - 70	4.1	1.4
8	71 - 80	0	5.9
9	81 - 90	8.6	9.6
10	91 - 100	9.3	5.9
11	101 - 110	10.4	8.9
12	11 - 120	6.1	3.4
13	121 - 130	3.7	5.6
14	131 - 140	5.8	4.5
15	141 - 150	2.5	1.8
16	151 - 160	5.2	0.9
17	161 - 170	11.3	4.6
18	171 - 180	1.3	4.6

Tab. 5 - Parallelismo tra le lineazioni foto interpretate e l'orlo delle scarpate di frana.

Classe	Inclinazione (°)	Area (%)	Area interessata da scarpate (%)	Scarpate comprese (%)
1	< 5	4.2	0	0
2	6 - 15	23.5	0.48	30.0
3	16 - 25	31.4	0.50	42.1
4	26 - 35	25.8	0.30	20.7
5	36 - 45	12.4	0.18	6.0
6	> 45	2.7	0.15	1.2

Tab. 6 - Acclività dei versanti.

Classe	Orientazione	Area (%)	Area interessata da scarpate (%)	Scarpate comprese (%)
1	Nord	6.9	0.28	5.3
2	Nord-Est	10.7	0.46	13.0
3	Est	25.4	0.40	26.8
4	Sud-Est	29.8	0.39	30.1
5	Sud	12.4	0.55	17.7
6	Sud-Ovest	5.4	0.33	4.9
7	Ovest	4.8	0.03	0.4
8	Nord-Ovest	3.1	0.21	1.7
9	Terreno orizzontale	1.5	0	0

Tab. 7 - Orientazione dei versanti.

Classe	Distanza (m)	Area (%)	Area interessata da scarpate (%)	Scarpate comprese (%)
1	0 - 10	4.8	0.09	1.1
2	10 - 20	6.0	0.10	1.6
3	20 - 50	16.4	0.22	9.8
4	> 50	72.8	0.45	87.5

Tab. 8 - Distanza dalle linee di impluvio.

Classe	Uso del suolo	Area (%)	Area interessata da scarpate (%)	Scarpate comprese (%)
1	Terreni nudi	5.4	0.10	1.4
2	Colture	26.9	0.72	51.7
3	Prati	12.0	0.03	1.2
4	Arbusti	20.5	0.48	26.2
5	Boschi	35.2	0.21	19.5

Tab. 9 - Uso del suolo.

pione (I), è stato messo a punto il metodo cartografico numerico per la costruzione della carta della suscettività alle frane che è stata poi validata coi dati delle frane presenti nelle altre due aree (II e III). Queste sono state tenute distinte in quanto le loro caratteristiche geologico-geomorfologiche sono leggermente diverse. Infatti, come detto nel paragrafo 2, mentre in destra idrografica (I e II) affiorano in prevalenza le formazioni terrigene del Bisciario e della Scaglia cinerea, che danno origine ad una determinata tipologia di dissesti rendendo queste aree simili, in sinistra idrografica (III) sono prevalenti le formazioni calcaree, con tipologie di dissesti diverse. Con questa procedura si è inteso tarare il metodo su di un'area campione (I) per poi verificarne la capacità previsionale su un'area adiacente praticamente uguale e su un'area, altrettanto vicina, ma con caratteristiche leggermente diverse.

A questo punto, per tutte e tre le aree sono state costruite le diverse carte tematiche dei fattori scelti, e ciò è stato fatto direttamente col programma Idrisi, seguendo procedure diverse a seconda del fattore considerato (Donati e Turrini, 2002).

Poi il lavoro è proseguito sulla sola area campione, per la quale ciascuna delle carte ottenute è stata incrociata con la carta delle scarpate delle frane [comando *Crosstab*], ottenendo per ogni classe dei diversi fattori la percentuale di area caratterizzata dalla presenza delle scarpate: il conteggio è stato fatto in automatico dal sistema che

dalle scarpate" presente nelle tabelle relative ai diversi fattori (Donati e Turrini, 2002).

Le carte dei fattori sono state riclassificate [comando *Reclass*], assegnando a ciascuna classe i relativi valori della colonna suddetta moltiplicati per 100.

L'operazione successiva è stata quella di standardizzare tali valori su una scala comune da 0 a 255, cosa che fa il sistema in automatico [comando *Stretch*]; in questo modo tutte le carte sono state rese consistenti e quindi confrontabili, per cui il valore 255 rappresenta, per tutte le carte, la percentuale più alta di presenza di pixel di scarpata e 0 rappresenta la più bassa.

A questo punto ogni fattore è rappresentato da un certo numero di classi, diverso per ogni fattore, a cui è associato un valore che rappresenta la percentuale di pixel di scarpata, detto valore normalizzato, e il relativo valore standardizzato.

Per poter rappresentare ogni fattore da un unico indice (P) che ne descriva il grado di influenza sulla presenza delle frane, e quindi, indirettamente, sulla predisposizione a franare del territorio, è stata fatta una media pesata dei valori standardizzati (val.st.) relativamente ai valori normalizzati (val.nor.), secondo l'equazione (1):

$$P = \frac{\sum \text{val.nor.} * \text{val.st.}}{\sum \text{val.nor.}} \quad (1)$$

Usando il modulo *Weight* del programma, è stato a questo punto possibile confrontare ogni fattore relativamente ad ogni

	a	b	c	d	e	f	g	h	i
a	1								
b	1.17	1							
c	1.17	1.00	1						
d	1.24	1.06	1.06	1					
e	0.98	0.84	0.84	0.79	1				
f	0.86	0.73	0.73	0.69	0.87	1			
g	0.93	0.79	0.79	0.74	0.94	1.08	1		
h	0.89	0.76	0.76	0.71	0.90	1.04	0.96	1	
i	0.80	0.68	0.68	0.64	0.81	0.93	0.86	0.89	1

Tab. 10 - Matrice della comparazione a coppie dei fattori per la determinazione del loro peso. I numeri che compaiono nella matrice sono dati dal rapporto tra il valore P del fattore indicato nella riga e quello del fattore indicato nella colonna. a) Orientazione degli strati rispetto al versante; b) Distanza dalle faglie dirette; c) Parallelismo tra le lineazioni e l'orlo delle scarpate; d) Orientazione; e) Uso del suolo; f) Acclività; g) Distanza dai sovrascorrimenti; h) Distanza dagli impluvi; i) Litologia.

conta quanti pixel totali appartengono ad ogni classe e di questi, quanti formano le scarpate. Nel presente lavoro i pixel rappresentano le celle di 5 metri di lato, in cui tutte e tre le aree sono state suddivise. In questo modo è stato possibile compilare la colonna "Area interessata

altro in modo da "pesare" il grado di influenza di ciascuno sulle frane.

Il modulo *Weight* compie questa operazione in automatico, attraverso la compilazione della matrice simmetrica di confronto a coppie dei fattori, come si vede nella tabella 10. La procedura consiste nel calcolo dell'autovettore della matrice che ha, come output, una serie di numeri che rappresentano appunto i pesi relativi (W) dei diversi fattori, e la cui somma è 1 (tab. 11).

Ancora in automatico il sistema permette a questo punto di fare una combinazione lineare pesata dei fattori considerati e di costruire una carta in cui il valore associato ad ogni pixel è dato dall'equazione (2):

$$S = \sum P * W \quad (2)$$

La carta così ottenuta è costituita da pixel a cui sono associati valori che vanno da 0 a 255 e che riflettono l'attitudine a franare: più è alto il valore e più è alta questa predisposizione.

Infine la carta così ottenuta viene riclassificata in classi di suscettività alle frane con un criterio che dovrebbe essere il più oggettivo possibile. Di solito le classi usate per queste carte sono cinque:

- I - suscettività molto bassa o nulla;
- II - suscettività bassa;
- III - suscettività media;
- IV - suscettività alta;
- V - suscettività molto alta.

Il problema che sempre si presenta nella costruzione di queste carte è quello di determinare in modo oggettivo i limiti delle classi di suscettività; molto spesso questi limiti sono individuati sulla base dell'esperienza e della conoscenza del territorio.

Per poter oggettivare questa procedura, sono state sfruttate le possibilità offerte dal sistema usato.

Molto semplice è risultato individuare il limite superiore della I classe, quella a su-

a	0.1106
b	0.1296
c	0.1296
d	0.1377
e	0.1088
f	0.0948
g	0.1024
h	0.0984
i	0.0881
totale	1.0000

Tab. 11 - Pesi assegnati dal sistema ai diversi fattori. a) Orientazione degli strati rispetto al versante; b) Distanza dalle faglie dirette; c) Parallelismo tra le lineazioni e l'orlo delle scarpate; d) Orientazione; e) Uso del suolo; f) Acclività; g) Distanza dai sovrascorrimenti; h) Distanza dagli impluvi; i) Litologia.

scettività molto bassa o nulla: si è visto infatti che le aree caratterizzate da un valore di $S = 100$ contenevano solo l'1% dei pixel di scarpata e quindi i limiti della prima classe sono stati individuati nei valori $S = 0$ e $S = 100$.

Per quanto riguarda il limite inferiore della V classe, questo è stato individuato in tre valori (137, 155 e 165) oltre i quali sono presenti il 90%, il 70% e il 50% dei pixel che formano le scarpate di frana: naturalmente, minore è il valore di S , maggiore è la percentuale delle scarpate comprese e maggiore è l'estensione del territorio interessato. Alla luce di questo, la scelta di quale dei tre valori sia il più significativo, secondo l'opinione degli autori, non può essere fatta dai tecnici che costruiscono la carta, ma deve essere presa dagli amministratori e dai politici, in quanto la destinazione d'uso del territorio e quindi il suo valore economico cambia a seconda della classe in cui ricade. Il limite superiore della V classe non presenta problemi in quanto, ovviamente, è costituito dal valore massimo ottenuto con la combinazione lineare

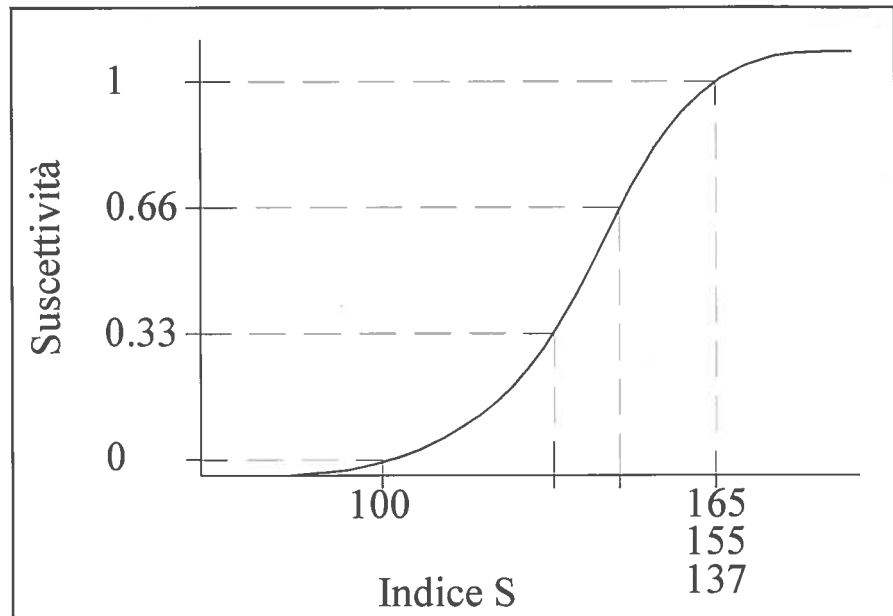


Fig. 2 - Funzione di appartenenza dei pixel, secondo la teoria dei Fuzzy Sets.

pesata, che per il caso in oggetto è risultato essere 233.

Per la definizione delle classi intermedie

(II, III, IV), ancora una volta è stata sfruttata la potenzialità e la versatilità di Idrisi. Infatti, col modulo Fuzzy è stato possibile rappresentare la funzione di appartenenza dei pixel non compresi nella I e nella V classe, con una funzione sigmoide crescente, come rappresentata in figura 2. Al di sotto del valore 100 la suscettività è 0, al di sopra del valore 137, 155 o 165, la suscettività è 1. Il passaggio tra questi due limiti è graduale, di tipo *fuzzy*. In altre parole, le classi di tipo *fuzzy* non hanno confini netti; cioè il passaggio tra l'appartenenza e la non appartenenza ad una data classe non è un passaggio immediato, ma appunto graduale (Eastman, 1997).

Da questa funzione, con una decisione inevitabilmente soggettiva, sono stati posti i limiti delle classi intermedie ai valori della suscettività corrispondenti a 0.33 e 0.66.

Per valutare se la scelta è stata adeguata, la carta delle scarpate è stata sovrapposta alla carta finale classificata, ottenuta in automatico; il risultato non è sembrato soddisfacente agli autori e pertanto si è proceduto a fare un'ulteriore operazione che è consistita nell'elevazione al quadrato della funzione sigmoide di appartenenza. Ponendo di nuovo il limite tra la II e la III classe in corrispondenza al valore 0.33 della suscettività e quello tra la III e la IV classe in corrispondenza del valore 0.66 della suscettività, si è ottenuto, rispetto alla classificazione precedente, un allargamento della II classe e una diminuzione della III e della IV classe (fig. 3).

La sovrapposizione di questa nuova carta finale con quella delle scarpate ha dato risultati che, nell'esperienza degli autori, sono stati considerati più che soddisfacenti.

Come ultima operazione, sono state costruite in modo del tutto analogo le carte della suscettività alle frane sia per la II area che per la III, mantenendo i valori dei pesi ottenuti con l'elaborazione descritta per la I area.

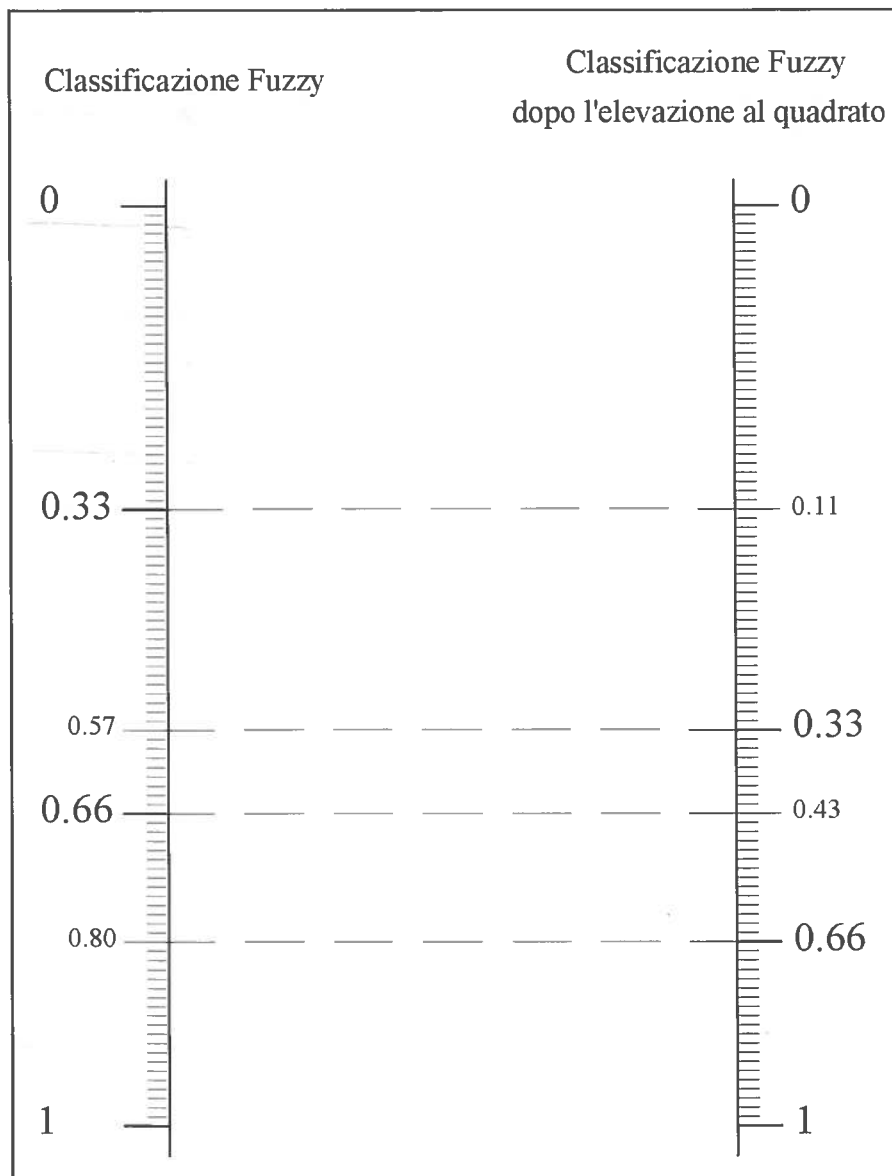


Fig. 3 - Trasformazione delle ampiezze delle classi intermedie della suscettività alle frane a seguito dell'operazione di elevazione al quadrato del primo stadio della carta finale.

Classe	Tipo di suscettività	Area (%)	Area interessata da scarpate (%)	Scarpate comprese (%)
I	Molto bassa o nulla	a) 5.07 b) 4.52 c) 4.03	a) 0.07 b) 0.06 c) 0.03	a) 1.01 b) 1.00 c) 1.05
II	Bassa	a) 39.62 b) 32.65 c) 18.31	a) 0.09 b) 0.10 c) 0.07	a) 7.48 b) 5.53 c) 3.54
III	Media	a) 15.43 b) 13.97 c) 8.42	a) 0.19 b) 0.11 c) 0.09	a) 7.80 b) 4.12 c) 0.65
IV	Alta	a) 21.74 b) 18.93 c) 15.92	a) 0.59 b) 0.37 c) 0.11	a) 33.98 b) 18.71 c) 3.61
V	Molto alta	a) 18.51 b) 30.31 c) 53.69	a) 1.01 b) 0.88 c) 0.64	a) 49.73 b) 70.64 c) 91.15

Tab. 12 - Classificazione dell'area I; le dizioni a), b) e c) si riferiscono alle carte in cui il limite tra la IV e la V classe è dato da S=165, S=155 e S=137.

Classe	Tipo di suscettività	Area (%)	Area interessata da scarpate (%)	Scarpate comprese (%)
I	Molto bassa o nulla	a) 9.3 b) 8.81 c) 7.53	a) 0.05 b) 0.05 c) 0.05	a) 0.86 b) 0.83 c) 0.75
II	Bassa	a) 45.60 b) 39.16 c) 24.29	a) 0.20 b) 0.17 c) 0.13	a) 16.85 b) 12.82 c) 5.87
III	Media	a) 13.63 b) 11.82 c) 10.55	a) 0.72 b) 0.45 c) 0.14	a) 18.59 b) 10.14 c) 2.76
IV	Alta	a) 18.44 b) 17.63 c) 14.08	a) 0.94 b) 0.85 c) 0.35	a) 32.78 b) 28.27 c) 9.30
V	Molto alta	a) 12.89 b) 22.59 c) 43.55	a) 1.27 b) 1.12 c) 0.99	a) 30.93 b) 47.93 c) 81.30

Tab. 13 - Classificazione dell'area II; le dizioni a), b) e c) si riferiscono alle carte in cui il limite tra la IV e la V classe è dato da S=165, S=155 e S=137.

Classe	Tipo di suscettività	Area (%)	Area interessata da scarpate (%)	Scarpate Comprese (%)
I	Molto bassa o nulla	a) 2.19 b) 1.91 c) 1.41	a) 0.12 b) 0.10 c) 0.08	a) 0.77 b) 0.56 c) 0.34
II	Bassa	a) 46.43 b) 34.72 c) 16.15	a) 0.25 b) 0.23 c) 0.14	a) 33.82 b) 23.27 c) 6.56
III	Media	a) 22.02 b) 20.73 c) 12.26	a) 0.39 b) 0.32 c) 0.24	a) 25.41 b) 19.19 c) 8.60
IV	Alta	a) 21.13 b) 24.87 c) 21.78	a) 0.40 b) 0.44 c) 0.33	a) 24.91 b) 31.79 c) 20.92
V	Molto alta	a) 8.22 b) 17.77 c) 48.40	a) 0.63 b) 0.48 c) 0.45	a) 15.07 b) 25.19 c) 63.57

Tab. 14 - Classificazione dell'area III; le dizioni a), b) e c) si riferiscono alle carte in cui il limite tra la IV e la V classe è dato da S=165, S=155 e S=137.

RISULTATI CONSEGUITI E DISCUSSIONE

Una volta costruite le nove carte della suscettività delle aree in esame (tre per ogni area, a seguito del fatto che il passaggio tra la IV e la V classe non è stato scelto in modo univoco), per verificarne la capacità previsionale, sono state incrocia-

te con le rispettive carte delle scarpate ed è stato calcolata, per ogni classe, quanta area in percentuale è occupata da pixel di frana (Tabb. 12, 13 e 14).

Come si vede, la percentuale di area in frana è crescente dalla I alla V classe, cosa che dimostra la bontà del metodo.

Il passaggio però dall'area su cui è sta-

Area	Estensione delle classi IV e V (%)	Scarpate comprese nelle classi IV e V (%)
I	a) 40.25 b) 49.24 c) 69.61	a) 83.71 b) 89.35 c) 94.76
II	a) 31.33 b) 40.22 c) 57.63	a) 63.71 b) 76.20 c) 90.60
III	a) 29.35 b) 42.64 c) 70.18	a) 39.98 b) 56.98 c) 84.49

Tab. 15 - % di territorio classificato di IV e di V classe e % di scarpate comprese nelle classi; le dizioni a), b) e c) si riferiscono alle carte in cui il limite tra la IV e la V classe è dato da S=165, S=155 e S=137.

to tarato il metodo alle aree adiacenti, comporta una diminuzione dell'efficacia previsionale del metodo stesso, diminuzione che è tanto più accentuata, quanto più diverse sono le caratteristiche geologico-geomorfologiche delle aree rispetto all'area campione. Infatti, considerando la tabella 15 si vede che la percentuale di pixel di frana compresi nella IV e V classe insieme passa da un totale di 86, 89 e 95%, rispettivamente per S=165, S=155 e S=137 per la I area, ad un totale di 64, 76 e 91% per la II area, fino ad un totale di 40, 57 e 84% per la III area, con una diminuzione progressiva della previsione.

Il risultato conseguito permette quindi di evidenziare l'importanza di scegliere un'area rappresentativa del territorio da studiare su cui tarare i pesi, e la necessità di costruire la carta della suscettività alle frane, basata sugli stessi pesi, solo per aree aventi le stesse caratteristiche. In tal modo la capacità previsionale della carta può essere considerata sufficientemente affidabile.

BIBLIOGRAFIA

- ANBALAGAN, R. (1992). TERRAIN EVALUATION AND ZONATION MAPPING IN MOUNTAINOUS TERRAIN. ENGINEERING GEOLOGY 32, 269-277.
- BRABB, E. E. (1984). INNOVATIVE APPROACHES TO LANDSLIDE HAZARD AND RISK MAPPING, PROCEEDINGS IV ISL, TORONTO, CANADA, 307 - 324.
- CLERICI, A., DALL'OLIO, N. (1995). LA REALIZZAZIONE DI UNA CARTA DELLA STABILITÀ POTENZIALE DEI VERSANTI MEDIANTE TECNICHE DI ANALISI STATISTICA MULTIVARIATA E UN SISTEMA DI INFORMAZIONI GEOGRAFICHE. GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE 4, 25-40.
- DONATI, L., TURRINI, M. C. (2002). AN OBJECTIVE METHOD TO RANK THE IMPORTANCE OF THE FACTORS PREDISPOSING TO LANDSLIDES WITH THE GIS METHODOLOGY: APPLICATION TO AN AREA OF THE APENNINES (VALNERINA; PERUGIA, ITALY). ENGINEERING GEOLOGY, 63, 277-289.
- EASTMAN, J. R. (1997). IDRISI FOR WINDOWS USER'S GUIDE VOL. 2.0, CLARK UNIVERSITY, WORCESTER, MA, USA.
- GUZZETTI, F., CARDINALI, M. (1989). CARTA INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI DELLA REGIONE UMBRIA ED AREE LIMITROFE, G.N.D.C.I. PUB. N. 204. CARTA ALLA SCALA 1:100.000.
- GUZZETTI, F., CARDINALI, M. (1990). LANDSLIDES INVENTORY MAP OF THE UMBRIA REGION, CENTRAL ITALY, 6TH ICFL-ALPS 90, MILANO, ITALIA, 273-284.
- TURRINI, M. C., VISINTAINER, P. (1998). PROPOSAL OF A METHOD TO DEFINE AREAS OF LANDSLIDE HAZARD AND APPLICATION TO AN AREA OF THE DOLOMITES, ITALY. ENGINEERING GEOLOGY 49, 255-265.
- VARNES, D. J. (1978). SLOPE MOVEMENT TYPES AND PROCESSES. IN: SCHUSTER, R. L., KRIZEK, R. J. (EDS.), LANDSLIDES: ANALYSIS AND CONTROL, TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, SPECIAL REPORT, VOL. 176, 11-33.
- VARNES, D. J., COMMISSION ON LANDSLIDES AND OTHER MASS MOVEMENTS IAEG (1984). LANDSLIDE HAZARD ZONATION: A REVIEW OF PRINCIPLES AND PRACTICE, UNESCO PRESS, PARIS.

CARLO CATTUTO
LUCILIA GREGORI
LAURA MELELLI
A. TARAMELLI

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
SEZIONE DI GEOLOGIA APPLICATA E
GEOMORFOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PERUGIA
E-MAIL: MORFDOTT@UNIPG.IT

IL RISCHIO DA COLATE DETRITICHE LUNGO LE VALLI INTERMONTANE DELLA CATENA APPENNINICA MERIDIONALE UMBRA

Parole chiave: *rischio, Appennino centrale, reticolo idrografico, erosione regressiva, instabilità.*

RIASSUNTO

Il reticolo idrografico dell'Appennino centrale è condizionato in primo luogo da fattori strutturali tanto da presentare, a media e piccola scala, patterns paralleli e angolati. Il substrato calcareo infatti, articolato in una serie di pieghe con vergenza orientale e andamento NW-SE, è ripetutamente inciso da sistemi di faglie normali e trascorrenti. Il repentino sollevamento del Pleistocene inferiore che ha interessato l'area di studio, ha prodotto improvvisi cambiamenti dei livelli di base dei principali bacini idrografici con conseguente aumento della capacità erosiva dei tributari di ordine minore che, in disequilibrio, presentano ad oggi un caratteristico profilo convesso/concavo. Tali trasformazioni sono attualmente in atto a causa del perdurare di una tettonica di carattere distensivo. Come conseguenza, gli affluenti secondari, nel tentativo di raggiungere nuovi profili d'equilibrio, danno luogo a fenomeni di erosione regressiva con fenomeni d'instabilità gravitativa nella zona di testata e di sovralluvionamento verso valle, sagomando le valli con nuovi profili convessi e producendo così le condizioni predisponenti per i fenomeni di dissesto gravitativo. Alla base dei versanti, le passate ed attuali condizioni climatiche e morfogenetiche hanno prodotto cospicue coltri detritiche in grado di essere mobilitate durante eventi meteorici estremi.

A questo quadro di pericolosità va aggiunto un elevato grado di vulnerabilità del territorio. Nelle aree appenniniche centrali i principali nuclei abitativi sorgono in prossimità delle valli intermontane, uniche vie naturali d'accesso verso l'interno. In particolare, laddove il fondovalle veniva stagionalmente coinvolto in fenomeni di alluvionamento, le conoidi erano scelte come sedi preferenziali per trovarsi in

una posizione sopraelevata rispetto al fondovalle. Numerosi centri minori della montagna appenninica, umbra, inoltre conservano tra i propri edifici autentiche opere d'arte del periodo medioevale che ne accrescono il valore come elementi a rischio nella valutazione della vulnerabilità.

Il presente lavoro pertanto, sulla base di dati geologici, geomorfologici e idrologici corredati da puntuali informazioni storiche, si pone come obiettivo la realizzazione di una carta finale del rischio da *debris flow* per i centri abitati minori della porzione meridionale della catena appenninica umbra. La carta sarà preceduta dalla realizzazione di cartografie intermedie volte a valutare la probabilità di accadimento di tali fenomeni, la pericolosità sul territorio e la vulnerabilità dei centri abitati e delle infrastrutture di collegamento.

ABSTRACT

Central Apennines drainage network is the result of different tectonic events. In fact drainage network presents parallel and right angle lines. Calcareous bedrock is organised in many folds overturned toward East and with a NW-SE axial direction. Many faults, with normal kinematics, break in the folds system. The recent evolution of the area is related to a normal faulting tectonic since the Upper Pliocene-earlier Pleistocene. This extensional tectonic is responsible for the base level lowering of the area that produces regular slopes and a series of prominences that drop down toward streams in narrow valleys. As a consequence, the secondary order rivers produce very steep edge scarp along the entire perimeter of the basin. So the final landscape evolves by erosional and depositional modifications of the slopes produced by normal faulting. In the

lower part of many hill slopes of mountain belts colluvial deposits are particularly susceptible to landsliding during critical rainfall events. An high vulnerability is present along main valleys of mountains areas because of the presence of small villages. These small villages are situated particularly over alluvial fans where debris flows deposits arrives during critical rainfall events. An important historic and artistic heritage of the Middle Ages is preserved in many villages, so the risk is higher. The aim of this paper is the execution of a debris flows risk map together with many other maps about hazard, probability and vulnerability.

INTRODUZIONE

Nell'area centrale dell'Appennino, dal Miocene superiore ad oggi, alterne fasi tettoniche e ripetute oscillazioni climatiche, hanno portato all'attuale modellato superficiale la cui evoluzione è oggi pilotata essenzialmente da processi morfogenetici fluviali e gravitativi.

Il reticolo idrografico è condizionato in primo luogo da fattori strutturali, tanto da presentare, a media e piccola scala, patterns paralleli e angolati. Il substrato prevalentemente calcareo, infatti, articolato in una serie di pieghe, è ripetutamente fratturato da sistemi di faglie dirette e trascorrenti lungo le quali il deflusso superficiale trova una percorribilità preferenziale.

Il rapido sollevamento (Ambrosetti et alii, 1982) che nel Pleistocene inferiore ha interessato l'intero territorio, ha prodotto un generalizzato incremento dei dislivelli loca-

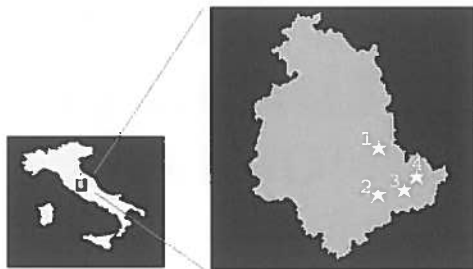


Fig. 1 - Localizzazione dell'area di studio



li, modificando la topografia dei bacini idrografici e provocando ampie variazioni nei livelli di base dei principali corsi d'acqua appenninici. I collettori principali si sono adeguati abbastanza rapidamente alle nuove condizioni incidendo più profondamente il loro alveo e, progressivamente, hanno trascinato in questo processo i loro tributari; così la maggior parte di questi corsi d'acqua "minori" (Cattuto et alii, 1988) è ancora oggi in disequilibrio e presenta un caratteristico profilo di fondo convesso/concavo.

La capacità erosiva di questi corsi d'acqua è molto elevata, anche a causa del perdurare dell'attività tettonica; conseguentemente, l'adeguamento del loro profilo alle nuove condizioni provoca fenomeni di erosione regressiva, accompagnati da instabilità gravitativa, nella zona di testata e di sovralluvionamento nelle tratte vallive prossime o appartenenti ai conoidi. In questo processo si configurano le condizioni predisponenti i fenomeni di colata detritica. Normalmente infatti, al piede dei versanti, le diverse condizioni climatiche e i relativi processi morfogenetici hanno prodotto potenti accumuli detritici che possono essere mobilizzati durante eventi meteorici estremi.



Fig. 2 - Briglia completamente interrita e ricoperta da vegetazione; (a) lungo il F.so di Cortaccione, (b) lungo il F.so di Liè - Belfiore.

Questa caratteristica, unitamente all'acclività dei pendii e alla densità degli afflussi meteorici, crea le condizioni per l'innescò e la rapida evoluzione del dissesto idrogeologico. Nella maggior parte dei casi, l'apporto solido delle colate detritiche sedimenta nella zona apicale e mediana dei conoidi, ma se le condizioni geologico-topografiche lo consentono, il corso d'acqua incide la porzione apicale del conoide e la deposizione avviene sulla porzione distale provocando la progradazione del conoide.

A questo quadro di pericolosità va aggiunto l'elevato grado di vulnerabilità del territorio. Nelle aree centro-appenniniche molti dei principali nuclei abitati vi sorgono al piede dei versanti montuosi storicamente proprio a presidio dei corsi d'acqua che rappresentavano, e rappresentano ancora, la sola via naturale d'accesso ai territori montani. Là dove il fondovalle peneplaneggiante veniva stagionalmente alluvionato, i conoidi hanno rappresentato la sede preferenziale d'insediamento. Si consideri infine che anche i numerosi piccoli centri della montagna appenninica umbra custodiscono chiese, affreschi e testimonianze artistiche e storiche che ne accrescono il valore come elementi a rischio nella valutazione della vulnerabilità.

A titolo di esempio di tante possibili situazioni di rischio nell'Appennino umbro, vengono prese in considerazione alcune aree (fig. 1), simili per tipologia di dissesto, ma differenti per caratteristiche morfologiche e di rischio.

LE COLATE DETRITICHE NELLE VALLI UMBRE

Come noto, una colata detritica può verificarsi quando si realizzano simultaneamente tre condizioni: la presenza di materiale detritico, un apporto significativo di fluido in grado di mobilizzarlo, una pendenza tanto elevata da permettere la propagazione della miscela detrito/acqua lungo l'alveo. Il materiale potenzialmente coinvolgibile in una colata detritica è essenzialmente di due tipi: I) materiale depositato direttamente nel *talweg* dei corsi d'acqua, II) materiale disposto prevalentemente alla base dei versanti e mobilizzabile per forti concentrazioni d'acqua (per esempio il materiale che costituisce un corpo di frana).

Riassumendone i caratteri salienti è possibile suddividere le colate detritiche in quattro grandi gruppi:

- I) colate che si originano in sedimenti depositi lungo il letto dei torrenti a seguito di una corrente superficiale (eventi piovosi particolarmente intensi);
 - II) colate che si realizzano, dopo un movimento franoso lungo un versante, originandosi nel corpo di frana disarticolato;
 - III) colate che si formano per il crollo di una diga naturale generata da una frana in alveo;
 - IV) colata innescata dalla fluidificazione immediata di un corpo di frana.
- Le colate detritiche sono eventi di elevata pericolosità per l'estrema rapidità del fenomeno e l'alta capacità distruttiva. Solitamente la sedimentazione di una colata detritica avviene per pendenze inferiori ai tre gradi e può raggiungere aree molto lon-

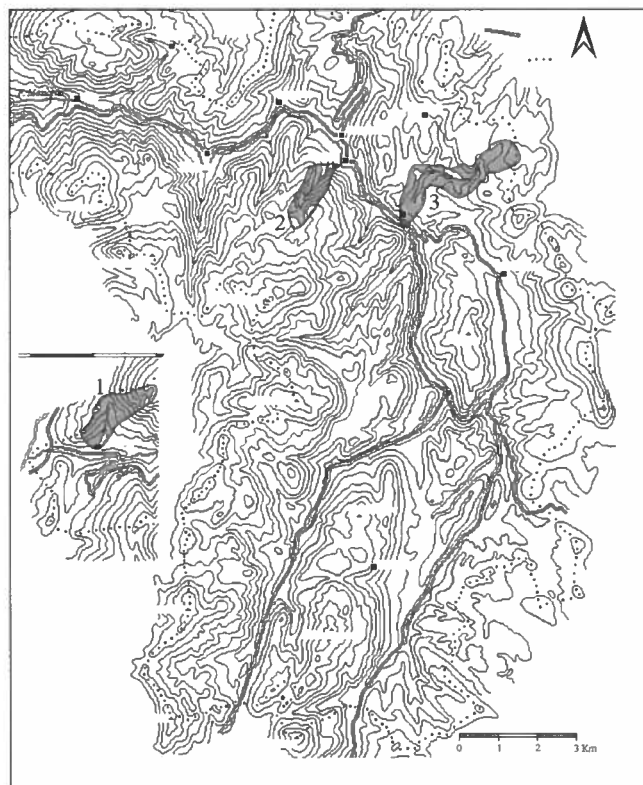


Fig. 3 - Bacino del F. Menotre. (1) F.so di Liè - Belfiore; (2) F.so Aglie, (3) F.so dei Santi.

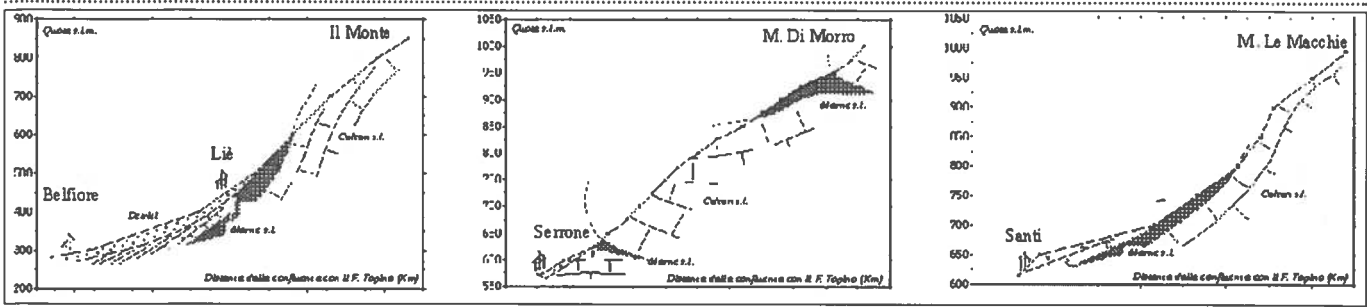


Fig.4 - Profili longitudinali. Da sinistra verso destra, F.so di Liè - Belfiore; F.so Aglie; F.so dei Santi.

tane dalla zona d'innescò del fenomeno, con un'elevata estensione delle zone a rischio.

Nelle zone montuose appenniniche queste condizioni si realizzano in prevalenza quando la colata sia di tipo I) o II), allo sbocco di un torrente in corrispondenza dell'apice del conoide. Vengono perciò indicate quelle situazioni che offrono una maggiore propensione al rischio durante gli eventi di piena (corpi di conoidi abitati, ancora potenzialmente raggiungibili dalle colate).

CONDIZIONI GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE PREDISPOSTI

La serie di pieghe calcaree, a vergenza orientale, disposte secondo assi orientati in direzione NW-SE e NNW-SSE che costituisce l'ossatura della catena appenninica umbra è ripetutamente interrotta da sistemi di faglie dirette e trascorrenti che la attraversano in senso longitudinale e trasversale.

La sequenza che costituisce la Serie umbro marchigiana (Pialli, 1970) è costituita da formazioni prevalentemente carbonatiche (dal calcare massiccio fino alla scaglia rossa) e da formazioni a prevalente contenuto argilloso (dalla scaglia variegata alla marnosa arenacea). Nell'area in esame la maggior parte dei rilievi è costituita dai termini più bassi della serie umbro-marchigiana, mentre quelli più recenti affiorano prevalentemente lungo le sinclinali dove, tal-

volta, sono coperti da depositi alluvionali recenti e/o attuali. I corsi d'acqua minori scorrono in genere ortogonalmente rispetto alle anticlinali e incidono quindi i litotipi più calcarei. Come noto questi sono intensamente fratturati e possono fornire ingenti volumi detritici, generalmente accumulati lungo le aste medio-terminali del corso d'acqua, disponibili al rilascio per colata. Anche le zone di testata possono fornire considerevoli quantità di materiale clastico, i rilievi appenninici dell'area umbro-marchigiana, infatti, si presentano spianati in sommità a quote ricorrenti 350, 450 e 800 m s.l.m. (Gregori, 1990) e queste "paleosuperfici" sono costituite più frequentemente da depositi eluvio-colluviali, non particolarmente potenti, ma abbastanza estesi da fornire, a seguito di eventi piovosi particolarmente gravosi, ingenti quantità di materiale clastico.

Tutte le aree d'indagine presentano una piovosità concentrata nei mesi di Ottobre e Novembre e valori della piovosità media annua compresa tra i 1.000 e i 1.300 mm. Spesso gli eventi estremi sono preceduti da precipitazioni nevose e/o pluviali abbondanti o prolungate, caratterizzate da una buona capacità infiltrante. L'evento meteorico estremo interessa quindi un materiale in molti casi già saturo, con la duplice conseguenza di mobilitare, come miscela solido-fluida, il detrito accumulato alla base dei versanti, e/o di concentrare, lungo l'al-

veo, la grande quantità d'acqua necessaria per mantenere in moto la colata.

Nelle zone in esame solo una copertura vegetale densa e continua, in grado di trattenere il detrito, determina un'azione di contrasto alla formazione di colate, ma questa azione viene meno nelle aree interessate da fenomeni franosi recenti. Come già rilevato in precedenti studi (Cannon, 2001), il grado di pericolosità di queste aree può aumentare considerevolmente in caso d'incendio.

PERCEZIONE DEL GRADO DI PERICOLOSITÀ

La pericolosità di un evento franoso, definita come la probabilità (probabilità di accadimento) che un fenomeno franoso di determinata intensità si verifichi in un certo tempo ed in una certa area (Crescenti, 1998), include anche il concetto di ricorrenza dell'evento stesso. In tal senso gli eventi si classificano in cinque categorie (Fell, 1994) con pericolosità da estremamente elevata (tempi di ritorno annuali) a molto bassa (tempo di ritorno non inferiore ai 10.000 anni). A differenza di quanto avviene per le colate detritiche delle zone alpine, per esempio, in molte situazioni dell'Appennino umbro-marchigiano non si rilevano segni di riattivazione in tempi brevi (Bisci & Dramis, 1991); in molti casi mancano notizie di eventi storici distruttivi, localmente però sono possibili segnalazioni di eventi da colata che hanno causato danni al patrimonio e all'ambiente anche negli ultimi cento anni (ad esempio in conseguenza dell'intenso periodo piovoso che ha coinvolto l'Umbria nella prima metà degli anni sessanta).

I casi trattati in questa sede, ad eccezione delle colate lungo la strada Serravalle-Cascia, sono caratterizzati da tempi di ritorno molto lunghi e pertanto, a livello locale, la percezione del rischio è minima o addirittura nulla e spesso sottostimata anche negli interventi di gestione del territorio. I corsi d'acqua, nelle tratte a monte degli abitati, non vengono manutenzionati e il letto è frequentemente ingombro di tronchi o altro materiale e, più spesso, totalmente coperto da vegetazione arbustiva che, da un lato è in grado di trattenere il deposito superficiale, dall'altro, nel caso di piene improvvise, va ad aumentare il volume del materiale tra-



Fig.5 - L'abitato di Belfiore (su conoide evidenziato in foto) e il F.so di Liè. In sinistra idrografica, a metà versante, l'abitato di Liè con la paleofrana evidenziata in foto.



Fig.6 - S.S. 320 tra Serravalle e Cascia lungo il Fiume Corno.

scinato a valle. Inoltre, la maggior parte dei fossi che termina in zone antropizzate viene intubato a monte dell'abitato stesso, spesso con opere mal dimensionate e sen-

dove sono i centri abitati di Belfiore, Serrone e I Santi (Cattuto et alii, 2001).

L'abitato di Belfiore (fig.6) è situato lungo il Menotre, sul conoide del F.so Liè e questo

za un'adeguata manutenzione. La foto di figura 2 fa riferimento ad una delle briglie, completamente interrite e ricoperte da vegetazione, costruite lungo il F.so di Liè (bacino del F. Menotre).

ESEMPI DI AREE ESPOSTE A RISCHIO DI COLATA DETRITICA

Vengono prese in esame tre aree campione: il bacino del F. Menotre (Foligno, Perugia), il Fosso di Cortaccione (Spoleto, Perugia) e la S.S. N. 320 tra i centri abitati di Serravalle e Cascia (Perugia). In tutti i casi vengono analizzate condizioni di rischio derivanti da fenomeni franosi rapidi come colate detritiche. Le aree sono analoghe per condizioni predisponenti ma differiscono per gli elementi a rischio e per il grado di vulnerabilità.

IL BACINO DEL FIUME MENOTRE

Il Fiume Menotre è un affluente in destra del Fiume Topino (bacino del Tevere) (fig. 3). L'evoluzione del reticolo idrografico del Fiume Menotre è ancora condizionata (crisi sismica del Settembre 1997) da un'attività tettonica a carattere distensivo. Il Fiume Menotre attraversa, da Est ad Ovest, una serie di pieghe calcaree a direzione meridiana con vergenza orientale. Tre dei suoi affluenti presentano situazioni di rischio: il F.so di Liè-Belfiore, il F.so Aglie e il F.so dei Santi; questi corsi d'acqua sono in condizioni di disequilibrio (fig.4) con possibilità di alluvionamento del basso corso

corso d'acqua è il più soggetto a rischio da colata; è impostato sulla formazione marnoso-arenacea e sottende versanti in evidenti condizioni di dissesto.

Lungo l'asta principale del fosso di Liè-Ravignano sono state riconosciute ampie fasce di cataclaste (legate all'attività di faglie dirette) che forniscono grandi quantità di clasti alla potente coltre detritica accumulata alla base del versante occidentale del M.te di Pale. Questo materiale ha alimentato una paleofrana soggetta a fenomeni di riattivazione (gli ultimi eventi franosi si sono verificati durante la crisi sismica del 1997). Il detrito presenta scheletro con elementi di natura calcarea, calcareo-marnosa e silicea, a spigoli vivi, eterometrici con dimensioni prevalentemente centimetriche, immersi in una matrice limosa rossastra. A diversa profondità (dati di sondaggio) sono presenti paleosuoli argillosi, con inclusi resti vegetali, disposti a franapoggio rispetto al versante. La falda detritica ha una permeabilità medio-alta e funziona da acquifero tamponato alla base dalla formazione Marnoso-arenacea. Anche lungo i versanti a monte dell'abitato di Belfiore, il substrato roccioso, in particolare quello delle formazioni più francamente argillose, è da considerarsi a bassa permeabilità.

Il F.so di Liè è caratterizzato da piene invernali/primaverili e assenza pressoché totale di deflusso nel periodo estivo. Il trasporto solido è costituito da materiale prodotto dalla degradazione ed accumulato al piede dei rilievi, mentre l'apporto "torbido" diviene più significativo solo durante gli eventi di piena quando, mobilizzato dal dilavamento lungo i versanti, si mette in movimento anche la frazione fine (materiale eluviale e colluviale). A seguito di eventi meteorici estremi il fenomeno può evolvere anche in tempi brevi, con sovralluvionamento del tratto d'alveo terminale e con variazioni nel tracciato del corso d'acqua e nella disposizione dei depositi, senza che venga modificata in modo significativo la quota del corpo d'accumulo.

Lungo l'alveo del fosso è presente una serie di opere trasversali (briglie) completamente riempite a tergo e ricoperte da vegetazione (fig.2). In corrispondenza dell'apice del conoide il fosso è intubato e questo sistema, attraversando "in sotterraneo" l'intero abitato di Belfiore, arriva fino all'immissione nel F. Menotre. In queste condizioni diventa elevato il rischio di occlusione durante le piene, sempre accompagnate da trasporto solido rilevante.

CONDIZIONI DI RISCHIO LUNGO LA STRADA STATALE 320 TRA SERRAVALLE E CASCIA

L'intero tracciato della S.S. 320 Serravalle-Cascia si snoda parallelamente al Fiume Corno (affluente in sinistra del F. Nera)



Fig.7 - Colata detritica ad ovest di Torre San Giorgio (S.S. 320 tra Serravalle e Cascia).

(fig. 6) ed è soggetto a fenomeni franosi diffusi ai quali si è posto rimedio con reti paramassi e muri di sostegno. La situazione di maggior rischio deriva da una serie di colate detritiche, disposte ad Ovest di Torre San Giorgio, e una di queste, nella sua porzione terminale, attraversa la sede stradale (fig. 7). Il substrato è costituito da rocce stratificate (formazione della Scaglia s.l.), molto fratturate, disposte in assetto variabile. Il fosso risulta particolarmente inciso tra versanti soggetti ad energica degradazione. Le opere edificate a monte della strada, per contenere il detrito in alveo e l'arrivo della colata sulla sede stradale, sono risultate inutili. Attualmente la colata invade il piano stradale, con cadenza pressoché annuale, sotto forma di coltri detritiche che alimentano un ampio deposito conoidale continuamente scalzato al piede dall'attività erosiva del F. Como. La dimensione media dei clasti trasportati a valle è dell'ordine del decimetro e il materiale fino è pressoché assente.

IL F.SO DI CORTACCIONE (SPOLETO)

Il F.so di Cortaccione è un corso d'acqua caratterizzato da notevole pendenza,

percorso breve, portata discontinua e trasporto solido grossolano. Anche in questo caso il basamento è costituito dalle formazioni della serie umbro-marchigiana (parte montana del bacino) mentre nella parte di valle affiorano sedimenti continentali di copertura (fig.8). Il torrente ha un profilo di fondo caratterizzato da forti dislivelli (recente attività tettonica) e pendenze elevate che determinano notevoli velocità di deflusso.

A presidio del paese di Cortaccione, tra le quote 350 e 561 metri, sono state edificate ben undici briglie in gabbioni; molte risultano colmate da depositi omogenei con netta prevalenza di materiale grossolano (ghiaia) mentre la frazione fine e la sabbia sono assolutamente trascurabili. La tipologia del deposito indica regime spasmodico, con portate dipendenti da eventi piovosi particolarmente intensi. Dei tre casi segnalati è al momento l'unico le cui condizioni di pericolosità sono tenute sotto controllo.

CONCLUSIONI

Le aree montuose dell'Appennino centrale umbro sono caratterizzate da una concentrazione di infrastrutture e di centri abitati lungo le aste vallive principali che rap-

presentano, da sempre, l'unica via naturale di comunicazione; per tale ragione il rischio rappresentato dalle colate detritiche, in queste zone interne, è piuttosto alto.

A causa della più recente evoluzione tettonica, la maggior parte dei corsi d'acqua ha subito il "ringiovanimento" del ciclo erosivo e, soprattutto i corsi d'acqua "minori", si trovano in condizioni di disequilibrio; tendono infatti ad erosione regressiva nella zona di testata e a sovralluvionamento nelle zone di conoide. In occasione di eventi particolarmente intensi il trasporto solido (caratterizzato per la maggior parte da elementi clastici grossolani) si realizza con colate detritiche repentine e dall'alto potere distruttivo. Questo fenomeno si manifesta con tempi di ritorno particolarmente lunghi e ciò ha portato ad un generale abbassamento della "soglia d'allerta", all'edificazione di manufatti mal posizionati, di opere di dubbia utilità (fossi intubati a monte degli abitati) o mal gestite (briglie completamente riempite a tergo e in pessime condizioni). Gli esempi illustrati dimostrano la pericolosità del fenomeno e l'elevato rischio da colata per alcuni centri abitati situati al piede dei versanti, rischio "sommerso", a torto sottovalutato per la mancanza di eventi ricorrenti, ma con tutte le condizioni predisponenti per l'accadimento di eventi distruttivi.

BIBLIOGRAFIA

- AMBROSETTI P., CARRARO F., DEIANA G. & DRAMIS F. (1982) - IL SOLLEVAMENTO DELL'ITALIA CENTRALE TRA IL PLEISTOCENE INFERIORE ED IL PLEISTOCENE MEDIO. *PROG. FIN. GEODINAMICA (PARTE II)*, C.N.R. Pubbl. N. 513, 219-225.
- BISCI C. & DRAMIS F. (1991) - IL CONCETTO DI ATTIVITÀ IN GEOMORFOLOGIA: PROBLEMI E METODI DI VALUTAZIONE. *GEOR. FIS. E DIN. QUAT.*, 14, 193-199.
- CANNON S.H., 2001 - DEBRIS-FLOW GENERATION FROM RECENTLY BURNED WATERSHEDS. *ENVIRONMENTAL & ENGINEERING GEOSCIENCE*, Vol. VII, No.4, Pp. 321-341.
- CATTUTO C., CENCETTI C., GREGORI L. (1988) - LO STUDIO DEI CORSI D'ACQUA MINORI DELL'ITALIA APPENNINICA COME MEZZO D'INDAGINE SULLA TETTONICA DEL PLIO-PLEISTOCENE. *ATTI CONV. "I CORSI D'ACQUA MINORI DELL'ITALIA APPENNINICA- ASPETTI ECOLOGICI E GESTIONALI. AULLA 22/24.6.87. BOLL. MUSEO ST. NAT. LUNIGIANA, 6/7 (1-2). Pp.7-10. 5 Ff.*
- CATTUTO C., MELELLI L. & TAREMELLI A. (2001) - VARIABILITÀ SPAZIALE E TEMPORALE NELL'ANALISI DEI FENOMENI FRANOSI: IL BACINO DEL F. MENOTRE. *5A CONFERENZA NAZIONALE ASITA (ASSOCIAZIONI SCIENTIFICHE PER LE INFORMAZIONI AMBIENTALI E TERRITORIALI). LA QUALITÀ NELL'INFORMAZIONE GEOGRAFICA; 9 - 12 OTTOBRE 2001, PALACONGRESSI DI RIMINI.*
- CRESCENTI U.(1998) - IL RISCHIO DI FRANA: APPUNTI PER LA VALUTAZIONE. *QUADERNI DI GEOL. APPL.*, 5, 2, 89-100.
- FELL R. (1994) - LANDSLIDE RISK ASSESSMENT AND ACCEPTABLE RISK. *CANADIAN GEOTECHNICAL JOURNAL*, 31 (2), 261-272.
- GREGORI L. (1990) - GEOMORFOLOGIA E TETTONICA DELL'AREA DI COLFIORITO. *GEOR. FIS. DINAM. QUAT.* Vol. 13 (1). 43-52, 4 FIG., 1 Tav. F.T.
- KREIMER A., *DISASTERS, SUSTAINABILITY AND DEVELOPMENT: A LOOK TO THE 1990'S*, W.B., 1989. UNHCR, ENVIRONMENTALLY FRIENDLIER PROCUREMENT GUIDELINES AND BACKGROUND PAPER, UNHCR, GENEVA, 1997.
- PIALLI G. (1970) *GEOLOGIA DELLE FORMAZIONI GIURESI DEI MONTI AD EST DI FOLIGNO (APPENNINO UMBRO)* *GEOL. ROMANA*, 9, 1-30, ROMA.
- SCHIMDT D., FRIEBERG F., MALCEVSKI S., *GUIDA PRATICA AGLI STUDI DI IMPATTO AMBIENTALE*, IL SOLE 24 ORE, 1999.

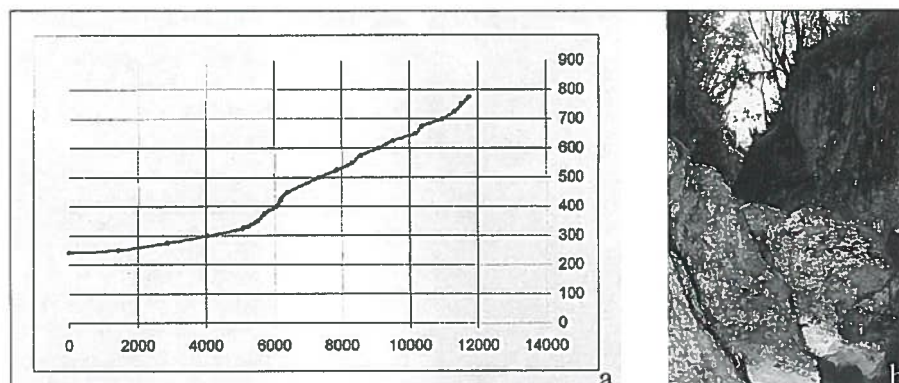


Fig.8 - F.so di Cortaccione. (a) Profilo longitudinale; (b) fenomeno di crollo in alveo.

STUDIO GEOLOGICO-TECNICO DI TERRENI ARGILLOSI PER LA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' AL RITIRO-RIGONFIAMENTO

CLAUDIA MEISINA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
CMEISINA@MANHATTAN.UNIPV.IT

Parole chiave: terreno argilloso, volume, idrogeologia, pericolosità, zonazione.

INTRODUZIONE

Il ritiro-rigonfiamento è specifico dei terreni argillosi, ovvero terreni costituiti da più del 30% di particelle di dimensione inferiore a 2 μ . L'assorbimento di acqua per cause naturali (precipitazioni, risalita della falda, ecc...) o artificiali (irrigazioni, rotture di condotte) comporta un aumento di volume; la rimozione dell'acqua una diminuzione (ritiro). Le variazioni di volume dei terreni argillosi sono spesso causa di problemi sia in campo ingegneristico (danni ad edifici ed infrastrutture) sia in campo agrario

(difficoltà di lavorazione del terreno), tanto da essere annoverati tra le catastrofi naturali.

Il fattore scatenante più importante è costituito da eventi meteorologici eccezionali (siccità prolungate). Infatti gli effetti del fenomeno vengono incrementati nel caso di periodi di siccità, quali quelli che si sono verificati negli ultimi anni e che sono tuttora in corso, seguiti da periodi di intense precipitazioni.

La gravità del fenomeno, evidenziata dalle sue conseguenze economiche (nel-

l'Oltrepò Pavese il costo di ripristino degli edifici lesionati ha avuto un'incidenza stimabile tra il 15% e il 25% in rapporto al valore commerciale dei fabbricati), rende necessaria l'adozione di metodi di studio e di prevenzione. In quest'ottica le carte di pericolosità costituiscono un valido strumento, permettendo l'individuazione del fenomeno e la zonazione del territorio.

La pericolosità al ritiro-rigonfiamento dei terreni argillosi è la probabilità di accadimento nello spazio, ovvero suscettibilità, (condizionata dai fattori predisponenti, quali la litologia, ecc...) e nel tempo (condizionata dai fattori scatenanti, quali periodi siccitosi, ecc...) del fenomeno. Tuttavia in letteratura gli studi riguardanti la valutazione della pericolosità al ritiro-rigonfiamento sono ancora limitati (Hart, 1974; Chassigneux et al., 1995; Noe e Dodson, 1995; Oteo et al., 1995; Meisina et al., 1998; Chabrilat et al., 1999).

Scopo della ricerca è stato quello di mettere a punto e testare una metodologia di valutazione della pericolosità al ritiro-rigonfiamento in una zona campione dell'Oltrepò Pavese (margine appenninico orientale), dove il verificarsi del fenomeno è documentato dalla ricorrente segnalazione di danni occorsi a numerose costruzioni e dalle richieste di finanziamento per interventi di ripristino, pervenute agli Uffici regionali.

INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO

L'area presa in esame, il margine appenninico orientale dell'Oltrepò Pavese, si sviluppa per circa 35 km² ed è delimitata a Sud dai rilievi collinari dell'Appennino pavese (fig. 1). Dal punto di vista geologico e geomorfologico essa è caratterizzata da antiche superfici (terrazzi alluvionali e paleoconoidi) impostate in sedimenti depositi dai corsi d'acqua appenninici (Beatrizzotti et

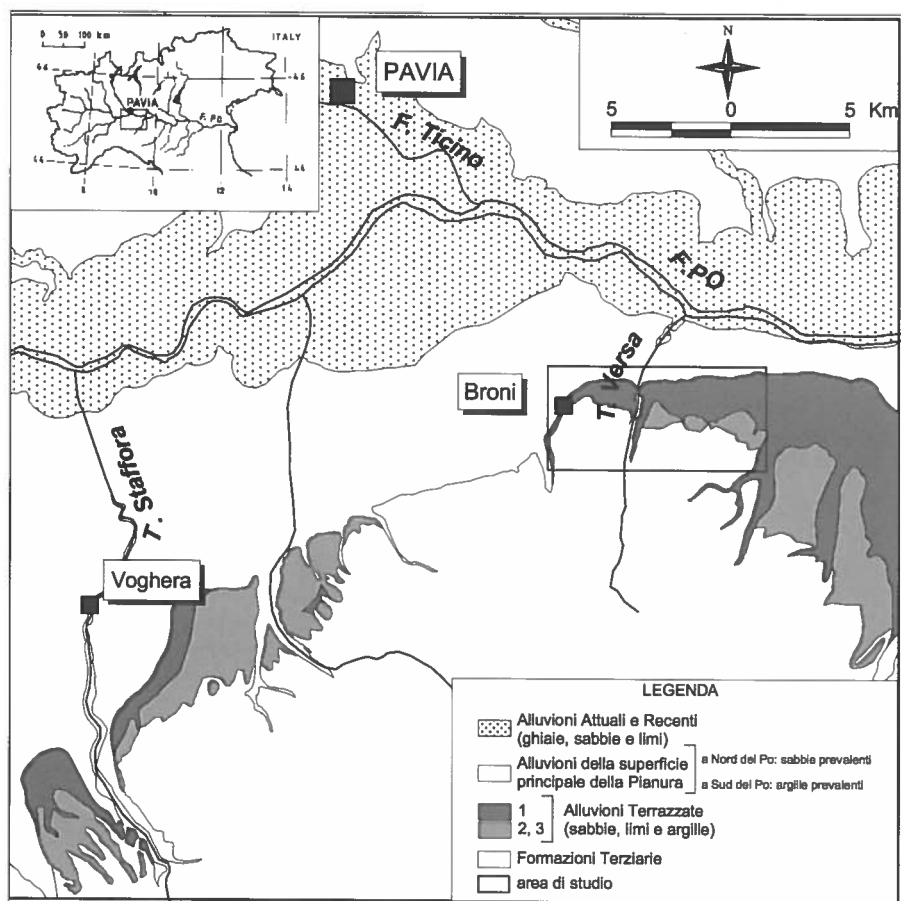


Fig. 1 - Inquadramento geologico dell'area di studio (Fonte: Beatrizzotti et al., 1967).

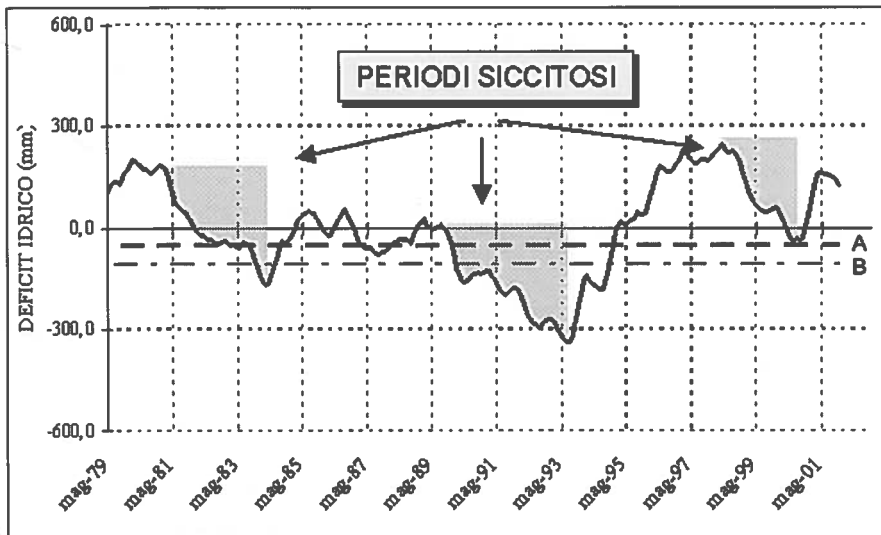


Fig. 2 - Inquadramento climatico dell'area di studio. Linea A: differenza tra il deficit idrico medio e la deviazione standard (siccità intensa); linea B: differenza tra il deficit idrico e il doppio della deviazione standard (siccità molto intensa).

al., 1967). Si tratta di alluvioni molto alterate in superficie, con formazione di una coltre eluvio-colluviale argillosa. Talora sono presenti anche depositi di loess.

Studi idrogeologici condotti nell'area di studio (Peloso, 1996) evidenziano la presenza di tre orizzonti acquiferi, indipendenti tra di loro e solo parzialmente sovrapposti, i cui rapporti spaziali e la potenza sono strettamente condizionati dall'andamento del tetto del substrato marino e dal conseguente vario sviluppo del materasso alluvionale. Negli orizzonti più superficiali si possono rinvenire falde acquifere a carattere per lo più stagionale.

Nella figura 2 è rappresentata un'analisi climatica relativa al periodo 1979 - 2001, riguardante la stazione termo-pluviometrica di Voghera (92 m s.l.m.), rappresentativa della zona esaminata. Sulla base delle precipitazioni mensili, è stato calcolato il deficit idrico. Quest'ultimo è la differenza tra la piovosità mensile efficace e la piovosità efficace media mensile calcolata su un periodo di cinquant'anni. La precipitazione efficace è stata calcolata come differenza tra le precipitazioni misurate e l'evapotraspirazione potenziale calcolata mediante il metodo di Thornthwaite-Mather. I deficit ottenuti sono stati poi cumulati. La curva cumulata identifica la durata (numero dei mesi) e l'intensità degli episodi siccitosi.

Nell'ultimo ventennio si possono riconoscere tre episodi siccitosi (marzo 1980-aprile 1984; marzo 1989-agosto 1993; maggio 1998-settembre 2000) di cui quello 1989-1993 è stato caratterizzato da una notevole intensità.

Nell'ultimo ventennio si possono riconoscere tre episodi siccitosi (marzo 1980-aprile 1984; marzo 1989-agosto 1993; maggio 1998-settembre 2000) di cui quello 1989-1993 è stato caratterizzato da una notevole intensità.

METODOLOGIA DI STUDIO

Lo studio si è articolato in quattro fasi (fig. 3): a) individuazione ed analisi dei fattori predisponenti il fenomeno nell'area di studio, b) censimento degli edifici lesionati, c) scelta dei criteri per la valutazione della

pericolosità al ritiro-rigonfiamento, d) valutazione della pericolosità al ritiro-rigonfiamento.

Al fine di caratterizzare dal punto di vista geotecnico e mineralogico i terreni, si è proceduto alla raccolta di risultati di prove penetrometriche e sondaggi, all'esecuzione di profili stratigrafici e al successivo prelievo di campioni disturbati ed indisturbati. Le profondità di prelievo raggiunte, rispetto al piano campagna, sono comprese tra 150 e 300 cm; il campionamento ha di conseguenza interessato la coltre di alterazione dei depositi alluvionali, che costituisce il terreno di fondazione della maggior parte degli edifici della zona.

In aggiunta alle tradizionali prove geotecniche di classificazione (limiti di Atterberg, analisi granulometriche, ecc...), i campioni sono stati sottoposti ad analisi più specifiche, quali il test del blu di metilene (Afnor, 1998; Meisina, 2000) e la prova di rigonfiamento in parallelo (Afnor, 1995; Seratrice e Soyey, 1996). Sulla base dei risultati acquisiti l'area in esame è stata suddivisa in "unità lito-tecniche" omogenee dal punto di vista del ritiro-rigonfiamento (scala 1:10.000).

Per quanto riguarda il censimento degli edifici lesionati sono state dapprima consultate presso la Regione Lombardia - Sede territoriale di Pavia (Ster) le richieste di finanziamento per interventi di ripristino alle abitazioni private e pubbliche lesionate. I dati raccolti sono stati successivamente verificati sul terreno, questo ha permesso anche di identificare ulteriori edifici che non risultavano essere inseriti nelle pratiche consultate.

La valutazione della pericolosità è avvenuta nel seguente modo:

- attribuzione di un peso, variabile tra 1 e 2, ad ogni fattore predisponente, precedentemente individuato, in funzione della sua influenza sulle variazioni di volume;
- suddivisione di ogni fattore in un certo numero di classi;
- attribuzione di un indice ad ogni classe;
- per ogni unità lito-tecnica la pericolosità è stata calcolata come la sommatoria dei prodotti di ciascun indice per il peso del fattore relativo (fig. 3). I valori ottenuti sono stati poi riclassificati in quattro classi di pericolosità.

Il metodo utilizzato è di tipo "euristico", in quanto i pesi e gli indici vengono scelti in funzione dell'esperienza dell'operatore nell'area di studio.

STUDIO GEOLOGICO-TECNICO DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Sulla base dei dati litologici e geotecnici acquisiti sono state identificate dieci unità lito-tecniche in funzione del fenomeno di ri-

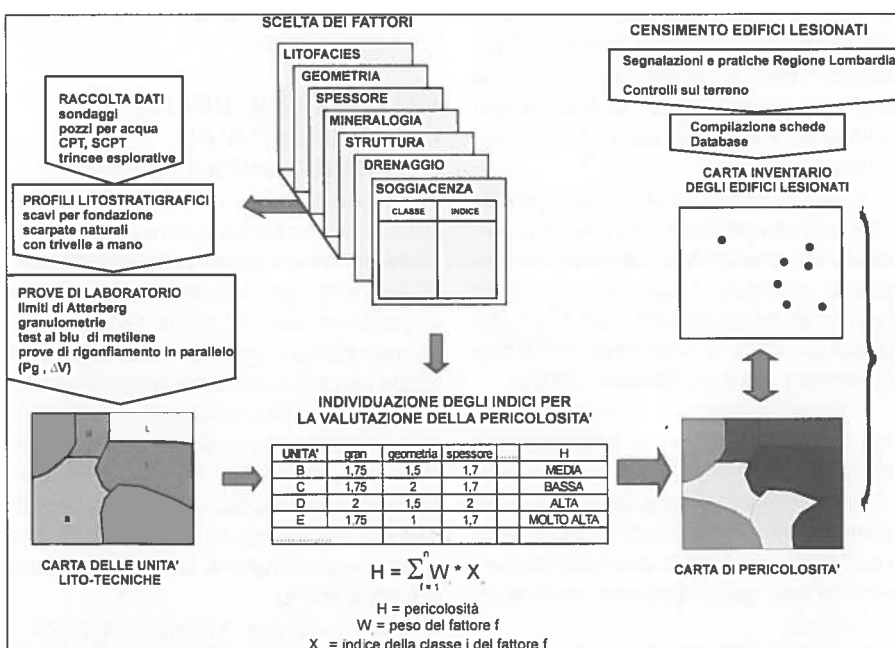


Fig. 3 - Metodologia di studio.

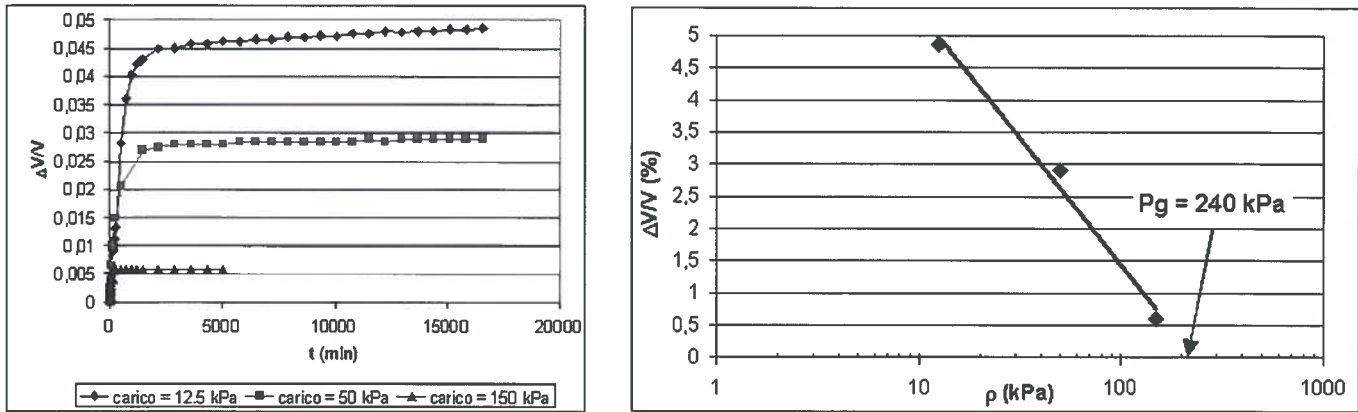


Fig. 7 - Fattori ed indici scelti per la valutazione della pericolosità al ritiro-rigonfiamento dei terreni argillosi.

tati nella figura 7. La valutazione della pericolosità è avvenuta secondo la metodologia già esposta nel paragrafo 3 e rappresentata in figura 3.

Il territorio è stato suddiviso nelle seguenti quattro classi di pericolosità (fig.8):

Pericolosità bassa: unità lito-tecniche A, E e F. Fondovalle dei T. Versa e T. Bardonezza e delle incisioni minori, scarpate dei terrazzi modellati nei depositi denominati "Diluvium Medio" secondo la cartografia ufficiale (Beatrizzotti et al., 1967). Terreni costituiti da ghiaie e sabbie in matrice limoso-sabbiosa e limo (argilla subordinata). Acclività variabile da debole ad elevata, drenaggio da buono a mediocre. Soggiacenza della falda maggiore di 4 metri.

Pericolosità media: unità lito-tecniche B, C, D, G, E, F. Fondovalle dei torrenti, "superficie principale della pianura", terrazzi modellati nei depositi denominati "Diluvium Medio e Antico" (Beatrizzotti et al., 1967). Argille assenti o subordinate, prevalenza di ghiaia e limo. Acclività variabile da debole ad elevata, drenaggio da buono a mediocre

e profondità della falda variabile.

Pericolosità alta: unità B, C, D, H. Fondovalle dei torrenti, superficie principale della pianura, terrazzi modellati nei depositi denominati "Diluvium Antico" (Beatrizzotti et al., 1967) con livelli argillosi importanti. Drenaggio mediocre, soggiacenza della falda inferiore a 4 metri.

Pericolosità molto alta: unità I e L. Paleosuperfici antiche, terreni prevalentemente argillosi, con pendenze da moderata ad elevata, drenaggio basso, soggiacenza della falda variabile.

La carta ottenuta è stata successivamente validata tramite confronto con quella della distribuzione dei dissesti. Si nota una discreta corrispondenza tra la distribuzione degli edifici lesionati e le classi di pericolosità (zona I e II). La presenza di dissesti anche nelle aree a bassa pericolosità (unità lito-tecniche F e G, zona III) è imputabile a:

- eterogeneità dei depositi alluvionali;
- situazioni locali non determinabili alla scala di studio (presenza di riporti, forte abbassamento della falda).

CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

È stata messa a punto una metodologia per la valutazione della pericolosità al ritiro-rigonfiamento dei terreni argillosi a scala 1:10.000, che si basa sui principali fattori predisponenti il fenomeno: granulometria, condizioni geometriche e spessore dei litotipi argillosi, composizione mineralogica, contenuto in carbonati, condizioni di drenaggio, soggiacenza della falda e caratteristiche geotecniche dei terreni. Tali fattori risultano generalmente di facile acquisizione tramite rilevamenti diretti sul terreno e semplici analisi geotecniche di laboratorio. I parametri geotecnici considerati derivano dalle prove di classificazione comunemente utilizzate (limiti di Atterberg e analisi granulometriche) e soprattutto dal test del blu di metilene. Quest'ultima prova, benché non ancora di routine in Italia, risulta estremamente utile nella identificazione e classificazione dei terreni soggetti alle variazioni di volume, permettendo di quantificare e qualificare la frazione argillo-

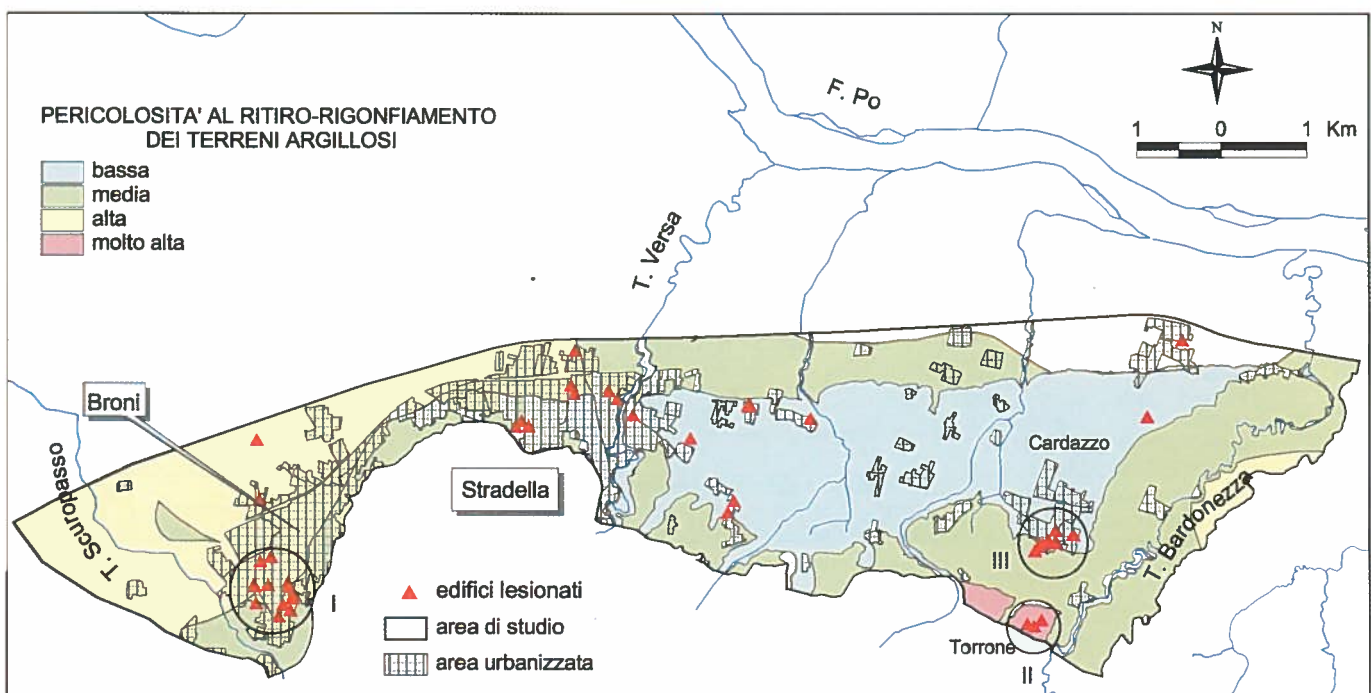


Fig. 8 - Carta della pericolosità al ritiro-rigonfiamento.

sa responsabile del fenomeno. Si tratta di una prova semplice e molto più rapida rispetto ai comuni limiti di Atterberg.

La metodologia risulta quindi uno strumento operativo facilmente utilizzabile. La carta di pericolosità ottenuta è utile per "portare a conoscenza" il fenomeno alle persone che si occupano di pianificare il territorio (amministrazioni pubbliche), ovvero permette di fare una zonazione del territorio in funzione del fenomeno, distinguendo le aree dove questo può essere presente, e dove di conseguenza sono necessari ulteriori studi di dettaglio, da quelle in cui è assente. La valutazione della pericolosità nelle quattro classi (molto alta, alta, media, bassa) risulta tuttavia qualitativa.

La discrepanza osservata tra la distribuzione dei dissesti e le classi di pericolosità può essere riferita all'eterogeneità dei terreni alluvionali, che presentano in aree limitate grandi variazioni di litofacies, connesse alle varie fasi di sedimentazione ed erosione fluviale e soprattutto a situazioni locali non determinabili alla scala di studio. Nelle aree con concentrazioni di edifici lesionati e soprattutto laddove sono state rilevate le discrepanze tra la presenza di edifici lesionati e le classi di pericolosità sono in corso studi di maggiore dettaglio a scala 1:2.000.

In futuro si prevede di applicare e validare la metodologia in aree differenti e a scale diverse. In particolare si sta verificando la sua applicazione nell'ambito dei Prg. La complessità del fenomeno spinge inoltre

a ricercare metodi speditivi per la valutazione della pericolosità al ritiro-rigonfiamento, basati direttamente su prove in sito. In tal modo si potrebbe valutare un importante parametro del ritiro-rigonfiamento, quale lo spessore della zona attiva, e quantificare il fenomeno. In quest'ottica l'utilizzo delle prove penetrometriche statiche sta fornendo risultati interessanti.

BIBLIOGRAFIA

AFNOR (1995). ESSAI DE GONFLEMENT A L'OEDOMETRE. NORMA FRANCOISE OMOLOGATA, Xp P94-060-1.

AFNOR (1998). MESURE DE LA QUANTITE ET DE L'ACTIVITE DE LA FRACTION ARGILEUSE: DETERMINATION DE LA VALEUR DE BLEU DE METHYLENE D'UN SOL PAR L'ESSAI A LA TACHE. NORMA FRANCOISE OMOLOGATA, Nf P94-068.

BEATRIZZOTTI G., BELLINZONA G., BONI A., BRAGA G., BELTRAMI G., MOSNA S. (1967). CARTA GEOLOGICA D'ITALIA FOGLIO 59 - PAVIA, SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA, ROMA.

CHABRILLAT, S., GOETZ, A.F.H., OLSEN, H.W., KROSLEY L., NOE, D.C. (1999). USE OF AVIRIS HYPERSPECTRAL DATA TO IDENTIFY AND MAP EXPANSIVE CLAY SOILS IN THE FRONT RANGE URBAN CORRIDOR IN COLORADO. PROCEEDINGS OF THE 13TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED GEOLOGIC REMOTE SENSING, 1, 390-397, VANCOUVER.

CHASSAGNEUX, D., STIELTJES, L., MOUROUX, P., DUCREUX, G.H (1995). CARTOGRAPHIE DE L'ALEA RETRAIT-GONFLEMENT DES SOLS (SECHERESSE/PLUIE) DANS LA REGION DE MANOSQUE (ALPES - DE HAUTE - PROVENCE) - ECHELLE COMMUNALE ET DEPARTEMENTALE. APPROCHE METHODOLOGIQUE. RAPPORT BRGM R 38695.

HART S.S. (1974). POTENTIALLY SWELLING SOIL AND ROCK IN THE FRONT RANGE URBAN CORRIDOR, COLORADO. COLORADO GEOLOGICAL SURVEY, DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES, ENVIRONMENTAL GEOLOGY 7, DENVER, COLORADO.

MEISINA C. (2000). EFFETTI DEL FENOMENO DI RITIRO-RIGONFIAMENTO DEL TERRENO SU FABBRICATI CON FONDAZIONI SUPERFICIALI: ESEMPI NELL'OLTREPO PAVESE. V CONVEGNO NAZIONALE DEI GIOVANI RICERCATORI DI GEOLOGIA APPLICATA, CAGLIARI, 8-11 OTTOBRE, 1996.

MEISINA, C. (2000). PREDICTING SWELLING/SHRINKAGE POTENTIAL USING THE BLUE METHYLENE METHOD: SOME EXAMPLES IN ITALIAN CLAYEY SOILS. PROC. INT. CONF. ON GEOTECHNICAL & GEOLOGICAL ENGINEERING GEOENG2000, MELBOURNE, 19-24 NOVEMBER 2000.

MEISINA, C., CHASSAGNEUX, D., LEROI, E., MOUROUX, P. (1998). CARTOGRAPHIE DE L'ALEA RETRAIT/GONFLEMENT DES SOLS ARGILEUX. PROPOSITION DE METHODOLOGIE. 8TH CONGRESS IAEG, VANCOUVER 21-25 SEPT., 6, 4097-4104.

NOE, D.C., DODSON, D. M. (1995). THE DIPPING BEDROCK OVERLAY DISTRICT (DBOD): AN AREA OF POTENTIAL HEAVING BEDROCK HAZARDS ASSOCIATED WITH EXPANSIVE, STEEPLY DIPPING BEDROCK IN DOUGLAS COUNTY, COLORADO. COLORADO GEOLOGICAL SURVEY, DIVISION OF MINERALS AND GEOLOGY, DEPARTEMENT OF NATURAL RESOURCES, DENVER, COLORADO.

OTEO, C.S., SALINAS, J.L., AYALA, F.J., FERRER, M. (1995). RISK MAP FOR SWELLING OF SOILS IN SPAIN: RESULTS. PROC. OF THE FIRST INT. CONF. ON UNSATURATED SOILS, 2, 915-920, PARIS.

PELISO G.F. (1996). CONSIDERAZIONI IDROGEOLOGICHE SULLA PIANURA BRONESE-STRADELLINA. I QUADERNI DELLE ACQUE SOTTERRANEE, 5, 101-126, GEO-GRAPH S.N.C, SEGRATE.

SERRATRICE J.F. & SOYEZ B. (1996). LES ESSAIS DE GONFLEMENT. BULLETIN DES LABORATOIRES DES PONTS ET CHAUSSEES, 204, 65-85.

WILLIAMS, A.B., DONALDSON, G.W. (1980). DEVELOPMENTS RELATING TO BUILDING ON EXPANSIVE SOILS IN SOUTH AFRICA: 1973-1980. PROC. OF THE 4TH INT. CONF. ON EXP. SOILS, DENVER, 2, 834-844.

RINGRAZIAMENTI

L'autore ringrazia la Regione Lombardia - Sede Territoriale di Pavia (STER) per i dati messi a disposizione relativi agli edifici lesionati.

UNITA' LITO-TECNICA	CONTESTO GEOMORFOLOGICO	DESCRIZIONE	ACCLIVITA' MEDIA	PERMEABILITA'	DRENAGGIO	USO DEL SUOLO
A	Fondovalle dei T. Versa e T. Bardonezza (Alluvioni Oloceniche Recenti ed Attuali)	Ghiaie e/o sabbie prevalenti con ciottoli di varie dimensioni in matrice limoso-sabbiosa	debole (1-2%)	elevata	buono	alveo
B	Fondovalle dei T. Versa e T. Scuropasso (Alluvioni Oloceniche Recenti ed Attuali)	Ghiaie e sabbie, con intercalazioni di livelli limoso-argillosi di scarsa continuità laterale. I livelli limoso-argillosi aumentano in corrispondenza dei conoidi dei corsi d'acqua.	debole (1-2%)	moderata	mediocre	seminativo ed urbano
C	Fondovalle T. Bardonezza (Alluvioni Oloceniche Recenti ed Attuali)	Limo argilloso, spesso sovraconsolidato per essiccamento e con la presenza di ciottoli calcarei ed arenacei (10-15%)	debole (1-2%)	moderata	mediocre (ristagni idrici)	seminativo
D	Alluvioni formanti la "superficie principale della pianura" (Beatrizotti et al., 1967)	Unità estremamente eterogenea: litotipi limoso-argillosi dello spessore di 1-2m, che si interdigitano con depositi più argillosi, spesso sovraconsolidati per essiccamento e che appartengono alla copertura del ripiano, mostrando un passaggio litologico graduale e mai netto.	debole (0.5%)	moderata	mediocre	seminativo
E	Scarpate di terrazzo e fondovalle dei corsi d'acqua minori	Limo, sovraconsolidato per essiccamento	elevata 18 %	bassa	mediocre	seminativo e a vite
F	Terrazzi rilevati di 8-10 m rispetto alla prospiciente pianura ("Diluvium Medio" - Beatrizotti et al., 1967)	Limo con intercalazioni ghiaiose	debole (1-2%)	moderata	buono	seminativo (cereali) e talora a vite
G	Terrazzi ("Diluvium Antico" - Beatrizotti et al., 1967)	Limo (probabile loess) con percentuali non trascurabili di sabbia e con la tendenza a diventare più argilloso con la profondità.	moderata (8%)	bassa	mediocre	seminativo e a vite
H	Terrazzi (C.na Poalone) ("Diluvium Antico" - Beatrizotti et al., 1967)	Argilla limosa rosso-bruna (ferretto)	moderata (8%)	bassa	mediocre	seminativo e a vite
I	Terrazzi ("Diluvium Antico" - Beatrizotti et al., 1967)	Argilla	moderata (8%)	bassa	basso	seminativo e a vite
L	Paleosuperfici molto antiche ("Diluvium Basale" - Beatrizotti et al., 1967)	Argilla. Nei periodi più siccitosi presenza di fessure per cicli di imbibizione ed essiccamento	elevata 16 %	bassa	basso	a vite e seminativo

Tab. 4 - Unità lito-tecniche e loro caratteristiche.

RISCHIO AMBIENTALE E GESTIONE INTEGRATA DELLE AREE COSTIERE

MARTA GIACALONE
B. SCORZA

Parole chiave: *rischio ambientale, gestione, costa, ripascimento, risorsa.*

Il *rischio ambientale*, definito dal prodotto della *pericolosità ambientale per la vulnerabilità territoriale, per il valore inteso come esposizione al rischio, come valore economico o come organizzazione sociale*, implica la conoscenza di questi tre fattori e l'analisi delle possibili relazioni che intercorrono tra esse in un particolare contesto territoriale. La probabilità che fenomeni naturali o indotti come alluvioni, sismi, inondazioni, inquinamento, ecc. si manifestino periodicamente nel tempo (*pericolosità ambientale*), l'insieme delle componenti antropiche (*vulnerabilità territoriale*), unitamente all'attività economica, agli interessi di mercato o all'organizzazione sociale (*valore*), modificano inevitabilmente il *sistema ambiente* e spesso ne accelerano la dinamica evolutiva inducendo l'aumento esponenziale dell'entità del rischio.

APPROCCIO METODOLOGICO

La valutazione del rischio implica lo sviluppo di una matrice ambientale che tenga conto del maggior numero di variabili attraverso l'analisi delle risorse naturali, dell'entità della pressione antropica e della localizzazione degli usi sul territorio.

Tramite l'individuazione di tali variabili è possibile determinare uno specifico scenario che rappresenti il "modello concettuale" che riproduca verosimilmente i rapporti causa-effetto. Creare detto modello significa quindi analizzare le risorse e delineare criticità e potenzialità del sistema al fine di individuare i principali fattori di conflittualità.

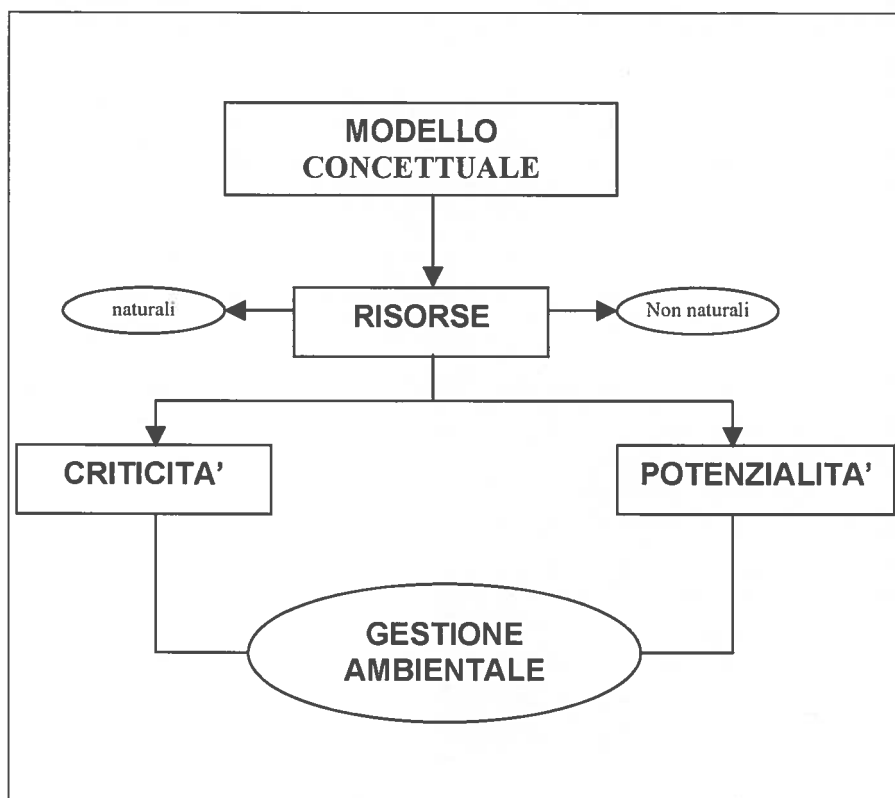
Con il termine *risorsa* si intende qualsiasi componente naturale o antropica che porti a vantaggi economici e ad un gradua-

to miglioramento della qualità della vita. Le risorse possono essere rinnovabili o meno, e da ciò dipende il grado di cautela che si impone nel loro utilizzo, pertanto esse devono essere esaminate sotto il profilo delle criticità e delle potenzialità. Le prime intese come depauperamento non ponderato ed inquinamento della risorsa, le seconde come qualità della risorsa da ottimizzare al fine di rendere la stessa sfruttabile in modo sostenibile dal punto di vista socio-economico ed ambientale.

Valutare l'entità del rischio ambientale implica l'applicazione di una corretta *gestione ambientale*, che si attua attraverso:

- prevenzione del rischio,
- mitigazione del rischio,
- monitoraggio (controllo).

In funzione delle caratteristiche del sistema ambiente in esame, ciascuna delle tre fasi può assumere un grado di importanza differenziato. In particolare la prevenzione implica la conoscenza puntuale dell'ambito territoriale e della sua evoluzione;



la mitigazione prevede invece la formulazione di proposte di intervento, infine la fase di monitoraggio consente la valutazione nel tempo della sostenibilità delle scelte progettuali, dei criteri d'intervento e del loro sviluppo. Talvolta monitorare consente di predisporre e tarare un buon piano di prevenzione che, derivando dalla sinergia tra enti locali, privati, gestori e pianificatori contribuisce a contenere i livelli di rischio.

Rischio ambientale e gestione ambientale devono costituire un binomio inscindibile soprattutto in quelle aree ad elevata vulnerabilità, come ad esempio le fasce costiere(1), dove si rende necessario applicare il concetto di interdisciplinarietà e integrazione delle competenze, nell'ottica dello Sviluppo Sostenibile. A tal proposito si fa riferimento a quanto riportato al capitolo 17 di "Agenda XXI" in merito alla Conferenza di Rio de Janeiro (1992) e a successivi aggiornamenti emersi dalla Conferenza di Johannesburg (2002) su ambiente e svilup-

po. Nel corso dell'ultimo decennio il concetto di Sviluppo Sostenibile si è evoluto in ragione del progresso scientifico in un quadro di crescente consapevolezza sulla necessità di tutela ambientale, sull'importanza di ricchezza e di risorsa promuovendo comunque il progresso scientifico e tecnologico.

Lo sviluppo sostenibile, definito nelle carte e documenti internazionali da Rio de Janeiro in poi, è quello sviluppo che si propone di soddisfare le esigenze delle presenti generazioni senza compromettere la possibilità di quelle future. Il concetto, di sostenibilità, quindi, integra oggi gli aspetti ambientali con quelli economici, sociali e istituzionali e implica un approccio ed un metodo interdisciplinare. Un compito e un obiettivo che coinvolge tutti: istituzioni, imprese, associazioni, cittadini e consumatori. Una nuova generazione di politiche di tipo preventivo che richiede inoltre nuovi strumenti conoscitivi, informativi, partecipativi, economici, mantenendo un equilibrio

tra le diverse componenti.

Tenuto conto di questi principi e delle nuove teorie in materia è possibile, attraverso un approccio integrato e multidisciplinare, affrontare problematiche di tipo ambientale, legate alle aree costiere ispirandosi ai concetti base di sostenibilità e tutela dell'ambiente, suggeriti dall'"Agenda XXI" e di seguito elencati:

- provvedere all'integrazione delle politiche e dei processi decisionali per promuovere compatibilità, armonia ed equilibrio tra gli usi dell'area costiera;
- identificare gli usi esistenti e programmare attività di gestione;
- adottare principi preventivi e precauzionali nell'elaborazione e nello sviluppo di piani;
- promuovere lo sviluppo e l'applicazione dei metodi, quali la valutazione delle risorse naturali e dell'ambiente che riflettono i cambiamenti connessi agli usi dell'area costiera e marina, compresi l'inquinamento, l'erosione, l'impoverimento delle risorse e la distruzione degli habitat.

Sulla base anche delle indicazioni elaborate dalla Ue proprio per le zone costiere dei paesi fortemente sviluppati, è stato elaborato un Piano di "Gestione integrata", applicato ad una zona costiera ed in particolare alla difesa delle coste in erosione come uno strumento innovativo che dovrà servire a indirizzare tutte le attività della costa verso un unico fondamentale obiettivo: la piena sostenibilità ambientale, economica e sociale.

CASO STUDIO

In riferimento al punto 17.29, in cui si raccomanda il controllo e la prevenzione dell'erosione delle coste e del ripascimento delle spiagge, i principi di sviluppo sostenibile (*Brundtland Report*, 1987) e il metodo di lavoro sopra descritti trovano applicabilità nell'ambito del "Piano di ripascimento degli arenili di Savona". Detto piano nasce come primo tentativo di strumento attuativo del "Piano territoriale di coordinamento della costa" per la progettazione degli interventi stagionali esclusivamente volti a ripristinare i profili costieri modificati dagli agenti erosivi(2) (Provincia di Savona, 1997).

In particolare il piano, articolato in un quinquennio si propone:

- di perseguire gli obiettivi preposti nel rispetto della sostenibilità ambientale, economica, sociale nell'ottica della pianificazione integrata;
- di proteggere le coste dall'erosione delle acque marine ed intervenire con particolari tecniche di ripascimento, nonché la sistemazione dei rami terminali dei torrenti e delle loro foci (3);
- la conservazione e il miglioramento degli aspetti paesaggistici dei litorali;

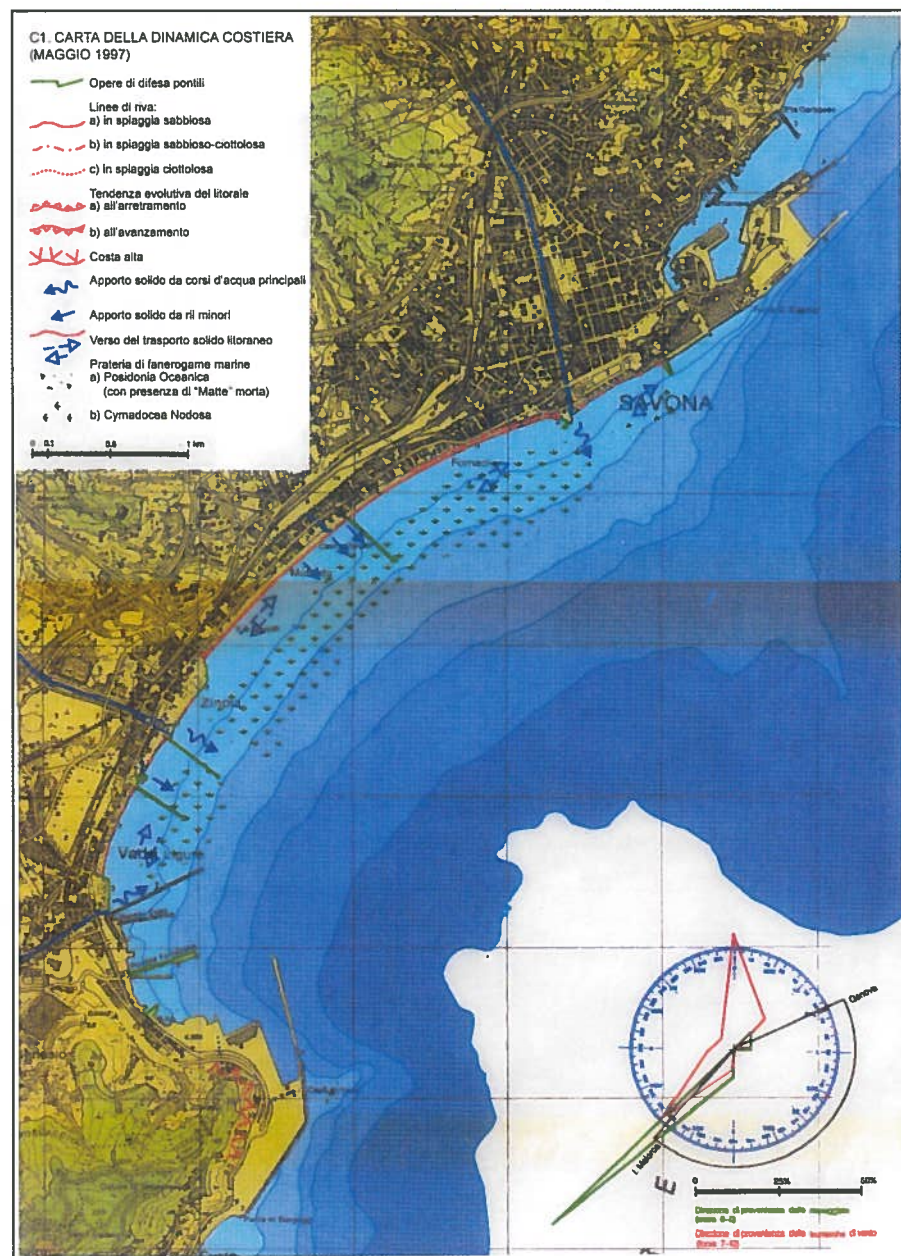


Fig 1: Fascia costiera interessata da interventi di ripascimento.

CRITICITA'	EFFETTI
Fenomeni erosivi in atto per cause naturali (azione delle mareggiate) e per cause antropiche (realizzazione pontili e dighe foranee)	Variazione della linea di costa, cambiamento del regime delle correnti
Periodicità del fenomeno	Ripascimenti stagionali
Sistemazione idraulico-forastale dei versanti e deviazione dei tratti finali dei corsi d'acqua	Depauperamento delle spiagge e cambiamento dei quantitativi di apporto solido
Bilancio negativo tra apporto solido fluviale e trasporto solido litoraneo	Arretramento della linea di costa e variazione della batimetriche sottocosta
Estrazione di materiale inerte dagli alvei (negli anni '50-'60)	Variazione del profilo longitudinale del corso d'acqua e conseguente diminuzione di apporti sedimentari
Situazioni di vulnerabilità localizzate legate agli elementi antropici realizzati in prossimità della linea di costa	Pericolosità delle strutture presenti a causa di scalzamento al piede in occasione di intense mareggiate, aumento della soglia di rischio
Antropizzazione a tergo dell'arenile	Distruzione dei cordoni dunari paralleli alla costa
Limiti amministrativi	Riducono il campo di azione e limitano le scelte

Tab. 1

- l'ampliamento della spiaggia con finalità ricreative e turistiche;
- di limitare i disagi ai fruitori delle spiagge.

Il tratto di costa, oggetto di studio appartiene all'unità fisiografica Capo Vado-Punta S. Erasmo dell'ambito 11 individuato dal Ptc della costa. Tra tutti i fenomeni della dinamica costiera, che hanno prodotto l'attuale configurazione della linea di costa (Tucci S, e Campi F., 1992), quello maggiormente incisivo è l'azione del moto ondoso, strettamente correlato alle condizioni anemometriche locali (venti prevalenti sono quelli di scirocco e libeccio) (Astrali M., Manzella G., 1983). Il clima meteomarinico quindi risulta vincolato al regime delle mareggiate (*wave dominated*) che sottocosta è rappresentato dal trasporto longitudinale (*longshore currents*) e trasversale (*rip-currents*).

L'individuazione delle criticità e potenzialità, nonché gli effetti che ne derivano discendono da un'attenta lettura territoriale. Detti parametri sono riportati nelle tabelle 1 e 2.

IPOTESI DI INTERVENTO

Il piano di ripascimento propone la tutela della risorsa "spiaggia" e il coordinamento di interventi integrati attraverso una forma di gestione innovativa con la quale sono stati previsti i seguenti punti:

- i siti ritenuti idonei al ripascimento artificiale sono stati scelti in funzione dello stato geomorfologico e sulla base di

precedenti studi delle singole zone (Franzoni G., 1997-98 e 2000), dell'accessibilità dei mezzi di trasporto e dell'agibilità dei siti durante le fasi operative (Berriolo G., Spirito G., 1985);

- per quanto concerne i siti maggiormente depauperati (Consiglio nazionale delle ricerche) è consigliabile, nei limiti delle risorse disponibili, eseguire interventi a cadenza annua;

- determinazione della tipologia e dell'idoneità del materiale inerte da impiegare, con particolari riferimenti ai parametri granulometrici (analisi granulometriche), alla composizione mineralogica, al grado di inquinante presente (analisi chimiche);

- individuazione dei siti di prelievo del materiale al fine di garantire la compatibilità compositiva;
- scelta delle tecniche di ripascimento da adottare in relazione al sito di intervento (Gallareto E., 1960). In particolare sono state previste due modalità di sversamento dell'inerte, una definita di "sistemazione a fronte" da impiegare laddove i fenomeni erosivi si manifesta-

no con maggiore energia; l'altra realizzando un "pennello rifornitore" ovvero uno sversamento perpendicolare alla linea di costa in modo che il regime delle correnti provveda alla distribuzione del materiale stesso (Volta, Mezzano, Bianchi, 1952);

- disponibilità di quantitativi, seppur mi-

nimi, di materiale "pregiato" da impiegare all'inizio di ogni stagione estiva per ricoprire il materiale sversato in fase di ripascimento. Detto materiale verrebbe stoccato attraverso la realizzazione di "dune artificiali" protette dagli agenti esterni con manti di fibre naturali;

- la periodica pulizia e sistemazione delle foci dei corsi d'acqua agevolando i deflussi.

In conclusione, per verificare un effettivo miglioramento delle condizioni del litorale è previsto un monitoraggio a lungo termine dell'area costiera che verrà realizzato ad intervalli regolari. A tal proposito, tra i molteplici metodi, quello economicamente più sostenibile consiste nella sovrapposizione di foto aeree relative ai diversi anni e, opportunamente corrette da deformazioni. In tal modo sarà possibile stimare le tendenze evolutive del litorale (erosione o avanzamento della linea di costa) ed eventualmente calcolare le volumetrie eccedenti.

Il concetto di area costiera è inteso come: *"la porzione di territorio che si estende dallo spartiacque all'interfaccia terra-mare fino ad arrivare alla Zona economica esclusiva (Zee); comprende habitat differenziati e di diversa fertilità, ma tutti ugualmente importanti per gli insediamenti umani, lo sviluppo economico e la sussistenza delle unità locali."*

Questo ai sensi della L.R. 13 del 28 aprile 1999 che disciplina le funzioni in materia di difesa della costa, ripascimento degli arenili, protezione e osservazione dell'ambiente marino e costiero, demanio marittimo e porti) ai sensi dell'art. 3 comma 1 della D.Lgs. 183 del 18 maggio 1998.

BIBLIOGRAFIA

ASTRALDI M., MANZELLA G. (1983), SOME OBSERVATION ON CURRENT MEASUREMENT ON THE EAST LIGURIAN SHELF, MEDITERRANEAN SEA; CONTINENTAL SHELF RESEARCH, GREAT BRITAIN, 2, 183-193

BERRIOLO G., SIRITO G., (1985), ASSETTO COSTIERO DELLA PROVINCIA DI SAVONA; QUADERNI DI RICERCA E DOCUMENTAZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI SAVONA N.6.

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE, ATLANTE DELLE SPIAGGE ITALIANE; DINAMISMO, TENDENZA EVOLUTIVA, OPERE UMANE. S.E.L.C.A. S.R.L., FIRENZE.

FRANZONI G. (1997-98), "V INTERVENTO DI SISTEMAZIONE E PULIZIA DEL TORRENTE LEIMBRO E RINASCIMENTO DEGLI ARENILI" PROGETTO COMUNALE, COMUNE DI SAVONA (L.L.P.P)

FRANZONI G. (2000), "RIPASCIMENTO DEL LITORALE DI ZIPOLA CON MATERIALE PROVENIENTE DAL TORRENTE QUILLIANO" PROGETTO COMUNALE, COMUNE DI SAVONA (L.L.P.P)

GALLARETO E. (1960), LA DIFESA DELLE SPIAGGE E DELLE COSTE BASSE, STUDIO DEI FENOMENI LITORANEI E DEI SISTEMI DI DIFESA.

PROVINCIA DI SAVONA (1997), PIANO STRALCIO PER LA VERIFICA E LA SALVAGUARDIA DELLA DINAMICA DEL LITORALE (L.N. 183/1989-L.R. 9/1993). AMBITO 11: UNITÀ FISIOGRAFICA PUNTA S. ERASMO-CAPO VADO (SAVONA-VADO LIGURE), AUTORITÀ DI BACINO DI RILIEVO REGIONALE COMITATO TECNICO PROVINCIALE

TUCCI S E CAMPI F. (1992), LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI COSTIERI (VARAZZE-CAPO NOLI); UNIV. DI GENOVA, DIP.SCIENZE DELLA TERRA, Pp.13-24.

VOLTA, MEZZANO, BIANCHI (1952), PROPOSTE PER LA DIFESA DELLA SPIAGGIA DI SAVONA.

Tab. 2

VARIAZIONI SPAZIALI E TEMPORALI DELLA CONCENTRAZIONE DI GAS RADON NEI SUOLI IN RELAZIONE ALLE MAGGIORI DISCONTINUITÀ TETTONICHE ED AGLI EVENTI SISMICI

ADALISA TALLARICO
E-MAIL TALLARICO@FIS.UNICAL.IT

GIOVANNI FALCONE
E-MAIL FALCONE@FIS.UNICAL.IT

DIPARTIMENTO DI FISICA, UNIVERSITÀ
DELLA CALABRIA

Parole chiave: radon, suolo, sisma, faglia, monitoraggio.

Lavoro reso possibile dalla Regione Calabria nell'ambito della borsa di studio regionale "Applicazione della Fisica a problematiche territoriali".

Gli intervalli di tempo in cui le emissioni di gas radon dal suolo sono più frequenti e di maggiore concentrazione, corrispondono ai periodi di forte attività sismica. Il monitoraggio della concentrazione dei gas del suolo fornisce, dunque, informazioni indispensabili per la valutazione del rischio sismico. È dunque di notevole importanza conoscere le concentrazioni di radon presenti nei suoli, e studiare le variazioni spaziali connesse con la presenza delle maggiori discontinuità tettoniche e quelle temporali in relazione agli eventi sismici.

Ambronn (1928) fu uno dei primi ricercatori ad osservare un marcato aumento nei gas del suolo in corrispondenza di zone di faglia. Successivamente numerosi lavori permisero di segnalare elevate anomalie di radon in corrispondenza di faglie profonde, anche in presenza di potenti coperture sedimentarie (Hatuda, 1954; Israel & Björnsson, 1967).

I meccanismi di migrazione dei gas nel sottosuolo possono essere ricondotti a processi diffusivi o a processi avvevativi. Per una data specie gassosa il movimento diffusivo si instaura in virtù della differenza di concentrazione esistente per questa specie tra l'atmosfera e i pori interstiziali del suolo.

Il movimento avvevativo si produce qualora nel suolo il gas possieda una pressione totale superiore a quella atmosferica. Ciò può essere dovuto sia a motivi esogeni, ovvero ad effetti di pompaggio indotti da variazioni della pressione barometrica, che a motivi endogeni, come una significativa risalita di gas dal sottosuolo e accumulo nei pori del suolo. È possibile infatti che la risalita di gas attraverso una faglia non dia luogo solamente ad elevate concentrazioni di questi

gas nei pori del suolo ma, nel caso di intense anomalie di un potenziale *carrier gas* (per esempio), anche una certa sovrappressione e conseguente esalazione avvevativa di tutti i componenti del gas del suolo.

Agli inizi degli anni Ottanta Kristiansson & Malmqvist (1982) avanzarono l'ipotesi di un nuovo meccanismo di migrazione del radon (valido comunque per qualsiasi altro gas) secondo il quale il suo movimento sarebbe legato all'esistenza di un microflusso naturale di gas (geogas) particolarmente sviluppato in corrispondenza delle fratture della crosta. Tale flusso sarebbe di tipo avvevativo e si realizzerebbe in forma di microbolle quando il gas attraversa corpi idrici sotterranei.

I concetti moderni sulla migrazione dei gas verso la superficie sono in accordo sul fatto che la migrazione dei gas dal sottosuolo avviene lungo le faglie e le fratture; inoltre, la geometria e l'ampiezza delle fratture dipendono dalle proprietà reologiche e dalle pressioni subite dalle rocce che a loro volta esercitano un'influenza notevole sulla migrazione dei gas. Le pressioni che si instaurano nel sottosuolo dipendono dall'attività tettonica che si manifesta nelle variazioni temporali dell'intensità dell'attività sismica. In questo contesto le variazioni dell'intensità sismica e delle pressioni subite dalle rocce influenzano la fratturazione (e quindi la permeabilità) delle rocce aumentando la mobilità dei gas endogeni e favorendo la loro migrazione verso la superficie. Pertanto il monitoraggio della fuga e delle concentrazioni di gas nei suoli può fornire informazioni sulle pressioni subite dalle rocce nel sottosuolo che potrebbero potenzialmente innescare i terremoti.

Il lavoro di ricerca si prefigge lo scopo di

definire le relazioni esistenti tra i processi di risalita del gas radon e l'assetto geologico-strutturale generale mediante la prospezione dei gas del suolo.

La prospezione dei gas nei pori interstiziali dei suoli costituisce un mezzo non distruttivo, relativamente rapido ed efficace per l'individuazione di processi di risalita di gas dal sottosuolo.

Dagli anni Settanta questo tipo di indagine viene utilizzata per identificare e cartografare faglie e/o fratture in base a due fattori: 1) l'entità dell'anomalia di concentrazione dei gas nel suolo; 2) la distribuzione spaziale di tali anomalie (Fridman, 1990).

Da un campionamento areale dei gas del suolo vengono messi in luce dei trend preferenziali di anomalia dovuti, per esempio, ad una serie di punti anomali che si allineano secondo direttrici ben definite. Questo carattere di "lineamento" costituisce una anomalia geometrica ("anomalia lineare"; Fridman, 1990) in quanto può rappresentare un forte indizio di una risalita di gas da una discontinuità tettonica. Si suppone così che il carattere di lineamento delle anomalie non può che essere imputato ad un controllo meccanico, ovvero alla presenza di sistemi di faglie e fratture permeabili ai gas. È poco plausibile pensare infatti che gli errori sistematici (bias) dovuti a fenomeni di superficie (biologici, idrologici, climatici), errori di prospezione (strumentali, analitici, umani) o anche fattori casuali possano dar luogo a configurazioni rettilinee dell'ordine di diversi chilometri. Reimer (1990) sottolinea l'importanza di prendere in considerazione i trend lineari anche se sono prodotti da concentrazioni solo leggermente superiori al livello di *background*.

Un metodo per la ricerca e l'individua-

zione delle anomalie geometriche (lineari e non) è basato sullo studio delle anisotropie nella distribuzione spaziale delle concentrazioni dei gas nel suolo tramite la costruzione delle mappe di isoconcentrazione. I metodi geostatistici sono, dunque, utili nell'individuazione di porzioni di territorio in cui i valori delle concentrazioni dei gas sono tra loro abbastanza continui lungo determinate direzioni, ovvero mostrano un basso valore della varianza.

Si sono effettuate misure della concentrazione di gas radon, sia in sito (procedura di *approximate reading*) e sia in laboratorio, di circa 2000 campioni di gas del suolo prelevati nel graben del Crati, in provincia di Cosenza (foglio 559 sez. 1 e 2; foglio 560 sez. 3 e 4; foglio 568 sez. 1; foglio 569 sez. 4).

La valle del fiume Crati è una depressione tettonica orientata in direzione N-S (si trova in posizione assiale rispetto alla catena appenninica) che si estende per circa 35 chilometri, fino a Roggiano Gravina, dove continua con la depressione della pianura di Sibari, che presenta un andamento normale alla catena (si estende in direzione E-W) ed è delimitata a settentrione dalla Linea di Sangineto (Amodio-Morelli et al., 1979).

È limitata ad Est dal massiccio silano ed a Ovest dalla Catena Costiera, ed è delimitata da faglie che diventano man mano meno

numerose e meno vistose da ovest verso est.

A prescindere dai più discontinui lembi miocenici, i sedimenti marini che si rinvennero nella Valle del Crati hanno un'età plio-pleistocenica e la loro deposizione è avvenuta trasgressivamente da ovest verso est (Burton, 1971) Questa non è avvenuta con continuità ma attraverso tappe successive accompagnate da attività tettonica e perciò marcata da lievi discordanze.

Nell'insieme l'intera struttura è delimitata da una serie di faglie normali a direzione N-S (faglie del bordo orientale della Catena Costiera e faglie del bordo silano), NE-SW (allineamento Altomonte-Firmo-Cassano IONIO-Trebisacce) e NNW-SSE.

Le dislocazioni si dispongono, dunque, in tre sistemi principali dei quali il più vistoso, con rigetti quaternari dell'ordine di 1200 m, si sviluppa in direzione N-S ed è responsabile del sollevamento della Catena Costiera e della formazione della porzione meridionale del bacino. Di questi sistemi sia il NE-SW, cui appartiene la Linea di Sangineto, sia il NW-SE rappresentano dei sistemi ereditati ripresi dalla tettonica quaternaria.

Lungo tutto l'asse della Valle del Crati affiorano sia rocce metamorfiche e magmatiche, appartenenti a quelli che si potrebbero definire i "domini alpini", sia rocce sedimentarie antiche dei "domini appenninici",

sia, infine, rocce di deposito dei cicli terziari, parzialmente coinvolte nei processi di deformazione orogena. I contatti tra tutte queste litologie sono livellati e nascosti dai depositi più recenti plio-pleistocenici.

Si è utilizzato l'apparato Pylon AB-5 costituito da una unità principale corredata da una stampante portatile PPT-1, da una serie di celle di Lucas collegate tramite l'adattatore ABA e da una sonda per prelevare il campione di gas ad una profondità di 0,50 metri. Per ogni campione di gas si sono effettuate in laboratorio misure della concentrazione di dopo che sono trascorse almeno tre ore e trenta minuti dal momento del prelievo, in modo tale che la misura non sia falsata dalla presenza di altri isotopi che presentano un decadimento. Sono stati, inoltre, localizzati con precisione i punti dove vengono effettuate le misure della concentrazione del gas Radon utilizzando un Gps.

Lo studio dei gas del suolo è stato integrato da una analisi geomorfologica e geologico strutturale, al fine di verificare se esistono relazioni fra la distribuzione dei principali lineamenti, presumibilmente legati a faglie o zone di frattura, e la distribuzione delle concentrazioni anomale di gas radon. La scelta dell'area di studio è stata effettuata in base alla presenza di sistemi di faglia attivi ed anche considerando gli ultimi eventi sismici che si sono verificati nel territorio calabrese.

Dopo aver delimitato su mappa l'area da studiare, è stato tracciato un reticolo a maglie quadrate i cui nodi rappresentano i siti di campionamento. Ovviamente la densità dei nodi è funzione della grandezza dell'area da investigare e quindi degli obiettivi prefissati.

Per le prospezioni conoscitive a carattere regionale (ovvero su tutta l'estensione di un bacino) la densità di campionamento è stata di quattro campioni per Km² (massimo dettaglio).

Da una distribuzione di dati *irregularly spaced* è stata prodotta una distribuzione *regularly spaced*, cioè si è creata una griglia di valori. I valori sono stati mediati con procedura di *kriging*.

Sono state realizzate delle mappe di distribuzione dei gas in una data area, con curve di livello o di isoconcentrazione, che consentono una facile ed immediata visualizzazione delle aree anomale (fig.1).

Nelle mappe di distribuzione le aree di anomalia sono evidenziate in rosso. Ciò permette anche una facile ed immediata visualizzazione della forma delle aree anomale.

Nelle mappe sono inoltre riportate le discontinuità tettoniche in modo da avere un confronto immediato tra queste e la distribuzione delle anomalie di gas (fig.2).

Si è realizzata anche una figura tridimensionale che mostra l'andamento delle concentrazioni di radon per evidenziare

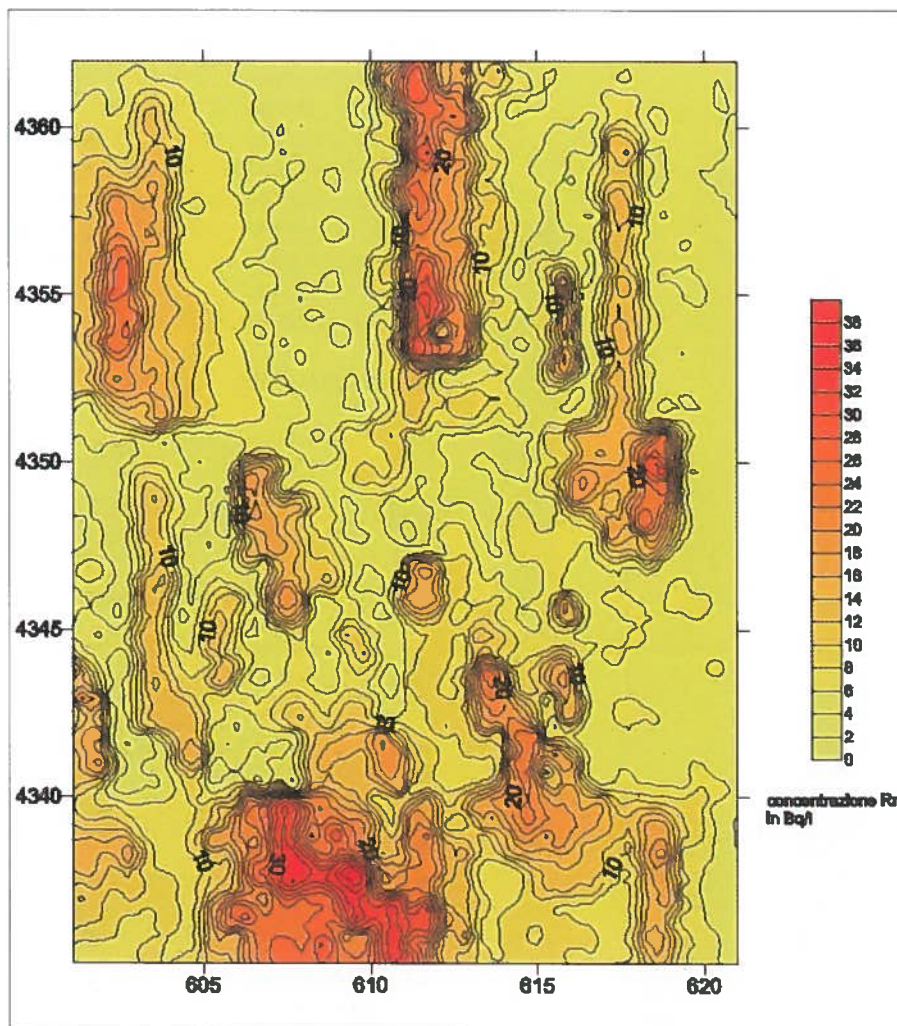


Fig. 1 - Distribuzione delle anomalie di radon nei gas del suolo della media-alta valle del fiume Crati.

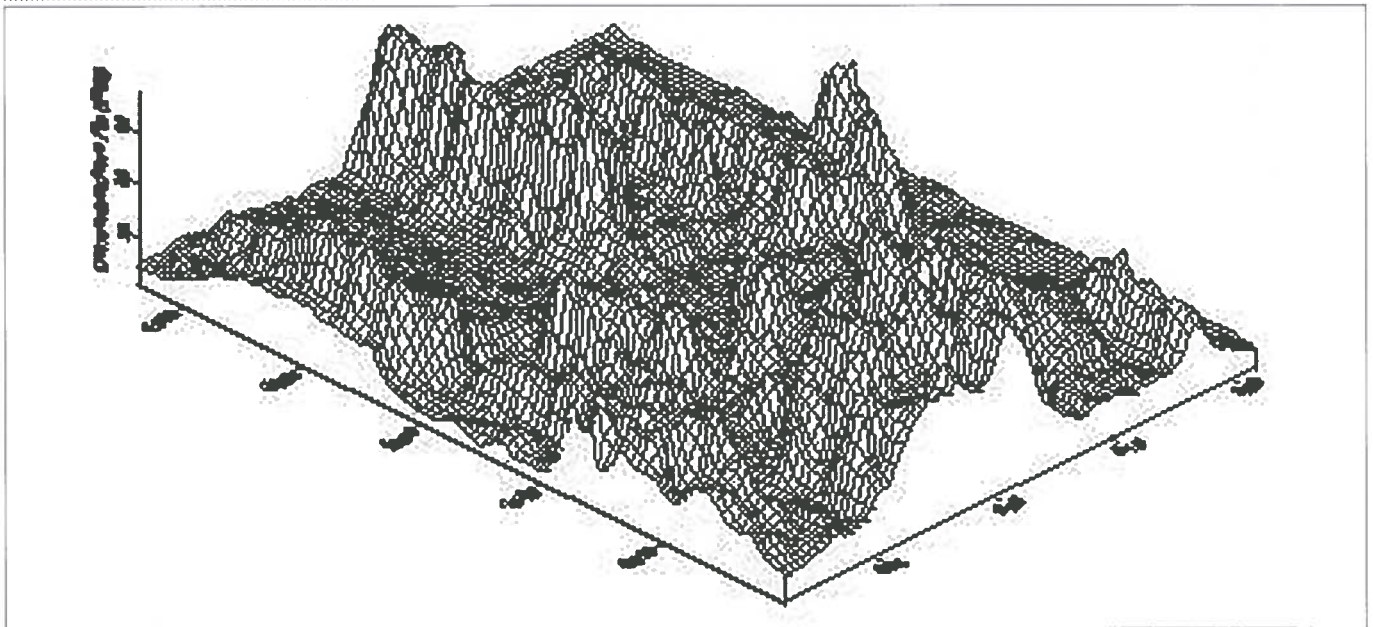


Fig. 3 - Andamento delle concentrazioni di radon in relazione al graben che mostra un andamento N-S.

l'andamento N-S delle anomalie parallelo all'andamento del graben del Crati (fig3).

Le concentrazioni di gas radon presenti nei suoli dell'alta-media valle del Crati presentano anomalie lineari che non possono essere spiegate con le caratteristiche geochimiche e le emissioni alfa delle litologie presenti nell'area. Le anomalie di concentrazione rispecchiano, invece, in modo piuttosto evidente, l'andamento delle strutture tettoniche principali presenti nell'area: si tratta di

anomalie lineari aventi direzione N-S, cioè parallele all'asse del graben. Le faglie bordanti il graben del Crati costituiscono delle vie preferenziali alla fuoriuscita di gas da notevoli profondità della crosta. Conoscere la distribuzione spaziale delle anomalie di concentrazione di gas radon ci consente di individuare e circoscrivere le aree a maggiore rischio, cioè quelle site in prossimità delle faglie principali o proprio all'apertura del graben stesso, dove le linee di faglie e le fratture

si infittiscono e si complicano. Inoltre un monitoraggio temporale delle aree esaminate consente di notare delle anomalie di concentrazione dei gas di risalita profonda che sono in relazione ad i maggiori eventi sismici. Prima di effettuare un monitoraggio temporale è comunque necessario conoscere la distribuzione spaziale delle emissioni gassose per individuare i punti più critici da monitorare, per verificare l'entità dell'anomalia stessa e la sua connessione con le strutture tettoniche presenti (dunque verificare se l'anomalia è dovuta ad una risalita di gas di notevole profondità oppure è un fenomeno superficiale legato alle litologie presenti). Tale connessione è ben presente nell'area esaminata, nonostante i metodi di trattamento dati utilizzati (*procedure di kriging*) che tendono a mettere in evidenza soprattutto le anomalie lineari orizzontali.

BIBLIOGRAFIA

- AMBRONN R. (1928). ELEMENTS OF GEOPHYSICS AS APPLIED TO EXPLORATION FOR MINERAL, OIL AND GAS. MCGRAW-HILL; NEW YORK, 372 Pp.
- AMODIO-MORELLI L., BONARDI G., COLONNA V., DIETRICH D., GIUNTA G., IPPOLITO F., LIGUORI V., LORENZONI S., PAGLIONICO A., PERONE V., PICCARRETA G., RUSSO M., SCANDONE P., ZANETTIN-LORENZONI E., ZUPPETTA A. (1979). L'ARCO CALABRO PELORITANO NELL'OROGENE APPENNINICO-MAGHREBIDE. MEM. SOC. GEOL. IT., 17, 1-60.
- BURTON A. N., (1971). CARTA GEOLOGICA DELLA CALABRIA ALLA Scala 1:25000. RELAZIONE GENERALE. CASSA PER IL MEZZOGIORNO, SERV. BONIFICHE, 120pp, ROMA.
- FRIDMAN A.I. (1990). APPLICATION OF NATURALLY OCCURRING GASES AS GEOCHEMICAL PATHFINDERS IN PROSPECTING FOR ENDOGENIC DEPOSITS. J. GEOCH. EXPL., 38, 1-11.
- HATUDA Z. (1954). RADIOACTIVE METHOD FOR GEOLOGICAL EXPLORATION. MEM. OF THE COLLEGE OF SCIENCE, UNIV. OF KYOTO, SERIES B, XXI, 231-271.
- ISRAEL H., BJORNSSON S. (1967). RADON (Rn-222) AND THORON (Rn-220) IN SOIL AIR OVER FAULTS. Z.F. GEOPHYS., 33,1, 48-64.
- KRISTIANSSON K., MALMQVIST L. (1982). EVIDENCE OF NONDIFFUSIVE TRANSPORT OF Rn-222 IN THE GROUND AND A NEW PHYSICAL MODEL FOR THE TRANSPORT. GEOPHYS., 47, 1444-1452.
- REIMER (1990). RECONNAISSANCE TECHNIQUES FOR DETERMINING SOIL-GAS RADON CONCENTRATIONS: AN EXAMPLE FROM PRINCE GEORGE COUNTY, MARYLAND. GEOPH. RES. LETT., 17,6, 809-812.

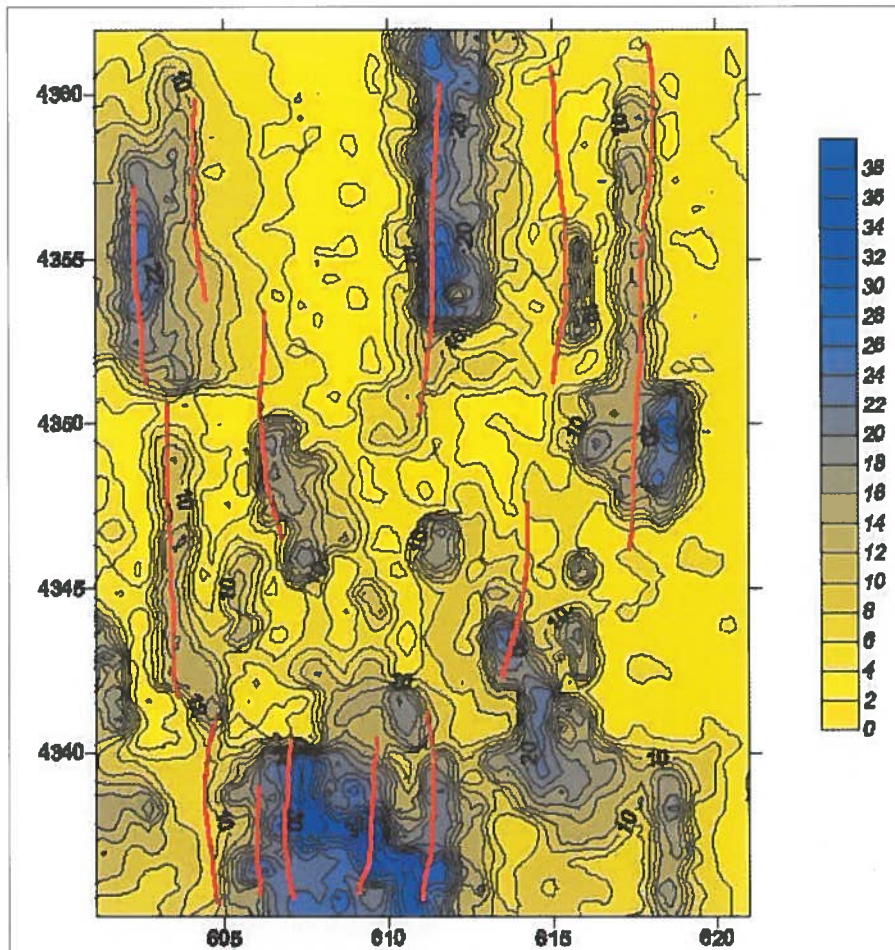


Fig. 2 - Isolinee di concentrazione di radon (Bq/l) ed andamento delle principali strutture tettoniche.

PROTOCOLLO REALIZZATIVO DI UNA CARTA DELLA SUSCETTIVITA' ALL'INVASIONE LAVICA NEL BASSO VERSANTE ORIENTALE DELL'ETNA

S. CASELLA
R. RASÀ
A. TRIPODO
L. VILLARI

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA,
UNIVERSITÀ DI MESSINA

Parole chiave: *Etna, lava, eruzione, pericolosità, pianificazione.*

PREMESSA

In questo lavoro viene analiticamente descritto il protocollo che ha portato alla realizzazione di una carta della suscettività all'invasione lavica per il basso versante orientale dell'edificio etneo in scala 1:50.000 (Ieni et al., 1998). Tale elaborato fornisce su basi cartografiche un quadro della pericolosità vulcanica in questa area ed è utilizzabile sia a fini di pianificazione urbanistica che come strumento operativo per la gestione della emergenza nel caso di evento in corso, fatto quest'ultimo già verificatosi in occasione dell'ultima crisi eruttiva del 2001 (Murgia, com. pers.).

A parere degli scriventi il protocollo messo a punto può essere applicato allo studio della pericolosità di qualsiasi vulcano attivo caratterizzato da ricorrente attività effusiva di fianco e del quale sia disponibile una buona conoscenza della storia eruttiva negli ultimi secoli.

PERICOLOSITÀ VULCANICA ALL'ETNA

Dall'analisi dell'attività storica dedotta dai numerosi dati esistenti in letteratura (Azzaro et al., 1992; Barberi et al., 1994; Bartoli, 1892; Carrera, 1636; Chester et al., 1985; Chevalier, 1924; Crinò, 1907; Cristofolini et al., 1983; De Fiore, 1919; Gemmellaro, 1828; Gottini et

al., 1980; Maravigna, 1811; Ponte, 1930; Recupero, 1815; Romano et al., 1979; Sartorius von Waltershausen, 1880; Sciuto Patì, 1867; Tanguy et al., 1980, 1984), la pericolosità dell'Etna appare strettamente legata alla elevata ricorsività di eruzioni laterali effusive, e queste ultime, pur non rappresentando un significativo pericolo per le vite umane, pongono seri problemi di rischio da invasione lavica nelle aree urbanizzate e/o antropizzate dei bassi e medi versanti.

Poiché un'analisi rigorosamente probabilistica della pericolosità e del rischio in-

dotto è di fatto non applicabile nei vulcani ad attività effusiva di fianco in quanto per ogni evento possono essere completamente differenti le aree vulnerate, abbiamo ritenuto che un buon approccio potesse essere quello cartografico di tipo quali-quantitativo, ottenibile tramite interpolazione di carte di frequenza di invasione lavica e carte morfologiche in aree potenzialmente suscettive nei confronti di invasioni laviche, in funzione anche dell'uso reale del suolo nelle stesse aree.

Il settore da investigare è stato individuato nel versante orientale del vulcano (fig. 1), scelta scaturita dal fatto che esso risulta essere il più articolato sia sotto l'aspetto urbanistico che infrastrutturale, e di conseguenza il più sensibile al rischio indotto dalla possibile invasione di colate laviche.

CARTA DELL'USO REALE DEL SUOLO

Il primo passo è stato la stesura di una carta di uso reale del suolo (che non necessariamente corrisponde con l'uso catastato) per l'intero versante orientale. Questo documento, oltre a fornire un quadro generale sul reale assetto del territorio e sul suo utilizzo, consente di valutare i possibili effetti che si registrerebbero su di esso al verificarsi di un evento eruttivo.



Fig. 1 - Mappa schematica dell'area etnea: la linea gialla delimita il settore del vulcano oggetto dello studio

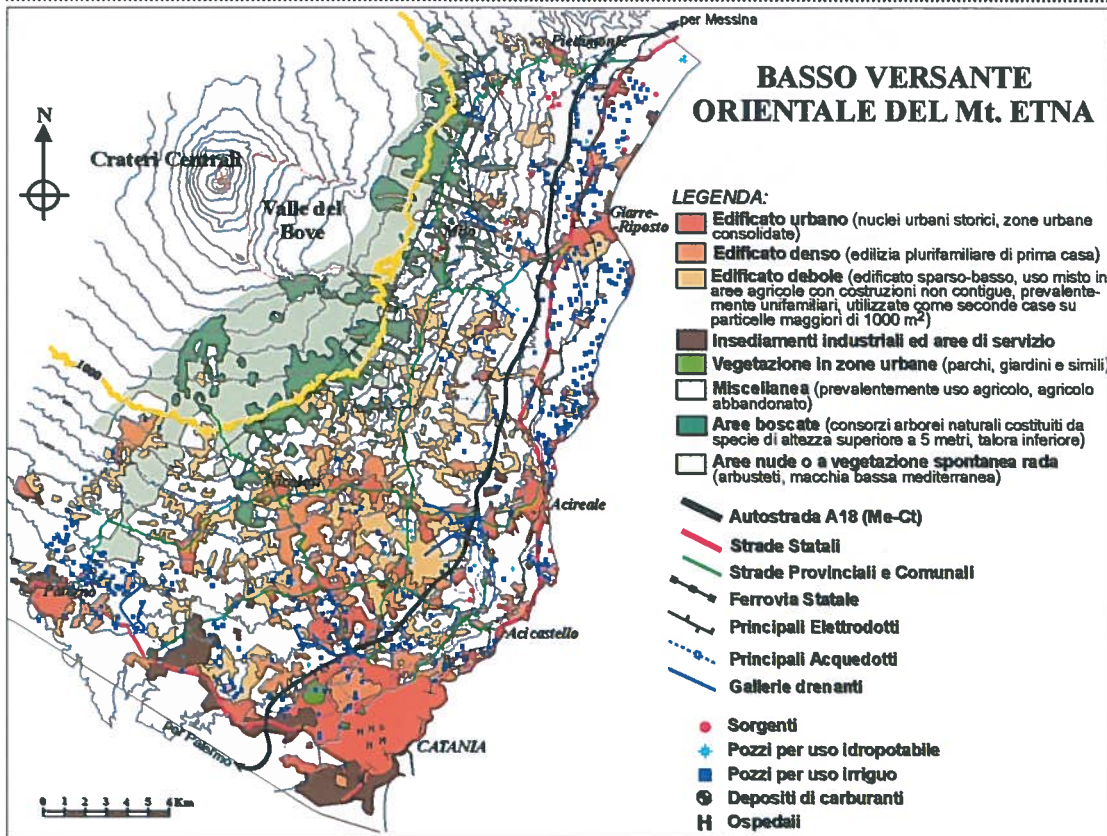


Fig. 2 - Carta dell'uso reale del suolo.

Le svariate tipologie d'uso, individuate dall'analisi di immagini satellitari Landsat e Spot integrate con indagini in pieno campo, sono state accorpate in otto tipologie fondamentali utili ai fini della valutazione del rischio (fig. 2) e descritte in legenda in ordine di "valore" decrescente.

Oltre alle tipologie d'uso areale, nella carta sono state incluse le infrastrutture (life-lines) più significative (rete viaria ed autostradale, ferrovia, elettrodotti, ecc..) ed elementi d'uso puntuale quali pozzi, sorgenti, ospedali e depositi di carburanti: tutti "oggetti territoriali" di estrema importanza per una carta destinata all'analisi del rischio vulcanico. Ad esempio, pozzi d'acqua e condotte sono elementi antropici fortemente critici poiché, se vengono sepolti da lava fluente, il brusco aumento di temperatura può provocare l'improvvisa vaporizzazione dell'acqua innescando esplosioni freatiche a volte violente.

L'analisi del documento finale, i cui dati

sono stati più volte graficamente riorganizzati per migliorarne la leggibilità, ha permesso di focalizzare l'attenzione per la fase successiva di indagine sul basso versante orientale al di sotto dell'isoipsa di quota 1000m s.l.m. Tale quota separa i settori sostanzialmente privi di infrastrutture ed insediamenti significativi da quelli fortemente

urbanizzati ed antropizzati. Inoltre è emerso anche come, all'interno del basso versante orientale, i settori meridionali (la città di Catania ed il suo hinterland) siano quelli con carico urbanistico decisamente più alto rispetto agli altri settori dello stesso versante.

CARTA DI INVASIONE LAVICA

La realizzazione della carta di invasione lavica per il settore individuato tramite la carta dell'uso reale del suolo è stato il passo successivo.

Attraverso un'accurata analisi di dati storici (oltre ai precedenti A.A. già citati: Chaix, 1893; Cocuzza Silvestri, 1957, 1971;

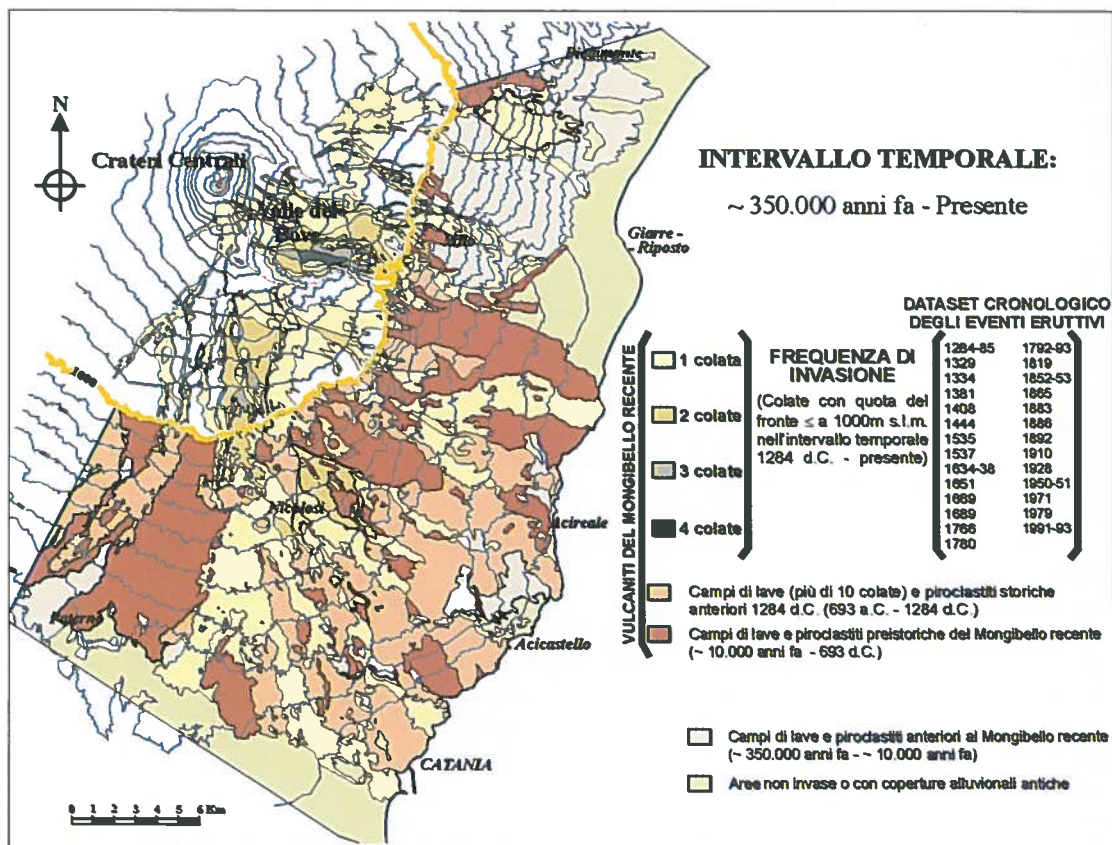


Fig. 3 - Carta di invasione lavica del basso versante orientale.

tershausen, 1845; Sciuto Patti, 1867; Tanguy et al., 1980) ed inedite a varie scale e rilevamenti in pieno campo, è stata effettuata la cartografia delle colate (storiche, preistoriche, campi di lave) presenti sul versante orientale del vulcano che hanno raggiunto o superato l'isoipsa di quota 1000m s.l.m..

L'archivio cartografico così realizzato ha mostrato globalmente alcuni limiti. Tra questi il più importante è dovuto alla mancanza di elementi stratigrafici di campo rigorosi (log di pozzi e/o sezioni significative con paleosuoli), ed in alcuni casi è stato necessario estrapolare i limiti di colata sepolti da altre colate utilizzando informazioni poco omogenee quali rilevamenti di contemporanei effettuati su basi topografiche speditive, dati di letteratura ed informazioni di varia natura (contrade invase, toponimi) dedotte dalle cronache dell'epoca. Ciò ha implicato la necessità di una accurata analisi delle fonti ed un paziente lavoro di revisione critica delle stesse prima di effettuare la ricostruzione della geometria delle aree invase da ogni colata.

Resta comunque una certa approssimazione nella ricostruzione cartografica che, solitamente, è tanto maggiore quanto più antica è la colata analizzata. Questa inevitabile aleatorietà nel tracciamento dei limiti sepolti ci ha indotto a definire e calcolare per ogni colata un *Indice di estrapolazione* (lex):

$$lex = Ls / (Ls + La) \times 100$$

dove Ls = limite sepolto
La = limite affiorante.

Tale indice esprime la percentuale di limite ricostruito e ci ha consentito un'immediata stima di massima del livello di attendibilità complessiva della ricostruzione effettuata.

Con buona approssimazione l'archivio è certamente affidabile a partire dall'eruzione del 1284-85 (27 eruzioni), mentre per le eruzioni precedenti è certamente incompleto - delle colate anteriori al 1284 solo tre sono cartografabili (812 d.C., 394 a.C., 693 a.C.) anche se con alèa elevata -. Il livello di alèa invece è decisamente più basso successivamente all'eruzione del 1284-85, anche se alcune eruzioni (ad es. 1537 e 1766) si sono rivelate di ricostruzione problematica (rispettivamente lex=49,2% e 46%).

Con i dati cartografici dell'intero archivio e del sottoarchivio affidabile, è stata realizzata la "Carta di invasione lavica del basso versante orientale dell'Etna", anch'essa alla scala 1:50.000 (fig. 3), nella quale sono state distinte le aree a flussi lavici sovrapposti (fino a 4 colate) estratte dal sottoarchivio affidabile (1284-Presente, 27 eventi con fronte lavico sotto quota 1000m s.l.m.).

Per fornire ulteriori elementi di valuta-

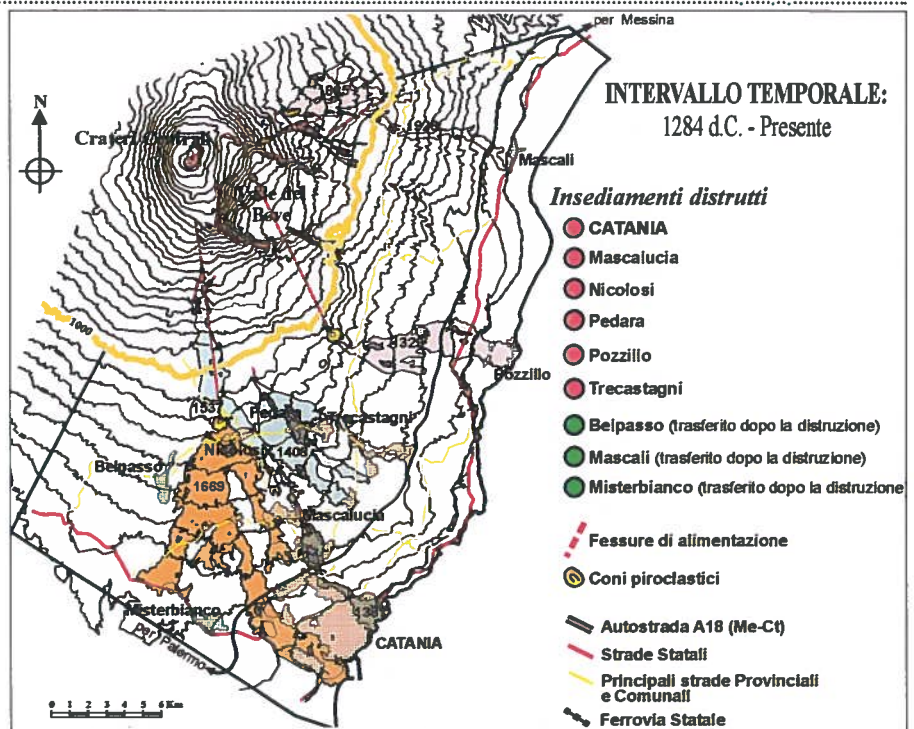


Fig. 4 - Flussi lavici maggiormente distruttivi prodotti da eruzioni laterali.

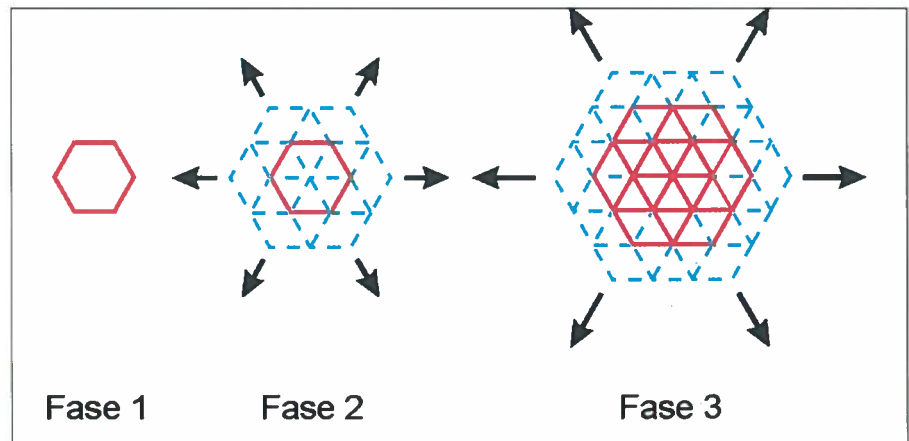


Fig. 5 - Fasi iniziali della tecnica di finestraggio mobile utilizzata per discretizzare la carta di invasione lavica partendo da una cella esagonale di mezzo Km².

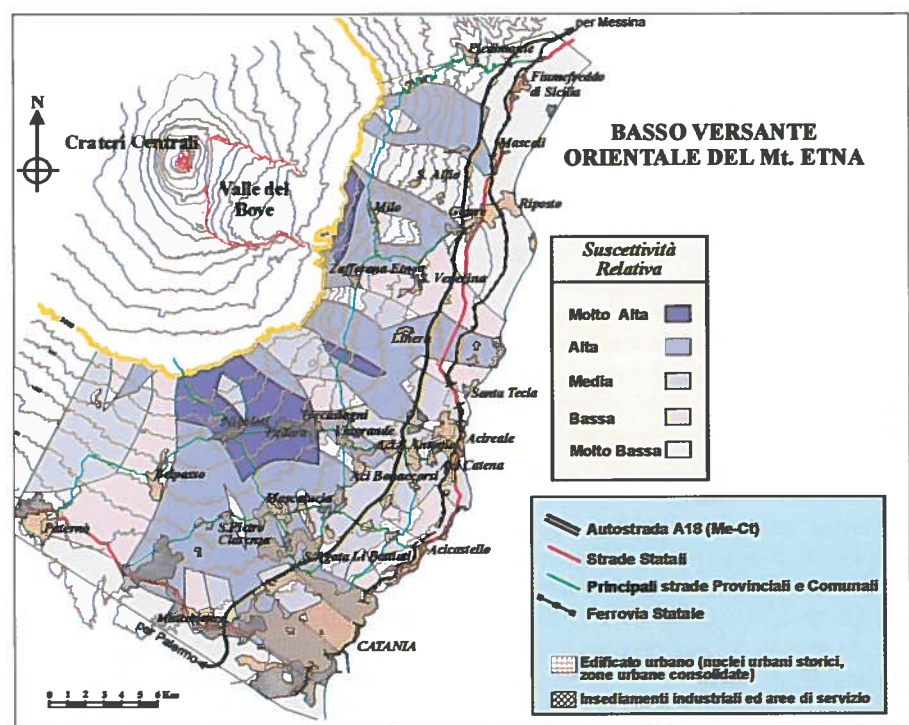


Fig. 6 - Carta della suscettività all'invasione lavica (prima approssimazione).

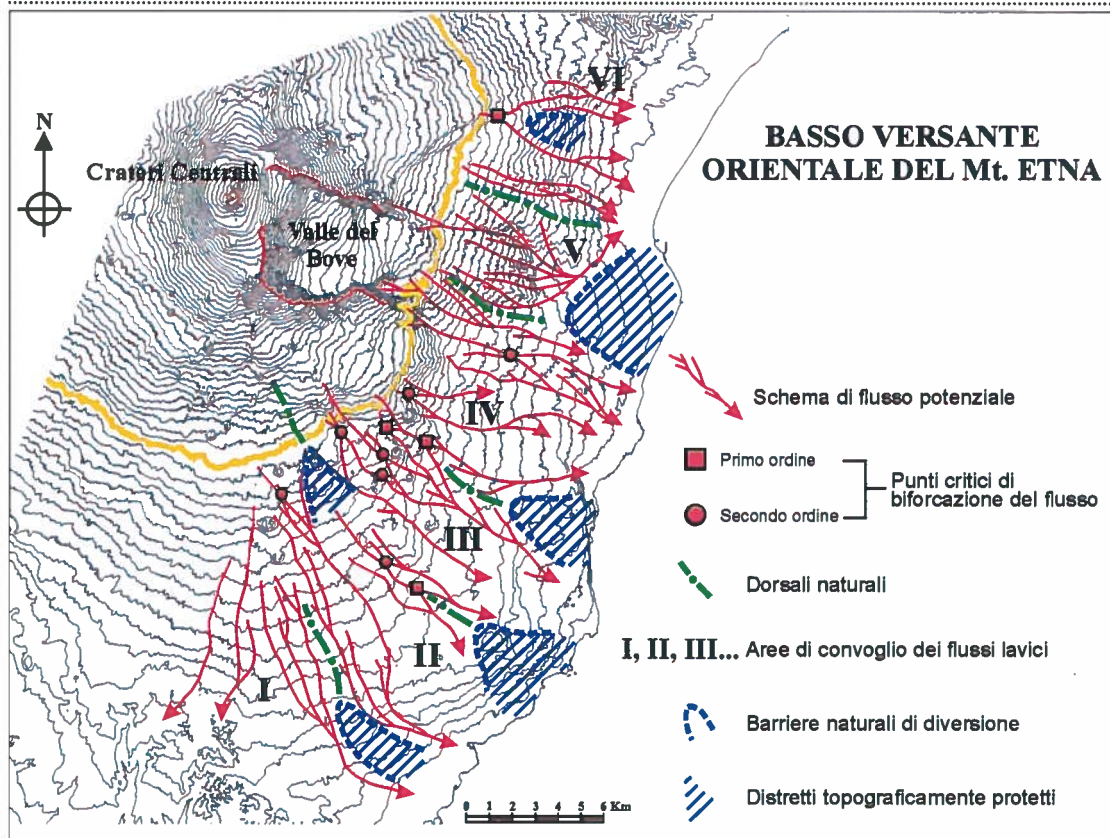


Fig. 7 - Carta dei vincoli morfologici al flusso lavico.

zione sulla tendenza dei differenti settori del versante ad essere invasi da flussi lavici nel lungo periodo, nella carta sono stati anche inseriti: a) campi di lave e piroclastiti storiche anteriori al 1284 d.C. e successive al 693 a.C. (utilizzando la parte poco affidabile dell'archivio storico); b) campi di lave e piroclastiti preistoriche del Mongibello Recente (su basi geologiche, morfologiche, petrochimiche); c) campi di lave e piroclastiti anteriori al Mongibello Recente (su basi geologiche, morfologiche, petrochimiche); d) settori mai invasi o con coperture alluvionali antiche.

COMPARAZIONE TRA CARTA DI INVASIONE LAVICA E CARTA DELL'USO REALE DEL SUOLO

Da una preliminare sintesi additiva della carta di invasione lavica con la carta di uso reale del suolo emerge una marcata correlazione positiva tra aree a massimo sviluppo di urbanizzazione ed aree a massima frequenza di invasione; ciò configura quale evento atteso di massimo rischio per il sistema territoriale del basso versante orientale etneo, un'eruzione laterale effusiva con fronte propagante fino alle basse quote.

Questa valutazione è consequenziale all'elevata frequenza negli ultimi otto secoli di eruzioni con flussi lavici propagatisi sotto quota 1.000 metri (almeno 27 eventi). Inoltre, dal 1284 ad oggi ben sette colate drenate da eruzioni di fianco hanno distrutto importanti centri urbani e, di queste sette, quattro sono giunte fino a mare o quasi (fig. 4). All'interno del basso versante orientale

poi, il settore meridionale (Catania ed il suo hinterland) risulta essere la zona a più elevato livello di rischio: è utile ricordare che, delle sette colate sopra menzionate, due hanno parzialmente distrutto la città di Catania (eruzione dei Cafòli, 1381; eruzione dei Monti Rossi, 1669), ed inoltre lo stesso settore è stato interessato da una imponente quanto incontrollata espansione edilizia a partire dagli anni Sessanta; ciò ha bruscamente innalzato il rischio da invasione lavica facendone il settore più esposto.

CARTA DELLA SUSCETTIVITÀ: PRIMA APPROSSIMAZIONE

Si è successivamente proceduto ad un approfondimento analitico del versante in esame esplorando la carta di invasione lavica con una tecnica di finestraggio mobile tramite una griglia a celle esagonali di 1/2 km² parzialmente sovrapposte (ogni vertice di cella coincide con il centro di un'altra cella - fig. 5), ed assegnando poi al centro di ogni cella un valore numerico (peso) differente in funzione del numero di colate presenti al suo interno. Come descritto successivamente, pesi minori sono stati poi assegnati ai campi di lave anteriori al 1284.

E' stata così realizzata (fig. 6) una carta di prima approssimazione della suscettività all'invasione lavica in scala 1:50.000 - in *sensu strictu* la suscettività di un'area ad un evento calamitoso esprime la maggiore o minore tendenza di quest'area rispetto ad un'altra ad essere sottoposta all'evento stesso e, a differenza della pericolosità, viene canonicamente espressa

su basi qualitative (alta, media, bassa) negli studi di hazard (Murck et al., 1996)-.

La carta suddivide l'areale indagato in cinque livelli di suscettività relativa: molto alta: aree invase da più di una colata (max 3) nell'intervallo 1284-Presente; alta: aree invase da una colata nell'intervallo 1284-Presente; media: aree invase da antiche colate storiche (intervallo 693 a.C.-1284 d.C.); bassa: aree invase da lave preistoriche (Mongibello Recente, fino al 693 a.C.); molto bassa: aree con affioranti i prodotti del Mongibello Antico, alluvioni antiche e Chiancone.

I margini degli areali a differente suscettività sono stati regolarizzati tramite smoothing assegnando, per ovvi motivi cautelativi, le fasce di transizione sempre alle aree con maggiore suscettività relativa.

CARTA DEI VINCOLI MORFOLOGICI AL FLUSSO LAVICO

Per introdurre nella carta di suscettività gli elementi morfologici di confinamento e controllo attuale del flusso lavico, è stata successivamente elaborata alla stessa scala (1:50.000) una carta morfologica tematica (fig. 7) che include i probabili schemi di flusso, le aree di convergenza di flusso, i punti critici nello schema di flusso e le aree topograficamente protette da invasione lavica per la presenza di barriere naturali di diversione. Riteniamo interessante, ai fini della gestione di una crisi eruttiva, l'aver individuato diversi sottosettori che abbiamo definito "aree di convoglio dei flussi lavici": si tratta di domini territoriali omogenei nei quali un fronte lavico in ingresso, o più in generale una colata in questi propagante, resta comunque confinata al loro interno. Ciò permette di ottimizzare le scelte operative che una unità di crisi si trova a dover affrontare nel caso di evento in corso.

IL DOCUMENTO CARTOGRAFICO FINALE: LA CARTA DELLA SUSCETTIVITÀ ALL'INVASIONE LAVICA

La carta morfologico-tematica, interpolata con la carta di suscettività preliminare,

ha permesso di apportare sostanziali miglioramenti a quest'ultima incrementando il "peso" nelle aree a convergenza di flusso e riducendolo in quelle topograficamente protette in alcuni settori medio-montani, ed introducendo areali naturalmente difesi da barriere naturali di diversione nei settori costieri.

Il risultato finale di queste elaborazioni è stato la realizzazione della "Carta della suscettività all'invasione lavica del basso versante orientale dell'Etna" (fig. 8), nella quale l'intero settore indagato è stato discretizzato in areali con sei livelli di suscettività relativa (aree topograficamente protette, molto bassa, bassa, media, alta, molto alta) e sono stati inoltre inseriti ulteriori elementi (territoriali e morfologici) utili alla valutazione del rischio.

La lettura di questa carta evidenzia come i centri abitati di Pedara, Nicolosi, Treccastagni e le aree contermini, insieme all'area immediatamente a monte di Zafferana Etnea e Milo, siano i settori del versante a massima suscettività, mentre emergono alcune aree protette da invasioni laviche nell'abitato di Catania, nelle zone di Acireale ed Acicastello, in parte dell'abitato di Riposto ed in un'ampia area a sud di questo.

BIBLIOGRAFIA

AZZARO R., NERI M. (1992) - L'ATTIVITA' ERUTTIVA DELL'ETNA NEL CORSO DEL VENTENNIO 1971-1991. C.N.R., I.I.V., OPEN FILE REPORT, 3/92.

BARBERI F. & VILLARI L. (1994) - VOLCANO MONITORING AND CIVIL PROTECTION PROBLEMS DURING THE 1991-1993 ETNA ERUPTION. IN "THE 1991-1993 ERUPTION", L. VILLARI (Ed.), ACTA VULCANOL., 4.

BARTOLI A. (1892) - SULL'ERUZIONE DELL'ETNA SCOPPIATA IL 9 LUGLIO 1892. BOLL. SOC. METEOR. IT., 2, 11, 12, 169-179.

CARRERA P. (1636) - IL MONGIBELLO DESCRITTO IN TRE LIBRI. G. ROSSI, CATANIA.

CHAIX E. (1893) - L'ERUPTION DE L'ETNA EN 1892. LE GLOBE, 32, 1-28.

CHAIX E. (1902) - CARTA VULCANOLOGICA E TOPOGRAFICA DELL'ETNA. COMPT. MINERALOGIQUE ET GEOLOGIQUE SUISSE, GINEVRA.

CHESTER D.K., DUNCAN A.M., GUEST J.E. & KILBURN C.R.J. (1985) - MOUNT ETNA. THE ANATOMY OF A VOLCANO. CHAPMAN & HALL, LONDON.

CHEVALIER R. (1924) - LES COULEES ANCIENNE DE L'ETNA: CHRONOLOGIE ET TOPOGRAPHIE. REV. GENTILE DES SCI., 35, 230-280.

COCUZZA SILVESTRI S. (1957) - L'APPARATO ERUTTIVO LATERALE DEL 1919 IN VALLE DEL BOVE (ETNA). BOLL. ACC. GIOENIA SCI. NAT., SERIE VI, 3(8),387-412.

COCUZZA SILVESTRI S. (1971) - I RECENTI FENOMENI ERUTTIVI DELL'ETNA E ALCUNI PROBLEMI DI DIFESA VULCANICA. COMUNIC. ACC. GIOENIA 20 NOV., PUBL. CATT. VULCAN. UNIV. CATANIA, 1-8.

CRINO' S. (1907) - BIBLIOGRAFIA STORICO-SCIENTIFICA DELLA "REGIONE ETNEA". ATTI ACC. GIOENIA SCI. NAT., SERIE IV, VOL. XX, CATANIA.

CRISTOFOLINI R., STURIALE C. (1983) - I FENOMENI ERUTTIVI DELL'ETNA DURANTE IL QUADRIENNIO 1977-1980. BOLL. ACC. GIOENIA SCI. NAT., VOL. 16, N.322, CATANIA.

DE FIORE O. (1911) - L'ERUZIONE DELL'ETNA DEL MARZO 1910.

MONDO SOTTERRANEO, 8, 1, 4, 25PP.

DE FIORE O. (1919) - L'ETNA. OFF. TIP. LA STAMPA, CATANIA.

DI BLASI A. (1971) - I DANNI ARRECATI DALL'ERUZIONE ETNEA DEL 1971. ATTI ACC. GIOENIA SCI. NAT., SERIE IV, VOL. 19, CATANIA.

GEMMELLARO C. (1828) - QUADRO ISTORICO TOPOGRAFICO DELLE ERUZIONI DELL'ETNA. ED. LONDON, VOL. 1.

GENTILE-CUSA B. (1886) - SULL'ERUZIONE DELL'ETNA DI MAGGIOGIUGNO 1886. TIP. F. MARTINEZ, CATANIA.

GOTTINI V., RIZZO S., STURIALE C. (1980) - I FENOMENI ERUTTIVI DELL'ETNA NEL SECOLO XVII. ATTI ACC. GIOENIA SCI. NAT., 7, 12, 67-80, CATANIA.

GRILLO M. (1954) - SISTEMA ERUTTIVO E COLATA LAVICA DELL'ETNA DEL 1381. BOLL. ACC. GIOENIA SCI. NAT., 4, 2, 405-419, CATANIA.

IENI R., RASA' R., TRIPODO A., VILLARI L. (1998) - RECENT EFFORTS BY THEMATIC MAPPING IN THE LONG-TERM ASSESSMENT OF RISK DUE TO LAVA STREAMS IN THE SOUTHERN AND EASTERN FLANKS OF ETNA VOLCANO. ATTI INTERNATIONAL MEETING "CITIES ON VOLCANOES", ROME AND NAPLES (ITALY), JUNE 28 TO JULY 4, 1998. ABSTRACT, 72.

IMBO' G. (1928) - OSSERVAZIONI E RICERCHE IN RELAZIONE ALL'ERUZIONE ETNEA DEL 2-20 NOVEMBRE 1929. BULL. VOLC., 1, 15/18, 120-176.

MARAVIGNA C. (1811) - TAVOLE SINOTTICHE DELL'ETNA, CHE COMPREDONO LA TOPOGRAFIA, LA STORIA DELLE ERUZIONI, LA DESCRIZIONE DELLE MATERIE ERUTTATE. ED. ZACCO, CATANIA.

MURCK B.W., SKINNER B.J., PORTER S.C. (1996) - ENVIRONMENTAL GEOLOGY. JOHN WILEY & SONS, INC. NEW YORK.

PONTE G. (1911) - STUDI SULL'ERUZIONE ETNEA DEL 1910. MEM. REALE ACC. LINCEI, 1911.

PONTE G. (1930) - LE RECENTI ERUZIONI DELL'ETNA: NUOVE RICERCHE VULCANOLOGICHE. BOLL. R. SOC. GEOGR. IT., 6, 66, 21-28.

RECLUS E. (1866) - LA SICILE ET L'ERUPTION DE L'ETNA EN 1865. NOUVEAU JOURNAL DES VOYAGES, PARIS, 385-400.

RECUPERO G. (1815) - STORIA NATURALE E GENERALE DELL'ETNA. STAMPA R. UNIV. CATANIA.

RICCO' A. (1902) - RILEVAMENTO TOPOGRAFICO DELLA LAVA DELL'ERUZIONE ETNEA DEL 1892. BOLL. ACC. GIOENIA SCI. NAT., 75, CATANIA.

RITTMANN A., ROMANO R., STURIALE C. (1971) - L'ERUZIONE DELL'ETNA DELL'APRILE-GIUGNO 1971. ATTI ACC. GIOENIA SCI. NAT., SERIE 7, VOL.3, 3-29.

ROMANO R. ET AL. (1979) - CARTA GEOLOGICA DEL MONTE ETNA, SCALA 1:50.000. CNR - PROGETTO FINALIZZATO GEODINAMICA - ISTITUTO INTERNAZIONALE DI VULCANOLOGIA, CATANIA.

ROMANO R., STURIALE C. (1981) - GEOLOGIA DEL VERSANTE SUD-ORIENTALE ETNAO, F 270, IV (NO, NE, SO, SE). BOLL. SOC. GEOL. IT., 100, 15-40.

SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN W. (1880) - DER AETNA. VOL.2 PUBL. PAR VON LASAULX, W. ENGELMAN, LEIPZIG.

SCIUTO PATTI C. (1867) - CARTA GEOLOGICA DELLA CITTA' DI CATANIA E DINTORNI DI ESSA. ATTI ACC. GIOENIA SCI. NAT., 3, 7, 23-52.

SILVESTRI O. (1883) - SULLA ERUZIONE DELL'ETNA SCOPPIATA IL 22 MARZO 1883. TIP. GALATOLA, CATANIA.

TANGUY J.C., POZZI J.P. (1980) - CHRONOLOGIE ET LOCALISATION DES ERUPTIONS HISTORIQUES DE L'ETNA: APPORT DE L'ARCHEOMAGNETISME. 8EME R. ANN. SC. TERRE, MARSEILLE, 337.

TANGUY J.C., PATANE' G. (1984) - ACTIVITY OF MOUNT ETNA, 1977-1983: VOLCANIC PHENOMENA AND ACCOMPANYING SEISMIC TREMOR. BULL. VULCANOL., VOL. 47-4 (2).

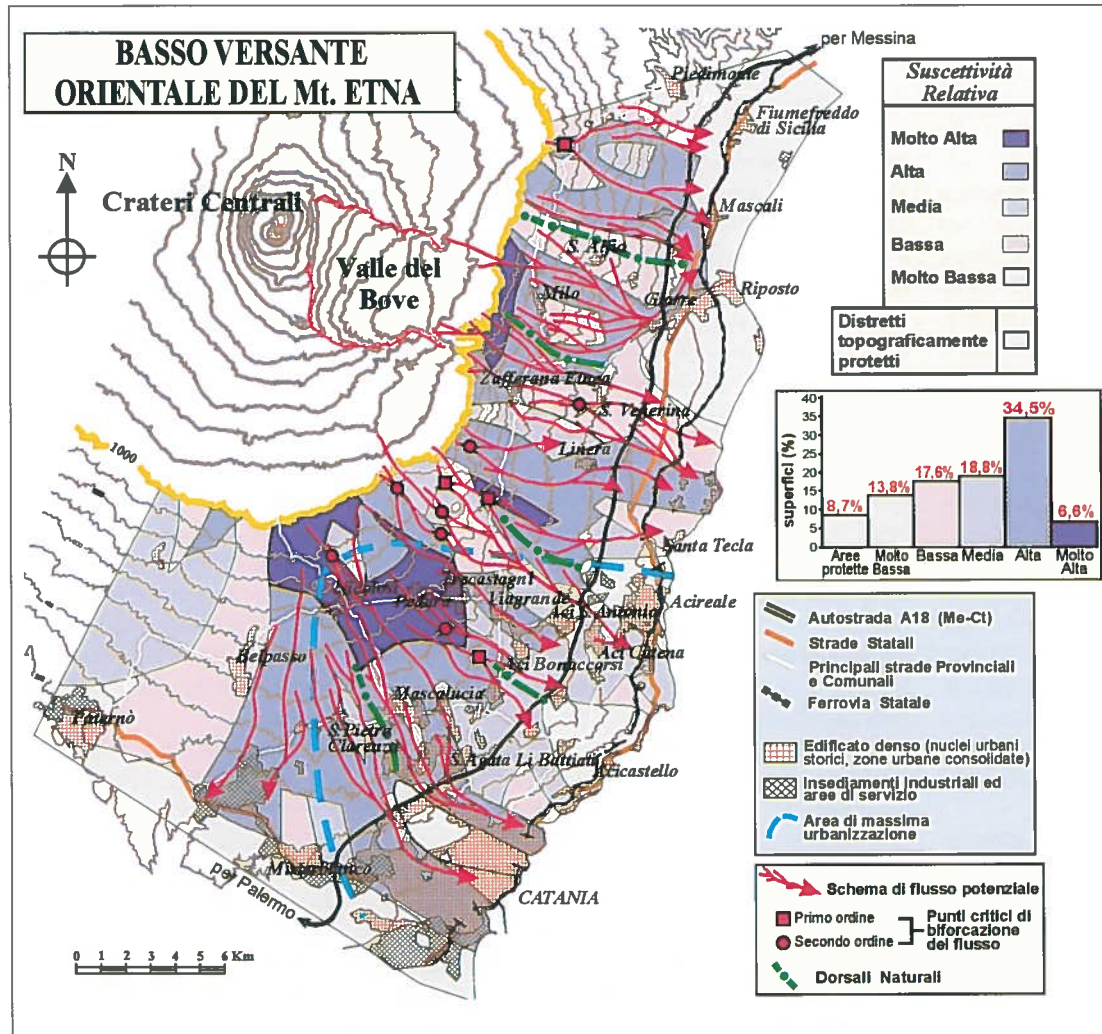


Fig. 8 - Carta della suscettività all'invasione lavica.

PROGETTO "CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO GEOLOGICO ITALIANO" I CENSIMENTI SUI SITI DI INTERESSE GEOLOGICO IN ITALIA, AGGIORNAMENTO A DICEMBRE 2002

MYRIAM D'ANDREA
SERVIZIO GEOLOGICO, A.P.A.T.,

M. DI LEGINIO

Parole chiave: geosito, censimento, conservazione, patrimonio geologico, banca dati.

PREMESSA

Nell'ambito della riorganizzazione istituzionale delle competenze delle pubbliche amministrazioni e degli enti preposti alla tutela e alla valorizzazione del patrimonio naturale, paesaggistico ed ambientale, le Regioni e gli Enti Locali stanno acquisendo sempre maggior rilievo organizzativo ed operativo. Così, fermo restando allo Stato il diritto costituzionale della tutela dell'ambiente (Art. 117 Costituzione, T.U. 490/99) e di conseguenza la possibilità di istituire nuovi parchi nazionali e/o riserve statali (L.394/91), alle Regioni rimane il non semplice compito della valorizzazione delle risorse presenti sul proprio territorio, nonché la possibilità di istituire parchi e riserve di interesse regionale. Allo stesso modo, le comunità locali sono coinvolte direttamente nel processo di formazione e di amministrazione di enti di gestione delle Aree Naturali Protette.

Tale quadro presuppone un sistema conoscitivo ambientale approfondito, di dettaglio regionale e subregionale, ai fini di un'equilibrata programmazione socio-economica e di una pianificazione territoriale non indifferente al sistema delle risorse naturali presenti.

Con l'intento di conoscere e far conoscere quanto sta avvenendo sul territorio

italiano nel campo della tutela e valorizzazione dei beni geologici il progetto "Conservazione del patrimonio geologico italiano" si impegna nel recupero dei dati e metadati relativi a questi, acquisendo al contempo informazioni sul peso che a tali valenze viene attribuita nella pianificazione territoriale.

La presente nota costituisce un aggiornamento (a dicembre 2002) del contributo recentemente pubblicato su *Geologia dell'Ambiente*, Numero speciale "I Geositi" (D'Andrea & Di Leginio, 2002), dedicato all'esame dei censimenti sui siti di interesse geologico in Italia. A questo si rimanda pertanto il lettore curioso di conoscere quanto già espresso in merito alle motivazioni che hanno determinato l'avvio di attività di censimento dei geositi in Italia, rinviandolo ancora ad altre aggiornate letture che gli consentiranno una panoramica sul crescente interesse per i geositi da parte delle amministrazioni italiane (Brancucci & Burlando, 2001; Gisotti & Massoli Novelli, 1997; Massoli Novelli 1999, 2001; Zarlenga, 1996; Zarlenga & D'Andrea, 1999).

La Tabella 1, in cui si è cercato di sintetizzare il contenuto della nota, riassume lo stato delle conoscenze a dicembre 2002: relativamente alle istituzioni, agli enti ed alle organizzazioni impegnati nei censimenti. Suc-

cessivi aggiornamenti vengono riportati sul sito del Progetto "Conservazione del patrimonio geologico italiano": www.dstn.it/sgn/u_ricerca/conservazione.htm.

Non è qui possibile riportare, per comprensibili ragioni di spazio, le numerose segnalazioni reperibili in letteratura o giunte direttamente al Progetto, che riguardano sia singoli geositi che estese aree di interesse geologico. Vengono invece citati nel testo, a titolo di esempio e fuori tabella, alcuni "monumenti naturali" ed altre tipologie di aree protette a dichiarata valenza geologica, che rientrano nell'ambito dei censimenti esaminati. Una doverosa e più puntuale trattazione dell'argomento è prevista nell'ambito del progetto, ma richiederà senz'altro un esame più approfondito ed un'argomentazione mirata.

Si perdoni quindi agli autori l'inevitabile incompletezza della sintesi, imputabile in parte al fermento che negli ultimi tempi sta interessando la segnalazione e la valorizzazione dei geositi: il compito che questi si sono assunti, di censire i censimenti, è decisamente ingrato, se solo si riflette che un censimento dei geositi non può mai considerarsi veramente terminato e che piuttosto va visto come un flusso dinamico di informazioni da aggiornare continuamente.

STATO	REGIONI	PROVINCE e altri ENTI LOCALI	Università/Musei/Istituti di Ricerca	Organizzazioni ed enti vari	AREE PROTETTE
Ministero per i Beni e le Attività Culturali; censimenti relativi alle leggi 1089/39 e 1497/39	Valle d'Aosta	P. Torino	Univ. di Pavia- Dip. Scienze della Terra	ProGEO-SEZIONE ITALIANA	P.N.R. del M.te Avic
	Lombardia	P. Milano	Univ. Torino Dip. Scienze della Terra di Torino-CNR-IRPI		P.N.R. Campo del Fiori
	Liguria	P.A. Trento	Univ. Genova- Dip. Polis - Centro Documentazione Geositi	Ente Gestioni Parchi e Riserve Nat. Astigiani	P.N.R. dell'Aveto
Ministero per l'Ambiente; Elenco Ufficiale delle Aree Naturali Protette; Siti di Importanza Comunitaria (S.I.C.) Progetto Natura 2000	Emilia Romagna	P. Venezia	Museo Tridentino di Scienze Naturali	Consorzio "Val Bomida"	P.N.R. del Beigua
		P. Modena	Univ. di Modena e di Reggio Emilia - Dip. Scienze della Terra	Comitato Glaciologico	P.N. Foreste Casentinesi, Falterona e Campigna
	Toscana	P. Grosseto	Univ. di Siena - Dip. Scienze della Terra		P.N.R. delle Alpi Apuane
	Umbria		Univ. di Firenze - Dip. Scienze della Terra		
Agenzia per l'Ambiente e per i Servizi Tecnici (ex Servizio Geologico del Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali)	Marche	Comunità Montana del Catra e del Nerone	Museo Civico Brancaleoni (Piobbico)/Soprintendenza Archeologica delle Marche	Ass. per il Parco Geomin. Storico ed Ambientale della Sardegna	P.N.R. Gole della Rossa e di Frasassi
	Lazio - Centro Regionale Documentazione e Agenzia Regionale Parchi	Comune di Roma	Univ. di Camerino - Dip. Scienze della Terra		P.N. dei Sibillini
		P. Chieti	Univ. di Urbino - Dip. Scienza della Terra		P.N. del Gran Sasso e Monti della Laga
	Abruzzo	P. Matera	Univ. de L'Aquila - Dip. Scienze Ambientali		P.N.R. Sirente-Velino
	Campania	P. Potenza	Univ. di Chieti "G. D'Annunzio" - Dip. Scienze della Terra		P.N. della Majella
Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca - COFIN 2001 "Geomorfositi"; COFIN 2001 "Geoeventi"	Calabria	P. Cagliari	Univ. di Napoli Federico II	S.I.G.E.A. Unità operative in Friuli V. Giulia, Liguria, Toscana, Umbria, Abruzzo, Basilicata, Puglia, Calabria, Sicilia	P.N. del Matese
	Sicilia		Il Univ. di Napoli (sede di Caserta)		P.N.R. del Taburno - Camposauro
	Sardegna		Univ. Messina - Dip. Scienze della Terra		P.N. del Gargano
			Univ. Cagliari - Dip. Scienze della Terra		Parco Geominerario Storico ed Ambientale della Sardegna
		E.N.E.A. - Dip. Ambiente			

Tab.1 - Inventario degli enti e delle organizzazioni operativi nel censimento dei siti di interesse geologico.

CENSIMENTI REALIZZATI SU SCALA NAZIONALE

Un censimento sistematico nazionale dei siti geologici non si può dire avviato in Italia, mancando di fatto una normativa unica, condivisa e quindi utilizzata per tutti i censimenti; ciò, nonostante che la L. 6 dicembre 1991 n. 394 stabilisca che costituiscono il patrimonio naturale le formazioni fisiche, geologiche, geomorfologiche e biologiche, o gruppi di esse, che hanno rilevante valore naturalistico e ambientale" (art. 1, comma 2) e che pertanto i territori in cui queste sono presenti debbano essere sottoposti ad uno speciale regime di tutela allo scopo "di perseguire la conservazione di singolarità geologiche, di formazioni paleontologiche... di valori scenici e naturali, di equilibri idraulici e idrogeologici, etc.", e la promozione di attività di educazione, di formazione e di ricerca scientifica" (Art. 1, comma 3); e che la stessa Leg-

ge L. 394/91 preveda, nell' Art. 3, la realizzazione della "Carta della natura", strumento (utilizzato dal Ministro dell'Ambiente nei suoi compiti di programmazione territoriale) finalizzato ad individuare lo stato dell'ambiente attraverso la definizione dei valori naturali e dei profili di vulnerabilità territoriale e che per definire in modo esauritivo, efficace e pertinente tali valori sono da acquisire e valutare anche i siti di interesse geologico, non ancora presenti tra i dati territoriali, nonostante il disposto della legge.

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO

Censimenti sono senz'altro da considerare l'Elenco Ufficiale delle Aree Naturali Protette di cui il 3° aggiornamento (Delibera n. 993 del 20/07/2000) è pubblicato sulla G.U. n. 19 del 24.01.2001

/Se. Gen./n.18 e l'Elenco dei Siti di Importanza Comunitaria (S.I.C.) avviato a seguito del recepimento della Direttiva "HABITAT 92/43/CEE e ratificato con D.M. 3 aprile 2000, in cui compaiono numerosi siti a preminente valenza geologica.

MINISTERO PER I BENI E LE ATTIVITÀ CULTURALI

A seguito della L.431/85 (Legge "Galasso") il Ministero per i Beni e le Attività Culturali ha avviato un censimento informatizzato (denominato ATLAS) della vincolistica nazionale, in particolare della L. 1497/39. I vincoli della L. 1497/39 sono stati acquisiti nel sistema informativo territoriale ATLAS, come elementi poligonali sulla base della cartografia I.G.M. 1:25.000V e georeferenziati in ED50 UTM32; codificati secondo criteri legati alla denominazione, alla numerazione progressiva ed all'appartenenza geografica, hanno, nella tabella degli attributi, un campo di link ad un file di testo, che rimanda al decreto di vincolo, ed un campo "descrizione sintetica" da cui si può desumere, con interrogazione SQL, l'appartenenza all'insieme dei "geositi".

AGENZIA PER L'AMBIENTE E PER I SERVIZI TECNICI-A.P.A.T. (EX SERVIZIO GEOLOGICO DEL DIPARTIMENTO PER I SERVIZI TECNICI NAZIONALI)

Sulla base delle competenze attribuitegli dalla Legge 183/89 "Legge sulla difesa del suolo" e dai successivi D.D.P.R. 85/91 e 93/106 il Servizio Geologico ha considerato prioritario individuare, quei siti e quelle categorie di emergenze geologiche meritevoli di considerazione e di tutela, organizzando un sistema di dati e metadati restituibile sotto forma di informazioni utili per un loro efficace inserimento nella pianificazione del territorio, anche in funzione di auspicabili sviluppi di valorizzazione dei siti stessi, attivando con tale finalità nell'anno 2000 il Progetto "Conservazione del patrimonio geologico italiano" (D'Andrea, 2000; D'Andrea & Angelelli, 2001; Auteri & Al., 2001; D'Andrea & Di Legginio, 2002; D'Andrea & Lisi, 2002; D'Andrea, Lisi & Luger, 2002; D'Andrea & Al, 2002).

IL PROGETTO "CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO GEOLOGICO ITALIANO"

- svolge attività e promuove studi in materia di monumenti geologici e siti di interesse geologico s.l.

- raccoglie ed organizza i dati sui siti di interesse geologico, recuperando ed omogeneizzando i censimenti realizzati da regioni ed enti locali ed attivando un nuovo

censimento su scala nazionale (Brancucci & D'Andrea, 2002);

- elabora proposte normative per la catalogazione dei geositi e la definizione di metodi, criteri e standard per l'acquisizione informatizzata e la sistematizzazione della documentazione esistente;

- realizza la ricognizione e la georeferenziazione (G.I.S.) dei dati inerenti il patrimonio geologico su cartografia ufficiale;

- lavora alla creazione di un polo di riferimento per gli operatori pubblici e privati che a vario titolo operano nel campo della conoscenza, tutela, valorizzazione, restauro e gestione dei siti di interesse geologico;

- si propone di offrire assistenza tecnica e metodologica a Regioni ed Enti Locali relativamente alla conoscenza e valorizzazione del patrimonio geologico.

Ha pertanto attivato accordi e convenzioni con enti, istituzioni ed associazioni che a vario titolo sono impegnati nella conoscenza del patrimonio geologico ed nella conservazione e valorizzazione delle emergenze "non riproducibili" del territorio italiano. Tra questi:

- la convenzione tra Servizio Geologico e Dipartimento Polis dell'Università degli Studi di Genova Laboratorio Polis - Centro di Documentazione Geositi, per la "Realizzazione di un inventario dei geositi italiani da conseguire tramite l'acquisizione in modo uniforme di elementi di conoscenza, finalizzato alla realizzazione di una banca dati nazionale del patrimonio geologico italiano" (uno dei prodotti della convenzione è l'acquisizione informatizzata delle prime 400 schede, relative a siti, già segnalati in letteratura, delle regioni Emilia Romagna, Lazio, Liguria e Sardegna)

- la convenzione tra Servizio Geologico e Dipartimento di Scienze della Terra di Roma 1 finalizzata all'individuazione dei "Criteri per la caratterizzazione di un sito ad impronte di vertebrati", ad una "proposta di procedura per la dichiarazione di interesse scientifico per la messa a tutela del sito, ed all'identificazione degli elementi tecnici minimali necessari". Il sito in studio è l'affioramento ad impronte di dinosauri del Cretacico superiore nella Cava Pontremoli di Altamura (Bari);

- l'accordo tra Servizio Geologico e Società Speleologica Italiana (SSI) - Onlus, finalizzato all'individuazione ed alla schedatura dei geositi ipogei naturali ed alla definizione di criteri normativi per l'acquisizione di elementi di conoscenza relativi al patrimonio speleologico italiano";

- la collaborazione tra Servizio Geologico e Agenzia Regionale Parchi (A.R.P.) - Regione Lazio, finalizzata al "Censimento dei siti di interesse geologico nelle Aree Protette del Lazio e nelle aree a queste limitrofe sede di significative testimonianze geologiche";

- la partecipazione al Progetto MIUR-COFIN 2001 "Geositi nel paesaggio italiano: ricerca, valutazione e valorizzazione" (coordinato dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Modena e Reggio Emilia), inserito nell'unità operativa del Dipartimento Polis dell'Università di Genova per il sottoprogetto: "Geositi nel paesaggio ligure ed esempi nazionali a valenza economico-antropica: ricerca, valutazione e valorizzazione";

- la convenzione, non ancora perfezionata, con il Museo di Storia Naturale dell'Università di Firenze, per "l'Elaborazione di una metodologia finalizzata all'individuazione dei criteri per la definizione di tipologie di siti di interesse mineralogico in Italia ed alla realizzazione di un censimento in aree campione, da conseguire attraverso la sperimentazione della metodologia individuata";

- la convenzione, non ancora perfezionata, con il Laboratorio di rocce ornamentali del Dipartimento di Scienze Geologiche dell'Università degli Studi Roma 3, per la realizzazione dell'"Inventario dei siti di provenienza di materiale lapideo utilizzati nel patrimonio dei beni culturali finalizzato alla realizzazione di una banca dati nazionale";

- la collaborazione con la Società Geologica Italiana - Commissione di stratigrafia per la segnalazione in situ e la valorizzazione dei Global Stratotype Sections and Points (GSSP) presenti in territorio italiano. Il primo che verrà preso in considerazione, è il GSSP del limite Pliocene-Pleistocene affiorante nella sezione di "La Vrica" (Crotone).

PROGRAMMI DI RICERCA INTERUNIVERSITARI, CO-FINANZIATI DAL MINISTERO DELL'ISTRUZIONE, DELL' UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA

COFIN 2001 - Questo programma di ricerca co-finanziato dal M.I.U.R. dal titolo "Geositi nel paesaggio italiano: ricerca, valutazione e valorizzazione" e coordinato dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Modena e Reggio Emilia, vede coinvolte cinque sedi universitarie: Cagliari, Genova, Modena e Reggio Emilia, Pavia e Urbino.

Si propone di studiare comparativamente alcune aree italiane tramite l'individuazione e lo studio, in ciascuna di esse, dei beni geomorfologici (geomorfositi). Più in particolare intende proporre una metodologia per il rilevamento, la selezione, la catalogazione e la valutazione di questi beni; prevede infine la progettazione di itinerari di conoscenza, tutela e valorizzazione di alcuni dei siti selezionati. E' da sottolineare che diverse unità di ricerca prevedono il coinvolgimento ufficiale di Enti pubblici ex-

tra-universitari (Servizio Geologico Nazionale, E.N.E.A., Regioni, Province etc.), sotto forma sia di collaborazione scientifica che di partecipazione finanziaria (Bertacchini, Coratza & Piacente, 2002b; Panizza & Piacente, 2002).

COFIN 2001 - Questo programma di ricerca co-finanziato dal M.I.U.R. come il precedente, dal titolo "Goeventi nella storia mesozoica della Tetide occidentale: interpretazione e valorizzazione" e coordinato dal Dipartimento di Scienze della Terra di Torino, vede coinvolte le sedi universitarie di Trieste, Urbino, Firenze, Perugia, Roma 1 e Palermo.

Il progetto riguarda la ricerca di metodologie utili per individuare, sincronizzare, interpretare e valorizzare gli eventi che hanno cadenzato il divenire del Sistema Terra nel Mesozoico medio e superiore. Da un lato intende ricostruire l'evoluzione geodinamica e paleoambientale di settori strutturali omologhi dell'area centro-mediterranea, dalle Alpi meridionali all'Appennino centrale, sino alle unità "africane" della Sicilia occidentale (selezionando gli episodi più significativi in termini dinamici, per poi sincronizzarli attraverso studi interdisciplinari e qualificarli come goeventi di risonanza globale o regionale), dall'altro lavora nell'individuare località o areali che possano costituire modelli di materializzazione dei goeventi correlati nei settori in corso di studio. Il progetto di ricerca si raccorda con il programma I.U.G.S. "Global Geosites", che sviluppa a livello europeo una strategia di geoconservazione finalizzata alla salvaguardia dei "monumenti geologici", o geositi; in quest'ottica il progetto assume una particolare valenza in quanto può sopperire all'esigenza di una metodologia che definisca per specifici settori di applicazione i criteri di selezione dei goeventi e delle realtà geotipiche. (Martire. Ed. 2002; Pavia G. & Cresta Eds., 2002; Santantonio Ed., 2002).

ORGANIZZAZIONI CHE OPERANO A LIVELLO NAZIONALE

Il **Comitato Glaciologico** ha individuato e segnalato in situ alcuni sentieri glaciologici, dotati di guida, in diverse regioni dell'arco alpino (Arzuffi, 2000; Arzuffi, Canetta & Montrasio, 1997; Canetta & Montrasio, 1996; Diolaiuti & Al., 2002; Servizio Glaciologico Lombardo, 1992; Scortegagna, 2001; Secchieri, 1998; Smiraglia, 1995).

Società Italiana di Geologia Ambientale (SIGEA) Nell'ambito della Società di Geologia Ambientale (S.I.G.E.A.) opera, con diverse unità operative il Gruppo di Ricerca Geositi attivo in diverse regioni italiane: Friuli, Liguria, Toscana, Umbria, Abruzzo, Calabria, Puglia, Basilicata e Sicilia. Questo gruppo, inserito nell'unità operativa

del Dipartimento Polis, collabora al COFIN 2001, impegnato nella segnalazione e valorizzazione dei "Geomorfositi finalizzati agli itinerari geologici" (SIGEA, 2002).

PROGETTI DI CENSIMENTO CONDOTTI IN AMBITO DI REGIONI, PROVINCE, AREE PROTETTE

REGIONE PIEMONTE

Provincia di Torino La Provincia di Torino, in convenzione con il C.N.R.-I.R.P.I. e con il supporto del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino ha promosso e realizzato un progetto finalizzato alle proposte di valorizzazione di beni geologico-geomorfologici presenti nel territorio provinciale, conclusosi, nella sua fase di metodo, nella primavera 2001. Fra le diverse forme individuate ed analizzate, sono state anche oggetto di censimento forme indotte da fenomeni di instabilità naturale: la motivazione che ha spinto a valorizzare anche questo tipo di forme risiede nella convinzione che, soprattutto in un'area altamente dinamica qual è il territorio montano della Provincia di Torino, sia importante rimuovere il convincimento di un mondo pietrificato, ma in realtà a volte drammaticamente dinamico (come ha dimostrato l'alluvione del 2000). E' stata inoltre realizzata una guida a schede (10). Tale progetto denominato "I geositi della Provincia di Torino - proposte di valorizzazione" ha partecipato e vinto (ex-equo con il progetto della Provincia di Modena) il Premio "GEOSITI" FI-ST 2001 (Giardino, Mortara & De Renzo, 2002).

L'Università di Pavia, nell'ambito del COFIN 2001 (geomorfositi) sta realizzando un primo censimento dei geomorfositi della Provincia di Pavia ed "a maglie larghe" della Regione Piemonte, partendo da un'approfondita analisi della letteratura esistente.

Una collaborazione tra l'Ente Gestione Parchi e Riserve Naturali Astigiani e il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino è stata finalizzata alla realizzazione di un censimento dei beni culturali a carattere geologico del settore regionale Collina di Torino, I geositi riconosciuti verranno posizionati su cartografie di sintesi e di dettaglio, che indicativamente possono essere rappresentate da una carta generale a scala 1:100.000, da prodursi in allegato, e in carte di maggior dettaglio da accludersi alla scheda informativa, in scala 1:25.000 e 1:10.000.

REGIONE VALLE D'AOSTA

La Regione ha previsto per il Piano Paesistico Territoriale (P.P.T.) un censimento sui siti di interesse naturalistico tra cui 45 siti di interesse eminentemente geologico. Inoltre ha recentemente approvato l'esecu-

zione dello studio a campione di tre geositi in vista della loro valorizzazione: calanchi di Saint Nicolas, la frana di Champlong (Cogne) e le rocce limate da ghiacciaio (Bard) (Regione Valle d'Aosta, 2002).

Il P.N.R. del Mont Avic ha realizzato l'inventario dei siti mineralogici e comprende nel suo territorio tre S.I.C. tra cui gli ambienti ofiolitici d'alta quota.

REGIONE LOMBARDIA

Regione Lombardia. E' stata la prima regione italiana a promuovere un censimento dei beni geologici ed a dettare norme di tutela non solo sulla flora spontanea e fauna minore, ma anche sugli ambienti lacustri e fluviali e sui biotopi e geotopi (Regione Lombardia, 1977, 1982). Il lavoro di individuazione e censimento fu coordinato da una commissione appositamente costituita: la "Commissione di studio per la predisposizione del primo elenco dei biotopi e dei geotopi", che nel 1978-79 individuò 35 siti, molti dei quali godono oggi di provvedimento di tutela (Regione Lombardia, 2000); tra questi 20 monumenti naturali e numerose aree protette a dichiarata valenza geologica, tra cui il 1° Parco paleontologico della regione, quello di Cene, vincolato dal Ministero dei Beni Culturali dal 1974 (da cui proviene l'Eudimorphodon ranzii (primo e più antico rettile volante trovato in Italia).

Provincia di Milano La provincia di Milano attraverso lo strumento del PTC intende promuovere la tutela dei geositi, quali monumenti naturali ai sensi dell'art. 25 della L.R. 86/1983, realizzare un censimento di geositi secondo specifiche linee guida e promuovere interventi per la fruizione dei geositi con la partecipazione di soggetti pubblici e privati interessati.

Il P.T.C. della Provincia di Milano, pone tra gli obiettivi generali e strategici la valorizzazione paesistica, che trova nel paesaggio la base di valutazione su cui misurare la qualità dello sviluppo insediativo ed economico: in quest'ottica si inseriscono gli indirizzi di tutela, conservazione e valorizzazione dei geositi, contenuti nell'art. 52 delle sue Norme di attuazione. Una ricerca condotta in collaborazione con l'Università degli Studi di Milano - Dip. di Scienze della Terra, ha permesso di analizzare 3 siti rappresentativi dei principali fenomeni geologici che hanno formato il territorio provinciale, selezionati per rilevanza scientifica e paesistica (affioramenti di conglomerato presso Porto d'Adda, il cordone morenico presso Camparada, il Sasso di Guidino. Per ciascuno di essi, oltre alla descrizione, è stata fatta una breve valutazione degli elementi gestionali, atti a migliorarne le condizioni e rendere possibile una fruizione rispettosa e consapevole (Bini & Al., 2002).

Il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pavia: ha catalogato 120

geomorfositi nell'ambito del Progetto COFIN 2001 "Geomorfositi" (Boni et Al., 2002) e sta conducendo ricerche finalizzate alla segnalazione di siti geomorfologici nella Catena delle Grigne (Laureti, 2002).

Il Parco Regionale Campo dei Fiori ha censito all'interno del proprio territorio 4 siti di interesse geologico.

REGIONE FRIULI - VENEZIA GIULIA

La SIGEA è impegnata nell'individuazione di itinerari geologici e nel censimento dei geomorfositi dal Delta del Tagliamento al Parco delle Risorgive (De Lotto & Masoli-Novelli (2002).

REGIONE VENETO

La Provincia di Venezia sulla base della L. R. n. 61/85, in attuazione del PTP, ha realizzato il censimento dei siti di interesse naturalistico e geologico: sono stati individuati 11 emergenze di cui 8 a dichiarata valenza geologica (Bassan & Scortegagna, 1999).

REGIONE TRENTO ALTO ADIGE

Provincia Autonoma di Trento Il Servizio Geologico della Provincia Autonoma di Trento lavora alla realizzazione di una "carta dei geomorfositi" a piccola scala (1:150.000) della Provincia di Trento.

Nel novembre 2001 è inoltre partito un progetto biennale di catalogazione dei geositi a valenza geomorfologica in provincia di Trento (regolato da una convenzione tra Museo Tridentino di Scienze Naturali e Università di Pavia) che si propone per la fine del 2003, la realizzazione di un catasto dei geomorfositi (Avanzini & Al., 2002).

Segnalazioni di siti di interesse geologico sono presenti negli "Itinerari naturalistici e geografici attraverso le montagne italiane" (Cartòn & De Luigi, 1980).

REGIONE LIGURIA

La Regione Liguria (Dipartimento pianificazione territoriale, paesistica ed ambientale) di concerto con la Società Datasiel, ha promosso nel 1999 il progetto "Ecozero" finalizzato all'attuazione di un archivio integrato delle informazioni territoriali esistenti nelle aree obiettivo 2 della Regione Liguria. Nell'ambito di questo progetto il Centro di Documentazione Geositi del Dipartimento Polis dell'Università degli Studi di Genova ha realizzato il censimento dei Geositi delle aree individuate. Il censimento, redatto esclusivamente su base bibliografica con nuove integrazioni, ha previsto una valutazione sull'interesse scientifico primario secondo una graduatoria suddivisa in: raro, rappresentativo ed esemplificativo. Sono stati rilevati complessivamente 191 geositi tra i quali 5 rari, 26 esemplificativi e 160 rappresentativi. Mancano, sotto il profilo tipologico, elementi relativi alle categorie: mine-

ralogia, sedimentologia e vulcanologia; gli autori, a questo riguardo, ci tengono a precisare che il "non censimento" non significa nel modo più assoluto che in zona non esistono geositi di una certa categoria (Branucci & Burlando, 2001).

Il Parco Naturale Regionale dell'Aveto (Liguria orientale) ha realizzato, nell'ambito degli studi propedeutici del Piano del Parco, il "Censimento dei beni a carattere geologico": 107 siti segnalati (1998);

Il Parco Naturale Regionale del Beigua (Liguria occidentale) ha realizzato "l'Inventario dei geositi" nell'ambito degli studi propedeutici del Piano: 71 siti segnalati (2001);

Il Consorzio Val Bormida Leader ha realizzato la "Guida ai siti geologici" primo censimento nella Bormida Ligure aree di obiettivo 5b (Liguria occidentale): 46 siti censiti ((GAL, 2001).

La SIGEA è impegnata nell'individuazione dei geomorfositi dell'Altopiano delle Manie (Savona).

REGIONE EMILIA ROMAGNA.

Il primo censimento dei beni naturali a scala regionale risale agli anni '80 quando l'Istituto regionale per i Beni Artistici Culturali e Naturali della Regione (I.B.A.C.N.), ha individuato le aree ad elevato contenuto naturalistico, suddivise per ambito provinciale e catalogate in schede, contenenti oltre alla descrizione degli ambiti in questione, informazioni utili per la gestione del bene stesso e del territorio circostante (I.B.A.C.N., 1982). Da tale catalogazione è derivato il "Censimento preliminare delle aree di interesse geologico" (Poli, 1981) che ha costituito una delle basi conoscitive per la delimitazione delle "zone naturalistiche" del Piano Territoriale Paesistico Regionale.

Una convenzione del 1999 tra il Servizio Valorizzazione e Tutela del Paesaggio della Regione ed il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Modena e Reggio Emilia ha prodotto, tra l'altro, un nuovo censimento, a scala regionale, dei maggiori siti di interesse geologico-geomorfologico, che riconsidera ed aggiorna i precedenti (quello dell'I.B.A.C.N. e della Provincia di Modena). Tale progetto dal suggestivo titolo "Memorie della Terra, la Terra della Memoria" ha partecipato e vinto (ex-aequo con il progetto della Provincia di Torino) il Premio "GEOSITI" FIST 2001.

Provincia di Modena. Nel 1982 l'Assessorato Difesa del suolo e dell'ambiente della provincia di Modena pubblica la Relazione sullo stato dell'ambiente in cui è presente

- un elenco delle principali emergenze naturalistiche; di ognuna viene indicata la tipologia di interesse; per quanto concerne la geologia l.s.: geologico-morfologico, petrografico-mineralogico, minerario-economico, idrogeologico, paleontologico (Nora &

Al., 1982).

- uno studio sulle principali evidenze geomorfologiche (Cartòn, 1982).

Una successiva ricerca condotta dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Modena e Reggio Emilia in collaborazione con l'Assessorato "Difesa del suolo e Tutela dell'Ambiente" della Provincia di Modena ha portato alla segnalazione e schedatura di 124 geositi, suddivisi in 5 gruppi principali: 1) beni geomorfologici, 2) fluidi sotterranei, 3) esposizioni di valore stratigrafico e strutture sedimentarie, 4) esposizioni di strutture tettoniche, 5) ofioliti. I risultati dell'indagine sono stati pubblicati nel Volume "I beni geologici della Provincia di Modena", uscito in occasione del 40° Anniversario dell'istituzione presso l'Università di Modena del Corso di Laurea in Scienze Geologiche (Bertacchini et Al., 1999; Bertacchini, Coratza & Piacente, 2002).

Va inoltre ricordato che il Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campagna ha promosso in collaborazione con la Regione Emilia Romagna, il censimento delle emergenze geomorfologiche dell'area protetta (Cazzoli, 1998) ed ha realizzato la Carta degli "Itinerari geologico-ambientali nel Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi" (alla scala 1: 60.000). Sono stati individuati 5 itinerari (il Parco, tutela un ampio territorio del crinale tosco-romagnolo in parte compreso nella Provincia di Firenze (Regione Emilia Romagna & Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campagna, 2002).

Tra le Riserve regionali istituite per dichiarati motivi "geologici s.l." citiamo: la R.N. del Piacenziano (istituita nella Valle dell'Arda, Piacenza, per tutelare l'affioramento tipo delle "Argille azzurre" plioceniche); P. R. Gessi Bolognesi e Calanchi dell'Abbadessa.

REGIONE TOSCANA

La Regione Toscana in Convenzione con il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Firenze (2000) ha promosso una ricerca finalizzata alla stesura di linee guida per il censimento dei siti geologici della Regione Toscana (Moretti, Reale & Rossi, 2001).

Le Province di Siena e Grosseto hanno firmato una convenzione con il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Siena finalizzata alla valorizzazione dei beni culturali a carattere geologico: per la Provincia di Grosseto sono stati individuati un centinaio di geositi, valutati di interesse regionale e nazionale.

Per la Provincia di Siena lo studio ha riguardato i geositi ricadenti nel territorio delle Riserve Naturali. Il lavoro è in corso di realizzazione ma si sono ottenuti già alcuni risultati significativi quali l'individuazione di

un "itinerario di lettura ambientale".

Il Parco Naturale Regionale delle Apuane ha avviato il censimento dei geositi meritevoli di tutela all'interno del Parco inserendolo all'interno della più vasta problematica dei criteri di selezione, con l'intento di orientare le azioni di organismi internazionali e locali, verso la conservazione e la valorizzazione della geodiversità dei luoghi: sono stati censiti 12 geositi che riguardano in particolar modo miniere, torbiere e siti di interesse geomorfologico. (Amorfini & Isola, 2001; Orlandi & Dini, 2001). I risultati del censimento hanno avuto influenza sull'elaborazione e sulle scelte urbanistiche e paesistiche del Piano per il Parco delle Alpi Apuane. Tracce evidenti di ciò si rilevano non solo nella cartografia e nelle proposte di gestione delle attività estrattive, ma pure negli indirizzi di tutela delle Norme Tecniche di Attuazione e negli articoli specificamente dedicati allo stesso tema dal Regolamento del Parco (Amorfini, Bartelletti & Guazzi, 2002).

Citiamo in Toscana il Parco Minerario dell'isola d'Elba ed il Parco Archeo-minerario di San Silvestro in Val di Cornia (Livorno) che ha realizzato una serie di itinerari archeominerari provvisti di tabelle illustrative.

La SIGEA è impegnata nel censimento delle cave storiche del Macigno.

REGIONE UMBRIA

La Regione Umbria con la L. R. del 24 marzo 2000 n. 27, Art. 16 Comma 1 ("Aree di particolare interesse geologico e singolarità geologiche") tutela gli ambiti caratterizzati da aree di particolare interesse geologico e da singolarità geologiche, indicati nella carta n. 11 allegata al Piano Urbanistico Territoriale (P.U.T.). Individua 43 siti di interesse geologico tra cui geomorfositi carsici, siti di interesse idrogeologico e paleontologico. Tra questi: il Parco e Museo Vulcanologico di San Venanzo (Terni): il "vulcano bonsai" di San Venanzo in cui la roccia che forma la colata lavica, la "venanzite", prende appunto il nome da questo sito (Stoppa e Sforza, 2001); il Parco del Monte Cucco (il parco delle grotte) e la Foresta fossile di Dunarobba costituita da 50 esemplari di tronchi di conifere (Taxodium) ben conservati ed in posizione fisiologica del Pliocene superiore (Ambrosetti & Al., 1995; Brondi & Brondi, 1999).

Il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Perugia sta sviluppando ricerche finalizzate all'individuazione dei principali geomorfositi della regione (Gregori & Al. 2002).

REGIONE MARCHE

La Regione Marche, nell'ambito della stesura del Piano Paesistico Ambientale Regionale, ha previsto una specifica attività di censimento che ha consentito la segna-

lazione di 74 emergenze geologiche e 74 emergenze geomorfologiche (Regione Marche, 1991). I parametri che hanno condizionato la scelta delle emergenze sono stati: l'interesse scientifico, le valenze naturalistico - ambientali associate ad elementi geologici, geomorfologici ed idrogeologici, quindi il valore didattico e la rarità nell'ambito del territorio indagato.

Il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Camerino si è attivato nella realizzazione di materiale didattico sui geositi del Parco Naturale Regionale della Gola della Rossa e di Frasassi e su quello del Parco Nazionale dei Monti Sibillini (Sanpaolesi & Farabollini, 2002), nonché nella segnalazione dei "vulcanelli di fango" (Farabollini, Materazzi & Scalella (2002). In particolare per quanto riguarda il Parco della Gola della Rossa, sono state segnalate 4 nuove emergenze geologiche rispetto al P.P.A.R., e 9 geomorfologiche, di cui 2 nelle immediate adiacenze del Parco. Relativamente a questi geositi altri dati provengono dall'Università di Urbino (Coccioni, 2001). Altre ricerche condotte dall'Università di Urbino riguardano l'individuazione di siti a valenza geomorfologia nella catena carbonatica (Monte Nero-Monte Catria) e nella Val Marecchia (Nesi & Al., 2002).

Sulla "Carta dei sentieri e degli itinerari turistico-naturalistici del Monte Nerone" realizzata dalla Comunità Montana del Catria e del Nerone sono stati segnalati ed ubicati 11 geositi (Comunità Montana del Catria e del Nerone, 1998; Cresta, 1999)

E' attualmente in elaborazione una convenzione tra la Soprintendenza Archeologica delle Marche ed il Museo Civico Brancaloni (Piobbico, PU) per la individuazione, valorizzazione e gestione dei siti di interesse paleontologico e la catalogazione dei fossili da essi provenienti, conservati presso il depository del Museo.

Il Consorzio Parco Naturale Conero e la Provincia di Ancona hanno realizzato la "Carta Geologica del Parco con itinerari escursionistici di interesse geologico (N.O.S.E., 1999). Nel Parco del Conero è segnalata in situ e protetta la sezione dello stratotipo (G.S.S.P.) dell'Eocene-Oligocene nella cava di Massignano (Coccioni, 2001; Montanari & Sandroni, 1995).

La SIGEA è impegnata nel censimento dei geositi tra la gola di Frasassi ed il Monte Catria.

REGIONE LAZIO

Centro Regionale per la Documentazione. Presso il Dipartimento alla Cultura, Turismo e Spettacolo e Sport dell'omonimo Assessorato della Regione Lazio, opera dal 1995 il Centro Regionale per la Documentazione per i Beni Culturali ed Ambientali (C.R.D.). Riorganizzato con la Legge Re-

gionale n. 39/91, il C.R.D. annovera tra le numerose competenze proprio quella di censire e catalogare il patrimonio geologico del Lazio, utilizzando fondi propri, stanziati in un apposito capitolo del bilancio regionale (Casto, 1999; 2002).

Le prime campagne di censimento realizzate dal Centro in collaborazione con l'E.N.E.A.-Dipartimento Ambiente (1985-1995) hanno interessato la media valle del Tevere (Casto & Zarlenga, 1992), i Colli Albani (Casto e Zarlenga, 1996), le Pianure Pontina e Fondana ed i Monti Ausoni meridionali (Casto & Zarlenga, 1997). Successivamente l'indagine si è estesa ai Monti Lepini, Ausoni ed Aurunci (dati in pubblicazione) ed all'area del distretto vulcanico sabatino. Attualmente la ricerca interessa i comuni delle province di Rieti e di Viterbo ed i Monti Prenestini.

Agenzia Regionale Parchi (A.R.P.) Presso l'Agenzia è attivato, nell'ambito "Pianificazione Ambientale", un programma pluriennale (2002-2005) di geoconservazione, nel contesto della revisione del Piano regionale dei Parchi, strumento di programmazione generale del Sistema delle Aree Protette, per individuare tutte le azioni di natura progettuale, gestionale, organizzativa e finanziaria utili all'attuazione del Sistema.

In particolare nella sua prima fase (anno 2002) il programma geositi ha provveduto all'acquisizione georeferenziata nella banca dati dell'Agenzia Regionale Parchi su base CTR alla scala 1:10.000 degli elementi geologici già individuati, ricavati dall'analisi della letteratura scientifica, considerando geositi (potenziali Monumenti Naturali) i luoghi oggetto di studi e ricerche di settore o comunque relazionati ad un percorso di interpretazione geologica. Lo studio preliminare è stato adottato con Delibera della Giunta Regionale n. 1100 del 2 agosto 2002 e pubblicato sul Suppl. Ord. al Bollettino Ufficiale della regione Lazio n. 3 del 30 gennaio 2003.

A ciascun "punto di interesse geologico" individuato sarà attribuito un valore propeudeutico al suo inserimento, assieme agli altri indicatori utili alla caratterizzazione del sistema, in una matrice costruita per la valutazione di sostenibilità ambientale. Saranno quindi elaborate, di concerto con l'Università "La Sapienza" e la Terza Università di Roma, le linee guida per la redazione di piani di gestione e regolamenti dei geositi per la loro classificazione al rango di Monumenti Naturali.

Successivamente il programma di geoconservazione prevede la costruzione di una rete interpretativa, finalizzata all'informazione ed educazione all'ambiente, i cui nodi materializzano geositi scelti nell'ambito dei punti sensibili censiti. La scelta avverrà nell'ambito di temi interpretativi ri-

guardanti l'edificio litostratigrafico e paleoambientale della successione sedimentaria, l'assetto strutturale, il paesaggio geologico, gli edifici vulcanici, la risorsa idrica, le grotte e i fenomeni carsici.

Comune di Roma. Il Comune di Roma - Dipartimento Ambiente in collaborazione con l'E.N.E.A. - Dipartimento Ambiente, il Dipartimento di Scienze della Terra di Roma 3 e la SIGEA, ha realizzato la "Carta delle unità di paesaggio geologico e dei geotipi della campagna romana" (alla scala 1:50.000), che segnala e scheda 23 siti di interesse vulcanico (tra cui la Rupe Tarpea al Campidoglio), paleontologico, idrogeologico, sedimentologico (Comune di Roma & E.N.E.A., 1997).

Altre segnalazioni di siti di interesse geologico nel viterbese provengono dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Chieti (Stoppa et Al., 2001).

REGIONE ABRUZZO

Con la convenzione stipulata nel 1996 tra Regione Abruzzo e Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università de L'Aquila sono stati censiti e schedati 200 siti di interesse geologico, distribuiti nelle quattro province della regione. I geositi sono stati segnalati in maggior numero nelle aree montane (L'Aquila 40%, Teramo 25%) rispetto a quelle costiere (Chieti 18%, Pescara 15%). Data la presenza in Abruzzo di tre parchi nazionali, di un parco regionale e di numerose riserve naturali (D'Andrea, Di Legino e Miccadei, in stampa), circa il 40% dei geositi censiti risulta inoltre compreso in territori di area protetta. Il 50% dei siti censiti sono geomorfositi, legati principalmente alla presenza di numerose rocce carbonatiche interessate da fenomeni carsici. Per lo stesso motivo risultano consistenti anche i geositi di tipo idrologico-idrogeologico (15%), paleontologico (12%) e stratigrafico (9%) (Burri, 2001; Massoli-Novelli & Al., 1996; 1998; 1999). I dati, in attesa che la Regione completi l'iter burocratico per l'inserimento nella propria banca dati, non ancora recepiti dalla Regione, sono disponibili presso il Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università.

Provincia di Chieti: Nell'ambito della collaborazione tra la Provincia di Chieti - Settore Urbanistica ed il Gruppo "Geomundia" del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università "G. D'Annunzio" di Chieti è stata stipulata una convenzione, la cui prima fase di attuazione è stata completata (1999) con la consegna della documentazione relativa a 58 schede, di cui 50 del territorio in Provincia di Chieti e 8 in Provincia di Pescara. Le altre due fasi di cui consta il progetto comporteranno l'individuazione di sinergie con altre emergenze culturali, risorse economiche presenti o attivabili sul territorio. Lo scopo finale è quello di costi-

ture una rete organizzata ed integrata dei geositi che caratterizzeranno il "Parco culturale" della Regione Abruzzo.

Parco Nazionale della Macella. Negli Studi preliminari per l'elaborazione del Piano del Parco sono stati considerati gli aspetti geologici e sono stati proposti 17 geositi: tra cui geomorfositi, siti di interesse stratigrafico, località fossilifere, siti con manifestazioni di idrocarburi (P. N. della Majella, 1999).

Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga. Ha promosso la realizzazione di diversi itinerari geologici lungo la catena.

Parco Naturale Regionale Sirente - Velino. In occasione della redazione di una serie di studi geologici per il Piano del Parco, coordinati dal Dipartimento Ingegneria Ambiente e Territorio (D.I.S.A.T.) dell'Università dell'Aquila, è stato effettuato un primo censimento che ha portato all'individuazione di 36 geositi (Lorè et alii, 2002).

La Soprintendenza Archeologica per l'Abruzzo (Chieti) ha censito 46 geositi, tra cui numerosi siti paleontologici con fauna a vertebrati, segnalando sia giacimenti che reperti isolati, all'aperto ed in grotta, del Pleistocene, faune associate ad industria litica del Paleolitico e giacimenti miocenici (Agostini, in stampa). L'informatizzazione in corso avviene su schede in ambiente GIS ArcView. Tra i siti censiti sono stati valorizzati i siti di Palena, San Salvo, Pollutri, Bucchianico, Valle dell'Orta e Scontrone.

La Soprintendenza sta inoltre lavorando al Progetto "Geositi GIS Abruzzo" (finanziato con fondi ordinari del Ministero per i Beni e le Attività Culturali), con la collaborazione di I.N.F.A. e W.W.F. per il censimento e la revisione dei beni culturali a carattere geologico dell'Abruzzo; alcuni geositi particolarmente meritevoli o delicati sono oggetto di approfondimento e di rilievo a scala di dettaglio, per proporre il vincolo o tutelarli all'interno di strumenti urbanistici sia provinciali che comunali. Già operanti sono, nella provincia di Chieti, un vincolo ex Legge 1089 a Palena, ed "indirizzi" all'interno dei P.R.G. di Bucchianico (calanchi) e di San Salvo (costa, foce e dune) (Agostini, Di Menna & Pinelli, 2001). Analogo progetto ha avuto inizio anche nella provincia di Pescara e si prevede di avviare nell'anno 2003 nella provincia di L'Aquila e nell'anno 2005 nella provincia di Teramo.

REGIONE CAMPANIA

Una convenzione tra Regione Campania e Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Napoli "Federico II" ha permesso la realizzazione di un progetto di "Indagine conoscitiva sui beni geo-ambientali del P. N. R. del Matese e P.N.R. del Taburno-Camposauro". Per il P. del Matese sono stati individuati e schedati 28 siti, avviando per alcuni la proposta di valoriz-

zazione, sono state inoltre realizzate alcune carte tematiche tra cui geologica, geomorfologica e dei percorsi (Amore O. et Al, 2001).

In particolare nel Parco Naturale Regionale del Matese è stato istituito nel 2001 il Parco Geo-paleontologico di Pietrarroia (Benevento), per tutelare il patrimonio paleontologico e naturalistico presente (Bravi & Del Re, 2001).

Sono inoltre in corso studi e tesi relative alla segnalazione ed al censimento dei siti di interesse geologico anche da parte dell'Università del Sannio e censimenti sui siti di interesse geopaleontologico nell'Appennino campano da parte del Dipartimento di Scienze Ambientali della Seconda Università degli Studi di Napoli (sede Caserta) (Ruberti & A.I., 2002).

REGIONE MOLISE

Presso il Dipartimento di Scienze e Tecnologia per l'Ambiente ed il Territorio dell'Università del Molise sono in corso ricerche e tesi relativi alla segnalazione di geomorfositi.

REGIONE PUGLIA

Il Parco Nazionale del Gargano ha commissionato per il Piano del Parco il censimento dei siti di interesse geologico: sono stati segnalati 40 siti. Più in particolare è in atto una collaborazione tra il Parco, il comune di Lesina e l'Università "G. D'Annunzio" di Chieti, finalizzata alla valorizzazione dell'area di Lesina e di Punta delle Pietre Nere, dove affiora una delle rare testimonianze di attività magmatica paleocenica in Italia (Vichi, Stoppa & Rosatelli, 2001).

Nell'ambito del progetto "Conservazione del patrimonio geologico italiano" nell'anno 2000 è stata stipulata una convenzione tra il Servizio Geologico Nazionale e l'Università di Roma 1, finalizzata allo "studio degli elementi tecnici minimali per la procedura per la dichiarazione di interesse scientifico per la messa a tutela di un sito ad impronte di vertebrati": il sito scelto per estensione di affioramento e per numero di tracce è stato cava Pontremoli ad Altamura (Bari), noto già a livello internazionale per la ricchezza di impronte di Dinosauri e per le implicazioni nella paleogeografia del Cratacico superiore (Nicosia et Al., 1999).

La SIGEA è impegnata nel censimento di geomorfositi in provincia di Foggia, nel Parco del Gargano (Massoli-Novelli & Al., 2001) nel territorio di Ostuni (Soldani, Simone, Sansò & Mastronuzzi, 2002).

REGIONE BASILICATA

La Provincia di Potenza sta acquisendo per il Piano di Coordinamento Territoriale della Provincia elementi di conoscenza per il censimento dei geositi del proprio com-

presorio (Santoro, 2002; Stoppa, Suanno & Venanzoni, 2001).

La SIGEA ha condotto il censimento, prevalentemente su base bibliografica, dei siti geologici della Provincia di Matera, sia sulla fascia costiera che nell'entroterra (Masiello, 2002) e sta attivamente lavorando anche nella provincia di Potenza ed in altre aree della regione (Caroli & Al., 2002).

REGIONE CALABRIA

Per questa regione si da notizia dell'idea Progetto: "Individuazione, conservazione e valorizzazione culturale e turistica delle località di maggior interesse geologico (geositi e geoparchi) della Regione Calabria", proposta, nell'ambito del P.O.R. 2000 - 2006, Misura 1.10 - Rete ecologica Regione Calabria, dall'Assessorato all'Urbanistica ed all'Ambiente Regione Calabria, dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università della Calabria e dal Servizio Geologico - A.P.A.T. In una fase preliminare sono stati individuati, nel comprensorio delle 5 province, 15 geositi (Procopio & Crisci Mirocle, 2002).

Va inoltre citato un progetto voluto dal Comune di Crotona ed in via di realizzazione, finalizzato alla valorizzazione della sezione tipo, affiorante in località "La Vrica", dello stratotipo del limite Pliocene-Pleistocene (GSSP).

La SIGEA è impegnata nel censimento dei geositi nella provincia di Cosenza (Comite & Al., 1996) e di Crotona.

REGIONE SICILIA

La Regione Sicilia ha dimostrato grande sensibilità nei confronti della tutela dei beni geologici: numerose sono le riserve individuate e protette dalla Regione per la loro valenza geologica, ne citiamo alcune: il Parco Naturale Regionale dell'Etna (D.P.R.S. 17 marzo 1987, n.37); il Parco Minerario "Floristella-Grottaacalda" (L.R. n. 17 del 15 maggio 1991) nella Provincia di Enna; la Riserva Naturale Integrale Geologica di Contrada Scaleri (D.A.R.T.A. n.587/44 del 1 settembre 97) nella Provincia di Caltanissetta; numerose aree carsiche e cavità naturali tra cui Grotta di Entella, Grotta Conza, Grotta Monello, Grotta della Molara, Grotta del Garrone e Zubbione della Pizzuta, Grotta dei Puntali, Grotta di S. Ninfa, Grotta di Carburangeli, Monte Conca (Regione Siciliana, 1990).

Nell'ambito della convenzione (D.A.n.565/DRU del29/12/99) stipulata tra Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Siciliana ed il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Messina, è stata elaborata una "Carta di prima attenzione dei geotopi della Sicilia" alla scala 1:250.000, nell'ottica di servire come punto di riferimento per la realizzazione del Piano Urbanistico e Territoriale della Regione

Sicilia: in questa vengono individuati 203 siti di interesse geologico (Bonfiglio, Tripodo & Triscari, 2001).

In Sicilia risultano inoltre recepite sia la Legge quadro 6 maggio 1981 n. 98 "Norme per l'istituzione nella Regione Siciliana di Parchi e Riserve naturali", sia il più recente D.M. 3 aprile 2000 del Ministero per l'Ambiente, per l'individuazione dei siti sensu Direttive 92/43 CEE e 79/409/CEE.

La SIGEA. è impegnata nel censimento dei geositi nelle Isole Eolie (Canessa, Masoli-Novelli & Pipitone, 2001).

Si coglie l'occasione per ricordare che le Isole Eolie (ad oggi tutte aree protette della Regione Sicilia) sono state inserite nella World Heritage List (UNESCO) nell'anno 2000 per motivi dichiaratamente geologici (N) in quanto "their island' volcanic landforms represent classic features in the continuing study of volcanology worldwide".

REGIONE SARDEGNA

La Regione Autonoma della Sardegna, ai sensi della Legge Regionale n.31/89 ha indicato un elenco di aree di rilevante interesse naturalistico e di monumenti naturali (22) tra cui numerosi a carattere geologico-geomorfologico, istituiti con successivi appositi decreti.

L'Università di Cagliari ha quindi redatto censimenti in diverse aree dell'isola (Meilogu-Lagudoro, Sarrabus, Golfo di Orosei, Monti del Sulcis), perfezionando criteri metodologici finalizzati al rilevamento dei monumenti geologici e geomorfologici (Barca, Di Gregorio & Cannillo, 1992; Barca, Di Gregorio & Montis, 1995). Tali criteri sono articolati in una classificazione di carattere genetico, che comprende tipi derivanti da fenomeni endogeni, stratigrafici, paleontologici, minerogenetici, esogeni, antropici o, infine poligenetici (Barca & Di Gregorio, 1991; Burlando, 2000).

Il lavoro svolto ha prodotto una prima sintesi sui "Monumenti naturali della Sardegna" (1997) ed una seconda sintesi più in dettaglio (150 schede) per il territorio della provincia di Cagliari (Barca & Di Gregorio, 1999). Una sintesi più recente riguarda i geomorfositi dell'isola (Di Gregorio & Ulzeaga, 2002, cum biblio).

Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio con D.M. 16 ottobre 2001 ha istituito nella Regione Sardegna il "Parco geominerario storico ed ambientale della Sardegna" (Boi & Al., 1995), riconosciuto dall'UNESCO come 1° Parco Geominerario della rete mondiale dei Geositi-Geoparchi, in attuazione del disposto dell'Art. 114 comma 10, l parte della L. 23.12.2000, n. 388, la cui gestione è affidata ad un consorzio costituito dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, dal Ministero delle Attività Produttive, dal Ministero dell'Istruzione,

dell'Università e della Ricerca, dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali, dalla Regione Autonoma della Sardegna, dalle province e dai comuni interessati, dalle università di Cagliari e Sassari. Il Parco è composto da 8 aree distribuite sul territorio della Regione.

Si segnala inoltre la realizzazione da parte del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Cagliari di una "Carta delle località di interesse paleontologico della Provincia di Cagliari" (Cannas, Di Gregorio & Spano, 1989) e la segnalazione, in collaborazione con il Laboratorio di Geografia dell'Università di Sassari, di geomorfositi subacquei nel Parco dell'Arcipelago de la Maddalena, e nelle Aree Marine Protette di Capo Caccia-Punta Giglio, Tavolara-Capo Coda Cavallo e Capo Carbonara (Orru, Panizza & Ulzeaga, 2002).

CONCLUSIONI

La sintesi presentata nel lavoro, è da considerarsi quale aggiornamento dello stato dell'arte delle conoscenze del Progetto "Conservazione del patrimonio geologico italiano" relativamente all'attività di censimento dei beni geologici i.s. in Italia. E' il risultato parziale e provvisorio di un'analisi condotta sull'intero territorio nazionale avvalendosi delle ricerche, delle collaborazioni e delle convenzioni attivate in ambito al progetto stesso, nonché dei rapporti che il progetto ha creato con il "Network geositi", una rubrica dedicata all'universo di quanti sono impegnati nella conoscenza, segnalazione, valorizzazione e gestione delle emergenze geologiche (www.dstn.it/sgn/u_ricerca/conservazione.htm).

Il metodo di lavoro risente in prima istanza della procedura nel reperimento dei dati, essendo questa tipologia di informazioni spesso "nascosta" all'interno degli strumenti di pianificazione territoriale e comunque legata alla diversa esigenza di ciascun ente rispetto alla conoscenza del proprio territorio, nonché alle finalità dell'ente stesso di valorizzazione e di gestione del patrimonio geologico; al contempo scelta e numero delle segnalazioni sono strettamente legate alla preparazione scientifica specialistica del rilevatore, che porta nell'esperienza di censimento il proprio back-ground.

Si possono considerare del resto ancora esperienze isolate le "scuole" per il censimento dei beni geologici in Italia; interessanti iniziative in tal senso sono state promosse e realizzate

- da alcune Università: 1) il Corso di Laurea in Scienze dei Beni Culturali, istituito dalla Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali dell'Università di Modena e Reggio Emilia (www.scienzebeniculturali.unimo.it) ed 2) il "Modulo sulla Conservazione del patrimonio geologico", attivato nel Corso di Geo-

morfologia Applicata della Facoltà di Architettura dell'Università di Genova (www.arch.unige.it);

- dalla Regione Lazio: il C.R.D. forma i propri rilevatori per il censimento dei geositi;
- da organizzazioni private: la SIGEA organizza corsi di aggiornamento professionale legati alla conoscenza e gestione dei geositi italiani (www.sigea.org).

Rinviando ad un successivo approfondimento l'analisi quantitativa e qualitativa dei censimenti effettuati e dei beni censiti, è possibile per ora osservare che:

- regioni, enti locali (prevalentemente province) ed enti parco sono, a vario titolo, interessati alla conoscenza ed alla valorizzazione del proprio patrimonio geologico, in prima istanza per finalità di pianificazione territoriale: Piano Paesistico Ambientale Regionale (P.P.A.R.), Piano Urbanistico Territoriale (P.U.T.), Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.), Piano del Parco, Piano Regionale dei Parchi;
- la comunità scientifica, più sensibile di un tempo alle esigenze delle comunità locali, risponde a queste attivandosi in un rapporto collaborativo, semplificando all'occorrenza il linguaggio tecnico;
- organizzazioni private si mobilitano e si organizzano per individuare e censire i beni geologici e per promuovere azioni di tutela e di valorizzazione;
- la presenza nella World Heritage List - U.N.E.S.C.O. delle Isole Eolie, per motivazioni dichiaratamente geologiche, o il riconoscimento, sempre da parte dell' U.N.E.S.C.O del "Parco geominerario storico ed ambientale della Sardegna" (come 1° Parco Geominerario della rete mondiale dei Geositi-Geoparchi), costituisce un primo passo per promuovere formalmente il patrimonio geologico italiano al di fuori del contesto nazionale.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

AGOSTINI, S. (IN STAMPA) - CARTA DEI SITI PALEONTOLOGICI CON FAUNA A VERTEBRATI. GUIDE DELLA SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA. REGIONE ABRUZZO

AGOSTINI S., DI MENNA G. & PINELLI C.A. (2001) - LA VALORIZZAZIONE DI UN GEOSITO: I CALANCI E LE PINCIARE DELLE RIPE DELLO SPAGNOLO (BUCCIANICO-ABRUZZO). 3° FORUM NAZIONALE DI SCIENZE DELLA TERRA, "GEOITALIA" (CHIETI 2001), SESSIONE "STRATEGIE DI GEOCONSERVAZIONE", ABSTRACT, Pp.489-490.

AMBROSETTI P., BASILICI G., CIANCHEROTTI A.D., CODIPIETRO G., CORONA E., ESU D., GIROTTI O., LO MONACO A., MENEGHINI M., PAGANELLI A. & ROMAGNOLI M. (1995) - LA FORESTA FOSSILE DI DUNAROBBA (TERNI, ITALIA CENTRALE). CONTESTO LITOSTRATIGRAFICO, SEDIMENTOLOGICO, PALINOLOGICO, DENDROCRONOLOGICO E PALEOMALACOLOGICO. IL QUATERNARIO. ITALIAN JOURNAL OF QUATERNARY SCIENCES, 8, 465-508, ROMA.

AMORE O., ANZALONE E., BARBERA C., CAVALLO S., CONTE M., DONADIO C., FIANO V., MASSA B., NAZZARO R., PETTI C., RAIA P., RUGGIERO E., SGROSSO I., TADDEI R., TADDEI A., TANGREDI R., VARRIALE A. & VIGLIOTTI M. (2001) - INDAGINE CONOSCITIVA SUI BENI PALEONTOLOGICI E NATURALISTICI DEI PARCHI REGIONALI DEL MATESE E DEL TABURNO-CAMPOSAURO, ATTI GEOITALIA 2001, Pp.491-492.

- AMORFINI A., BARTELETTI A. & GUZZI E. (2002) - LE CAVE ANTICHE DELLE ALPI APUANE COME GEOSITI: TIPIZZAZIONE DEI LAPIDEI STORICI. ABSTRACT, CONVEGNO "LA GEOLOGIA AMBIENTALE: STRATEGIE PER IL NUOVO MILLENNIO" (GENOVA, 27-29 GIUGNO, 2002), P.107.
- AMORFINI A. & ISOLA I. (2001) - PRIMO CENSIMENTO DI GEOSITI MERITEVOLI DI TUTELA DELLE APUANE. ABSTRACT, CONVEGNO DI STUDI PER LA CANDIDATURA DELLE ALPI APUANE A UNESCO-GEOPARK, MARINA DI CARRARA (10-11 OTTOBRE 2001), PP.10
- ANGELELLI F. & D'ANDREA M. (2001) - PROGETTO SGN "CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO GEOLOGICO ITALIANO. INVITO ALLA PALEONTOLOGIA. PALEOITALIA, VOL. 5, PP.
- ARNOLDUS HUYZENDVELD A., GISOTTI G., MASSOLI NOVELLI R. & ZARLENGA F. (1995) - I BENI CULTURALI A CARATTERE GEOLOGICO: I GEOTIPI. UN APPROCCIO CULTURALE AL PROBLEMA. GEOLOGIA TECNICA & AMBIENTALE, VOL. 4, PP. 35-47.
- ARZUFFI L., CANETTA N. & MONTRASIO A. (1997) - LANZADA DAL BERNINA ALLO SCALINO. IL SENTIERO GLACIOLOGICO AL FELLARIA E DIECI ESCURSIONI IN VALMALENCO. LYSIS, SONDRIO.
- ARZUFFI L. (2000) - GHIACCIAI DA SCOPRIRE. LOMBARDIA. VIVALDA, TORINO.
- AUTERI M., BRANCUCCI G., D'ANDREA M. & LUGERI N. (2001) - BANCA DATI NAZIONALE DEI SITI GEOLOGICI. 3° FORUM NAZIONALE DI SCIENZE DELLA TERRA, "GEOITALIA" (CHIETI 2001), SESSIONE "STRATEGIE DI GEOCONSERVAZIONE", ABSTRACT, PP.493-494
- AVANZINI M., CARTÒN A., SEPPI R. & TOMASONI R. (2002) - FIRST CENSUS OF GEOSITES IN THE PROVINCE OF TRENTO. PROCEEDINGS, WORKSHOP "GEOMORPHOLOGICAL SITES: RESEARCH, ASSESSMENT AND IMPROVEMENT", POSTER SESSION, MODENA 19-22GIUGNO 2002, P.36.
- BARCA S. & DI GREGORIO F. (1991) - PROPOSTA METODOLOGICA PER IL RILEVAMENTO DEI MONUMENTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI. BOLLETTINO A.I.C., N.83, TODI
- BARCA S. & DI GREGORIO F. (1999) - I PAESAGGI E MONUMENTI GEOLOGICI DELLA PROVINCIA DI CAGLIARI. EDITRICE SAR-EDIT, CAGLIARI
- BARCA S., DI GREGORIO F., CANNILLO C. (1992) - RILEVAMENTO E VALUTAZIONE DEI MONUMENTI GEOLOGICI E GEO-MORFOLOGICI DEL MEIOLOGU-LOGUDORO (SARDEGNA NW). BOLLETTINO DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA DI CARTOGRAFIA, N. 86, SETT.-DIC. 1992, PP. 71-84
- BARCA S., DI GREGORIO F. & MONTIS S. (1995) - RILEVAMENTO E VALUTAZIONE DEI MONUMENTI GEOLOGICI E GEO-MORFOLOGICI DEL SARRABUS (SARDEGNA SE) COME CONTRIBUTO AL GIS (SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE) ED ALLA PIANIFICAZIONE AMBIENTALE. IN: BRANDIS P., SCANU G. (A CURA DI): LA SARDEGNA NEL MONDO MEDITERRANEO, PATRON EDITORE (BOLOGNA), PP. 231-252 .
- BASSAN V. & SCORTEGAGNA U. (1996) - CENSUS OF "GEOTIPI" IN PROVINCE OF VENICE. ABSTRACT, 2ND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE "CONSERVATION OF OUR GEOLOGICAL HERITAGE", ROMA, 20-22 MAGGIO 1996, P. 10.
- BERTACCHINI, CORATZA & PIACENTE S. (2002A) - I BENI GEOLOGICI COME ESPRESSIONE E VEICOLO CULTURALE PER TUTTI. UN PROGETTO IN EMILIA ROMAGNA. GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, N. SPECIALE "I GEOSITI" ANNO X, N. 2/2002, PP. 18-21, ROMA
- BERTACCHINI, CORATZA & PIACENTE S. (2002B) - AN EXPERIMENTAL DATA SHEET FOR THE INVENTORY OF GEOMORPHOSITES PROPOSED BY COFIN 2001 RESEARCH GROUP "GEOSITES IN THE ITALIAN LANDSCAPE RESEARCH, ASSESSMENT AND IMPROVEMENT". PROCEEDINGS, WORKSHOP "GEOMORPHOLOGICAL SITES: RESEARCH, ASSESSMENT AND IMPROVEMENT", POSTER SESSION, MODENA 19-22GIUGNO 2002, P.36.
- BERTACCHINI M., GIUSTI C., MARCHETTI M., PANIZZA M. & PELLEGRINI M. (1999) - I BENI GEOLOGICI DELLA PROVINCIA DI MODENA. UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MODENA E REGGIO EMILIA, DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA, PROVINCIA DI MODENA, ASSESSORATO DIFESA DEL SUOLO E TUTELA DELL'AMBIENTE, ARTIOLI EDITORE, MODENA.
- BINI A., GHIRINGHELLI R., GUSSONI S., SACCHI L. & STRINI A. (2002) - I GEOSITI NEL PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE DELLA PROVINCIA DI MILANO. ABSTRACT, CONVEGNO "LA GEOLOGIA AMBIENTALE: STRATEGIE PER IL NUOVO MILLENNIO" (GENOVA, 27-29 GIUGNO, 2002), P.116.
- BONFIGLIO L., TRIPODO A. & TRISCARI M. (2001) - CARTA DI PRIMA ATTENZIONE DEI GEOTIPI (GEOSITO) DELLA SICILIA ALLA Scala 1:250.000. ASSESSORATO PROVINCIALE TERRITORIO E AMBIENTE, REGIONE SICILIA, D.A. 565/DRU DEL 29.12.99.
- BONI P., CARTÒN A., LAURETI L., PELLEGRINI L., VERCESI P. & ZUCCA F. (2002) - CENSUS OF GEOSITES IN LOMBARDY. PROCEEDINGS, WORKSHOP "GEOMORPHOLOGICAL SITES: RESEARCH, ASSESSMENT AND IMPROVEMENT", POSTER SESSION, MODENA 19-22GIUGNO 2002, PP.40-41.
- BRAVI S. & DEL RE M.C. (2001) - L'ESCURSIONE AL PARCO GEOLOGICO PALEONTOLOGICO DI PIETRARROIA E VALLE DEL TITERNO. COMUNE DI CUSANO MUTRI (BN)- MUSEO CIVICO DEL TERRITORIO, PP. 1-29.
- BRONDI A. & BRONDI F. (1999) - THE FOSSIL FOREST OF DUNAROBBA (TERNI, CENTRAL ITALY). SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA, MEM. DESCR. CARTA GEOL. D'ITALIA, LIV (1999), PP. 97-100.
- BURLANDO M. (2000) - GEOSITI ED AREE PROTETTE. IN: I GEOSITI: DEFINIZIONE, GESTIONE, TUTELA. CORSO DI AGGIORNAMENTO PROFESSIONALE SIGEA, ROMA OTTOBRE 2000
- BOI G., ALBA L., ANGELELLI F., CASTELLI P., DEL BONO G.L., DI GREGORIO F., MELIS R., NAPOLEONE I., NASEDDU A., PINTUS S., SANNA C. & TODDE F. (1995) - IL PARCO GEOMINERARIO, AMBIENTALE E STORICO DELL'IGLESIENTE-SULCIS-GUPSINESE. 369-421. IN: LA SARDEGNA NEL MONDO MEDITERRANEO. QUARTO CONVEGNO INTERNAZIONALE DI STUDI, PIANIFICAZIONE E AMBIENTE, SASSARI-ALGHERO, 15-17 APRILE 1993; A CURA DI P.BRANDIS E G. SCANU.
- BRANCUCCI G. & BURLANDO M. (2001) - LA SALVAGUARDIA DEL PATRIMONIO GEOLOGICO. SCELTA STRATEGICA PER IL TERRITORIO. L'ESPERIENZA DELLA LIGURIA. FRANCO ANGELI EDITORE, PP. 1-96.
- BRANCUCCI G. & D'ANDREA M. (2002) - NATIONAL PROJECT: "PROTECTION OF THE ITALIAN GEOLOGICAL HERITAGE". THE TEST FORM FOR THE GEOSITES INVENTORY. PROCEEDINGS, WORKSHOP "GEOMORPHOLOGICAL SITES: RESEARCH, ASSESSMENT AND IMPROVEMENT" (MODENA, 19-22 GIUGNO 2002), 42-43
- BURRI E. (2001) - INVENTORY OF IMPORTANT KARST GEOLOGICAL MONUMENTS AS PART OF THE CENSUS OF GEOSITES DESERVING PROTECTION IN THE REGION OF ABRUZZO (CENTRAL ITALY). PROCEEDINGS, 13th INTERNATIONAL CONGRESS OF SPELEOLOGY. BRASIL
- CANESSA A., MASSOLI-NOVELLI R. & PIPITONE M. (2001) - STROMBOLI: IL PRIMO SENTIERO GEOLOGICO-STORICO DELLE ISOLE EOLIE (DA GINOSTRA A SECCHIE DI LAZZARO). 3° FORUM NAZIONALE DI SCIENZE DELLA TERRA, "GEOITALIA" (CHIETI 2001), SESSIONE "STRATEGIE DI GEOCONSERVAZIONE", ABSTRACT, PP.494-495.
- CANETTA N. & MONTRASIO (1996) - CHIAREGGIO. IL PARCO GEOLOGICO DELLA VALMALENCO E IL SENTIERO GLACIOLOGICO DEL VENTINA. LYSIS, SONDRIO.
- CANNAS E., DI GREGORIO F. & SPANO C. (1989) - CARTA DELLE LOCALITÀ DI INTERESSE PALEONTOLOGICO DELLA PROVINCIA DI CAGLIARI. DIP. SCIENZE DELLA TERRA UNIV. CAGLIARI.
- CAROLI I., GALLICCHIO S., GIRONE A., MAIORANO P., MARINO M., SOLDANI D. & STEFANELLI S. (2002) - IL PATRIMONIO GEOLOGICO-CULTURALE DEI CALANCI DI MOTALBANO IONICO (BASILICATA, SUD ITALIA). ABSTRACT, CONVEGNO "LA GEOLOGIA AMBIENTALE: STRATEGIE PER IL NUOVO MILLENNIO" (GENOVA, 27-29 GIUGNO, 2002), PP.121-122.
- CARTÒN A. (1982) - PRINCIPALI EVIDENZE GEOMORFOLOGICHE DELLA PROVINCIA DI MODENA. AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI MODENA, ASSESSORATO DIFESA DEL SUOLO E DELL'AMBIENTE (1982), RELAZIONE SULLO STATO DELL'AMBIENTE NELLA PROVINCIA DI MODENA, GRAFICHE ZANNI, BOLOGNA
- CARTÒN A. & DE LUIGI E. (1980) - ITINERARI NATURALISTICI E GEOGRAFICI ATTRAVERSO LE MONTAGNE ITALIANE. TRENTO, C.A.I., ARTI GRAFICHE TAMARI, BOLOGNA
- CASTO L. (1999) - THE INVENTORY OF THE GEOLOGICAL CULTURAL HERITAGE OF THE LATIUM REGION. SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA, MEM. DESCR. CARTA GEOL. D'ITALIA, LIV (1999), 295-298
- CASTO L. (2002) - REGIONE LAZIO: ATTIVITÀ PER I GEOSITI DEL CENTRO REGIONALE PER LA DOCUMENTAZIONE DEI BENI CULTURALI ED AMBIENTALI. GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, N. SPECIALE "I GEOSITI" ANNO X, N. 2/2002, PP. 36, ROMA
- CASTO L. & ZARLENGA F. (1992) - I BENI CULTURALI A CARATTERE GEOLOGICO NELLA MEDIA VALLE DEL TEVERE. ENEA, DIPARTIMENTO AMBIENTE - REGIONE LAZIO, ASSESSORATO ALLE POLITICHE PER LA PROMOZIONE DELLA CULTURA, DELLO SPETTACOLO, DEL TURISMO E DELLO SPORT, CENTRO REGIONALE DOCUMENTAZIONE, PP. 1-165
- CASTO L. & ZARLENGA F. (1996) - I BENI CULTURALI A CARATTERE GEOLOGICO DEL LAZIO: IL DISTRETTO VULCANICO DI ALBANO. ENEA, DIPARTIMENTO AMBIENTE - REGIONE LAZIO, ASSESSORATO ALLE POLITICHE PER LA PROMOZIONE DELLA CULTURA, DELLO SPETTACOLO, DEL TURISMO E DELLO SPORT, CENTRO REGIONALE DOCUMENTAZIONE, PP. 1-143
- CASTO L. & ZARLENGA F. (1997) - I BENI CULTURALI A CARATTERE GEOLOGICO DEL LAZIO: LA PIANURA PONTINA, FONDANA E I MONTI AUSONI MERIDIONALI. ENEA, DIPARTIMENTO AMBIENTE - REGIONE LAZIO, ASSESSORATO ALLE POLITICHE PER LA PROMOZIONE DELLA CULTURA, DELLO SPETTACOLO, DEL TURISMO E DELLO SPORT, C.R.D., PP. 1-117
- CAZZOLI M.A. (1998) - INDAGINE SULLE EMERGENZE GEOMORFOLOGICHE MERITEVOLI DI TUTELA E DI ATTENZIONE NEL PARCO NAZIONALE DELLE FORESTE CASENTINESI, MONTE FALTERONA E CAMPIGNA". BORSA DI STUDIO INEDITA
- COCCIONI R. (2001) - LO STRATOTIPO DI MASSIGNANO: TUTELA, CONSERVAZIONE E VALORIZZAZIONE. 3° FORUM NAZIONALE DI SCIENZE DELLA TERRA, "GEOITALIA" (CHIETI 2001), SESSIONE "STRATEGIE DI GEOCONSERVAZIONE IN ITALIA", ABSTRACT, PP. 495.
- COMITE F., GRECO P., GENCARELLI B., LENA G. & MARCONI G. (1996) - ABOUT SOME CHARACTERISTICS GEOTYPES OF COSENZA PROVINCE. ABSTRACT, 2ND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE "CONSERVATION OF OUR GEOLOGICAL HERITAGE", ROMA, 20-22 MAGGIO 1996, P. 10.
- COMUNE DI ROMA - E.N.E.A (1997) - CARTA DELLE UNITÀ DI PAESAGGIO GEOLOGICO E DEI GEOTIPI DELLA CAMPAGNA ROMANA. FRATELLI PALOMBI EDITORI, ROMA
- COMUNITÀ MONTANA DEL CATRIA E DEL NERONE (1998) - CARTA DEI SENTIERI E DEGLI ITINERARI TURISTICO-NATURALISTICI DEL MONTE NERONE.
- CRESTA S. (1999) - GUIDA ALLE SEZIONE GEO-PALEONTOLOGICA DEL MUSEO "BRANCALEON" ED ALLA STRATIGRAFIA DI MONTE NERONE, COMUNE DI PIOBBICO, PP. 1-127
- D'ANDREA M. (2001) - SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE: PROGETTO "CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO GEOLOGICO ITALIANO". NOTA INFORMATIVA. GIORNALE DI GEOLOGIA, SE. III, VOL. 62, SUPPL., PP.121-124.
- D'ANDREA M. & ANGELELLI F. (2001). PROGETTO "CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO GEOLOGICO ITALIANO. INVITO ALLA PALEONTOLOGIA. PALEOITALIA, 5, 9-15
- D'ANDREA M., COLACCHI S., GRAMACCINI G., LISI A. & LUGERI N. (2002) - UN PROGETTO NAZIONALE PER IL CENSIMENTO DEI GEOSITI IN ITALIA, ATTI DEL CONVEGNO: "IL PATRIMONIO GEOLOGICO COME BENE CULTURALE ED AMBIENTALE DA TUTELARE" (RIONERO IN VULTURE 13-14/4/2002)
- D'ANDREA M. & DI LEGGINO M. (2002) - PROGETTO SGN "CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO GEOLOGICO ITALIANO", I CENSIMENTI SUI SITI DI INTERESSE GEOLOGICO IN ITALIA. GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, ANNO X, N. 2/2002, PP. 9-14, ROMA
- D'ANDREA M., DI LEGGINO M. & MICCADEI E. (IN STAMPA) - IL SISTEMA DELLE AREE PROTETTE. GUIDE DELLA SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA: REGIONE ABRUZZO.
- D'ANDREA M. & LISI A. (2002) - CARG E GEOSITI. ABSTRACT V° WORKSHOP SULL'INFORMATIZZAZIONE DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (PONTIGNANO, 28-29 OTTOBRE 2002), P.
- D'ANDREA M., LISI A. & LUGERI N. (2002) - THE ITALIAN GEOSITES INVENTORY DATA BASE. NATURAL AND CULTURAL LANDSCAPES. THE GEOLOGICAL FOUNDATION. ABSTRACT, ROYAL IRISH ACADEMY, DUBLIN CASTE, 9-11 SEPT. 2002, P.
- D'ANDREA M. & ZARLENGA F. (2000) - ITALIAN NATIONAL ACTIONS FOR NATURE PRESERVATION AND GEOLOGICAL SITES. IN: GEOLOGICAL HERITAGE: ITS CONSERVATION AND MANAGEMENT. (D.BARRETTINO, W.A.P. WIMBLEDON & E. GALLEGGO Eds.), MADRID 1999, PP. 157-164.
- DE LOTTO A. & MASSOLI-NOVELLI R. (2002) - GEOLOGIA E TURISMO: ITINERARI GEOLOGICI IN FRIULI-VENEZIA GIULIA. GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, ANNO X, N. 2/2002, PP. 9-14, ROMA
- ENTE PARCO NAZIONALE DELLA MAJELLA (1999) - REALIZZAZIONE DEGLI STUDI PRELIMINARI E DELL'ELABORATO TECNICO DEL PIANO DEL PARCO E DEL REGOLAMENTO. VOL. 1, PP. 87-90, GUARDIAGRELE.
- DI GREGORIO F. & ULZEGA G. (2002) - THE STATE OF THE KNOWLEDGE IN THE CONSERVATION AND THE VALORIZATION OF GEOMORPHOLOGICAL SITES IN SARDINIA. PROCEEDINGS, WORKSHOP "GEOMORPHOLOGICAL SITES: RESEARCH, ASSESSMENT AND IMPROVEMENT", POSTER SESSION, MODENA 19-22GIUGNO 2002, PP. 57-58.
- DIOLAUTI G., D'AGATA C., PELFINI M. & SMIRAGLIA C. (2002) - GEOMORPHOSITES IN GLACIALIZED AREAS: ROUTES IN THE UPPER VALTELLINA FOR THE VALUING OF THE HIGH MOUNTAIN ENVIRONMENT. PROCEEDINGS, WORKSHOP "GEOMORPHOLOGICAL SITES: RESEARCH, ASSESSMENT AND IMPROVEMENT", POSTER SESSION, MODENA 19-22GIUGNO 2002, PP. 57-58.
- FARABOLLINI P., MATERAZZI M. & SCALELLA G. (2002) - I "VULCANELLI DI FANGO" DELLA REGIONE MARCHE: PROPOSTE DI PERIMETRAZIONE, VALORIZZAZIONE, CONSERVAZIONE E TUTELA DI AREE A RISCHIO DI ESTINZIONE. ABSTRACT, CONVEGNO "LA GEOLOGIA AMBIENTALE: STRATEGIE PER IL NUOVO MILLENNIO" (GENOVA, 27-29 GIUGNO, 2002), P.120.
- G.A.L. (2001) - GUIDA AI SITI GEOLOGICI (PRIMO CENSIMENTO NELLA BORMIDA LIGURE AREE DI OBIETTIVO 5b - LIGURIA OCCIDENTALE). CONSORZIO VAL BORMIDA LEADER, PP. 1-127
- GIARDINO M., MORTARA G. & DE RENZO G. (2002) - GEOSITES IN THE TURIN'S PROVINCE (NW-ITALY): SCIENTIFIC RESEARCH AND EXPLOITATION PERSPECTIVES. PROCEEDINGS, WORKSHOP "GEOMORPHOLOGICAL SITES: RESEARCH, ASSESSMENT AND IMPROVEMENT", POSTER SESSION, MODENA 19-22GIUGNO 2002, PP. 61-62.
- GISOTTI G. & MASSOLI-NOVELLI R. (1997): I GEOTIPI NELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE. ATTI IX CONGR. ORDINE NAZIONALE GEOLOGI, ROMA, APRILE 1997, 307-311.

- GREGORI L., MELELLI L., RAPICETTA S. & TARAMELLI A. (2002) - PRINCIPAL "GEOMORPHOSITES" IN UMBRIA REGION. PROCEEDINGS, WORKSHOP "GEOMORPHOLOGICAL SITES: RESEARCH, ASSESSMENT AND IMPROVEMENT", POSTER SESSION, MODENA 19-22 GIUGNO 2002, P. 63.
- LAURETI L. (2002) - THE GEOMORPHOLOGICAL SITES OF THE GRIGNE MOUNTAIN (LOMBARDY). PROCEEDINGS, WORKSHOP "GEOMORPHOLOGICAL SITES: RESEARCH, ASSESSMENT AND IMPROVEMENT", POSTER SESSION, MODENA 19-22 GIUGNO 2002, P. 66.
- LORE' A., MASSOLI-NOVELLI R., PETITTA M., TALLINI M. (2002) - I GEOSITI DEL P. R. SIRENTE-VELINO. GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, N° 2. ROMA.
- MARCHETTI M. (1999) - IL CENSIMENTO DEI "BENI GEOLOGICI", IN: GEOSITI: TESTIMONI DEL TEMPO, FONDAMENTI PER LA CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO GEOLOGICO, A CURA DI G. POLI, SERVIZIO PAESAGGIO, PARCHI E PATRIMONIO NATURALE DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA, Pp.69-87.
- MARTIRE L., ED. (2002) - ABSTRACT AND PROGRAM. VI INT. SYMPO. ON THE JURASSIC SYSTEM, PALERMO, 12-22/9/02, 211 Pp., TORINO.
- MASIELLO D. (2002) - I GEOSITI DELLA PROVINCIA DI MATERA (BASILICATA). GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, N. 2/2002, Pp.41-44, ROMA
- MASSOLI-NOVELLI R. (1999) - MONUMENTI GEOLOGICI. Pp. 1-200, 170 FOTOCOLOR, ED. ARTEMISIA, ROMA
- MASSOLI-NOVELLI R. (2001) - INVENTARI DI GEOSITI IN ITALIA: STATO DELL'ARTE. GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, 1, SIGEA, ROMA, Pp.10-13.
- MASSOLI-NOVELLI R., AGOSTINI S., BURRI E. & PETITTA M. (1996) - IMPORTANT GEOSITES IN ABRUZZI. PROCEEDINGS II° INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CONSERVATION OF OUR GEOLOGICAL HERITAGE. 20-22 MAY, ROME 1996.
- MASSOLI-NOVELLI R., BURRI E., PETITTA M. (1998) - GEOSITES INVENTORY OF THE ABRUZZO REGION (ITALY). PROCEEDINGS III° GENERAL ASSEMBLY PROGEO, SOFIA, BULGARIA, 6-11 JUNE 1998. GEOLOGICA BALC., 28, 3-4; Pp.109-112.
- MASSOLI-NOVELLI R., BURRI E., PETITTA M. (1999) - THE TYPOLOGY OF GEOSITES IN THE ABRUZZO REGION (ITALY). PROCEED. III INTERN. SYMPO. PROGEO ON THE CONSERVATION OF THE GEOLOGICAL HERITAGE, MADRID, 23-25 NOVEMBER 1999. 23-25.
- MASSOLI-NOVELLI R., RUSSI A., SOLLITTO M. & RUSSI M.C. (2001) - ...ALL'ESTREMO DEL MONDO: PIZZOMUNNO (VIESTE). 3° FORUM NAZIONALE DI SCIENZE DELLA TERRA, "GEOITALIA" (CHIETI 2001), SESSIONE "STRATEGIE DI GEOCONSERVAZIONE IN ITALIA", ABSTRACT, Pp. 497-498.
- MONTANARI A. & SANDRONI P. (1995) - LE ROCCE DEL CONERO RACCONTANO. UNA BREVE GUIDA GEODECURSIONISTICA. PARCO DEL CONERO, Pp.1-63, ANIBALLI GRAFICHE, ANCONA.
- MORETTI S., REALE V. & ROSSI R. (2001) - LINEE GUIDA PER LA DEFINIZIONE E LA GESTIONE DI GEOSITI (REGIONE TOSCANA). 3° FORUM NAZIONALE DI SCIENZE DELLA TERRA, "GEOITALIA" (CHIETI 2001), SESSIONE "STRATEGIE DI GEOCONSERVAZIONE IN ITALIA", ABSTRACT, Pp. 498-499.
- MUZZARELLI G. (1999) - PRESENTAZIONE NEI "I BENI GEOLOGICI DELLA PROVINCIA DI MODENA". ARTIOLI EDITORE, Pp. 1-98.
- NESCI O., SAVELLI D., DILIGENTI A. & MARIANGELI D. (2002) - GEOMORPHOLOGICAL SITES IN THE MARCHE REGION AREA: EXAMPLES FROM CARBONATIC RIDGES AND MONTEFELTRO SHEET. PROCEEDINGS, WORKSHOP "GEOMORPHOLOGICAL SITES: RESEARCH, ASSESSMENT AND IMPROVEMENT", POSTER SESSION, MODENA 19-22 GIUGNO 2002, P. 72.
- NICOSIA U., MARINO M., MARIOTTI N., MURARO C., PANIGUTTI S., PETTI F.M. & SACCHI E. (1999) - THE LATE CRETACEOUS DINOSAUR TRACKSITE NEAR ALTAMURA (BARI, SOUTHERN ITALY). GEOLOGIA ROMANA, 35, 231-236, ROMA
- NORA E., CORRADINI D., PRANDINI A., SCAGLIONI A. & ROMPIANESI P. (1982) - EMERGENZE DI INTERESSE NATURALISTICO. AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI MODENA, ASSESSORATO DIFESA DEL SUOLO E DELL'AMBIENTE (1982), RELAZIONE SULLO STATO DELL'AMBIENTE NELLA PROVINCIA DI MODENA, GRAFICHE ZANINI, BOLOGNA.
- N.O.S.E. (1999) - CARTA GEOLOGICA DEL PARCO CON ITINERARI ESCURSIONISTICI (ALLA SCALA 1:20.000), CONSORZIO PARCO NATURALE DEL CONERO E PROVINCIA DI ANCONA, S.E.L.C.A.
- ORLANDI P. & DINI D. (2001) - GEOSITI MINERALOGICI E MINERARI DI INTERESSE NAZIONALE E MONDIALE NELLE ALPI APUANE. ABSTRACT, CONVEGNO DI STUDI PER LA CANDIDATURA DELLE ALPI APUANE A UNESCO-GEOPARK, MARINA DI CARRARA (10-11 OTTOBRE 2001), Pp.11-13
- ORRU P., PANIZZA V. & ULZEGA G. (2002) - SUBMARINE GEOMORPHOSITES IN THE MARINE PARKS OF SARDINIA. PROCEEDINGS, WORKSHOP "GEOMORPHOLOGICAL SITES: RESEARCH, ASSESSMENT AND IMPROVEMENT", POSTER SESSION, MODENA 19-22 GIUGNO 2002, P. 72.
- PANIZZA M. & PIACENTE S. (2002) - GEOSITI NEL PAESAGGIO ITALIANO: RICERCA, VALUTAZIONE E VALORIZZAZIONE. UN PROGETTO DI RICERCA PER UNA NUOVA CULTURA GEOLOGICA. GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, VOL. 2/2002, Pp.3-4.
- PAVIA G. & CRESTA S., Eds. (2002) - REVISION OF JURASSIC AMONITES OF THE GEMMELLARO COLLECTIONS. QUADERNI MUSEO GEOL. "G.G. GEMMELLARO, 6, 406 Pp., PALERMO.
- PROCOPIO F. & CRISCI MIROCLE G. (2002) - PRIME INDIVIDUAZIONI DELLE LOCALITÀ D'INTERESSE GEOLOGICO (GEOSITI E GEOPARCHI) DELLA REGIONE CALABRIA. ABSTRACT, CONVEGNO "LA GEOLOGIA AMBIENTALE: STRATEGIE PER IL NUOVO MILLENNIO" (GENOVA, 27-29 GIUGNO, 2002), P.119.
- REGIONE EMILIA ROMAGNA & PARCO NAZIONALE DELLE FORESTE CASENTINESI, MONTE FALTERONA E CAMPIGNA (2002) - ITINERARI GEOLOGICO-AMBIENTALI NEL PARCO NAZIONALE DELLE FORESTE CASENTINESI. S.E.L.C.A.
- REGIONE LOMBARDIA (1977) - LEGGE REGIONALE 27 LUGLIO 1977 N. 33 "PROVVEDIMENTI IN MATERIA DEI TUTELA AMBIENTALE ED ECOLOGICA".
- REGIONE LOMBARDIA (1982) - BIOTOP E GEOTOP. NATURA IN LOMBARDIA. VOL. 7, SERVIZIO TUTELA AMBIENTE NATURALE E PARCHI, REGIONE LOMBARDIA, Pp. 1-261.
- REGIONE LOMBARDIA (2000) - CARTA DEL SISTEMA DELLE AREE PROTETTE REGIONALI. A CURA DELL'UNITÀ ORGANIZZATIVA PIANIFICAZIONE AMBIENTALE E GESTIONE PARCHI DELLA DIREZIONE GENERALE QUALITÀ DELL'AMBIENTE, REGIONE LOMBARDIA
- REGIONE MARCHE (1991) - LE EMERGENZE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE DELLE MARCHE. PIANO PAESISTICO AMBIENTALE REGIONALE. ASSESSORATO URBANISTICA AMBIENTE DELLA REGIONE MARCHE, Pp. 1-711.
- REGIONE SICILIANA (1990) - LE GROTT E IN SICILIA. LE RISERVE GEOSPELEOLOGICHE NEI PROGRAMMI DELLA REGIONE. REGIONE SICILIANA, ASSESSORATO REGIONALE TERRITORIO E AMBIENTE. SICILIA TEMPO, N.276 (1990), 2-16.
- RUBERTI D., VIGLIOTTI M., SIRNA G. & MUSELLI M. (2002) - INVENTORY OF THE GEOPALEONTOLOGICAL HERITAGE IN PROTECTED AREAS OF THE CAMPANIA APENNINES. PROCEEDINGS, WORKSHOP "GEOMORPHOLOGICAL SITES: RESEARCH, ASSESSMENT AND IMPROVEMENT", POSTER SESSION, MODENA 19-22 GIUGNO 2002, P. 81.
- SANPAOLESI S. & FARABOLLINI P. (2002) - LA CONSERVAZIONE E LA TUTELA DEI GEOSITI: L'ESEMPIO DELLA PIRAMIDE DI TERRA NEL PARCO NAZIONALE DEI MONTI SIBILLINI (MARCHE CENTRO-MERIDIONALI). GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, NUM. SPEC. I GEOSITI. CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO GEOLOGICO, VOL. 2/2002, Pp. 32-35.
- SANTORO A. (2002) - I GEOSITI NELL'AMBITO DEL PIANO DI COORDINAMENTO TERRITORIALE DELLA PROVINCIA DI POTENZA, ATTI CONVEGNO "IL PATRIMONIO GEOLOGICO COME BENE CULTURALE E AMBIENTALE DA TUTELARE", RIONERO IN VULTURE (Pz), 13-14 APRILE 2002
- REGIONE VALLE D'AOSTA (2002) - ASSESSORATO AL TERRITORIO, AMBIENTE E OPERE PUBBLICHE. ENVIRONNEMENT, N. 18, N. 19 E N. 20
- SANTANTONIO M. (A CURA DI), (2002) - GENERAL FIELD TRIP BOOK, VI INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE JURASSIC SYSTEM, PALERMO, 12-22 SEPTEMBER 2002, 320 Pp., GEDA TORINO.
- SERVIZIO GLACIOLOGICO LOMBARDO (1992) - IL SENTIERO GLACIOLOGICO "VITTORIO SELLA" AL GHIACCIAIO DEL VENTINA. MELOGRANO, MILANO.
- SCORTEGANA U. (A CURA DI), (2001) - IL SENTIERO NATURALISTICO-GLACIOLOGICO DELL'ANTELAO. CIERRE EDIZIONI, VERONA
- SECCHIERI F. (1998) - IL SENTIERO GLACIOLOGICO DELLA VAL MARTELLO. LA BODONIANA, BOLZANO
- SIGEA - AUTORI VARI (2002) - GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, NUM. SPEC. I GEOSITI. CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO GEOLOGICO, VOL. 2/2002, Pp. 1-50.
- SMIRAGLIA C. (A CURA DI) (1995) - IL GHIACCIAIO DEI FORNI IN VALFURVA. SENTIERO GLACIOLOGICO DEL CENTENARIO. LYASIS, SONDRIO.
- SOLDANI D., SIMONE O., SANSÒ P. & MASTRONUZZI G. (2002a) - GEOSITI NEL TERRITORIO DI OSTUNI (BRINDISI). RISORSA SCIENTIFICA E SOCIO-ECONOMICA. GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, NUM. SPEC. I GEOSITI. CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO GEOLOGICO, VOL. 2/2002, Pp. 37-40.
- SOLDANI D., SIMONE O., SANSÒ P. & MASTRONUZZI G. (2002b) - A GEOSITES' NETWORK AS A TOOL FOR THE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN THE TERRITORY OF OSTUNI (BRINDISI, SOUTH ITALY). PROCEEDINGS, WORKSHOP "GEOMORPHOLOGICAL SITES: RESEARCH, ASSESSMENT AND IMPROVEMENT", POSTER SESSION, MODENA 19-22 GIUGNO 2002, Pp. 86-87.
- STOPPA F. & SFORNA S. (2001) - IL GEOSITO DI SAN VENANZO (UMBRIA): SOGNI E REALTÀ. 3° FORUM NAZIONALE DI SCIENZE DELLA TERRA, "GEOITALIA" (CHIETI 2001), SESSIONE "STRATEGIE DI GEOCONSERVAZIONE IN ITALIA", ABSTRACT, Pp. 502-504.
- STOPPA F., SUANNO G. & VENANZONI R. (2001) - SCHEDATURA E PROGETTO DI FATTIBILITÀ DEL GEOSITO DI MONTICCHIO IN VULTURE (BASILICATA). 3° FORUM NAZIONALE DI SCIENZE DELLA TERRA, "GEOITALIA" (CHIETI 2001), SESSIONE "STRATEGIE DI GEOCONSERVAZIONE IN ITALIA", ABSTRACT, Pp. 505-507.
- STOPPA F., BALESTRA F., CILLI A., DE LUCA P., DI BERARDINO G.R., DI BOSCO L., DI NICOLA L., D'INTINO V., ESETIME P., ESPOSITO F., FASOLI P., MARINELLI G., MINNIO F. & MONTI F. (2001) - GEOSITI IDROTHERMALI DEL VITERBESE... È TUTTO PERDUTO?. 3° FORUM NAZIONALE DI SCIENZE DELLA TERRA, "GEOITALIA" (CHIETI 2001), SESSIONE "STRATEGIE DI GEOCONSERVAZIONE IN ITALIA", ABSTRACT, Pp. 504-505.
- VICHI G., STOPPA F. & ROSATELLI G. (2001) - PROGETTO TERRA E MARE: UNA PROPOSTA DI SALVAGUARDIA, RECUPERO E VALORIZZAZIONE DELL'AREA DI LESINA. 3° FORUM NAZIONALE DI SCIENZE DELLA TERRA, "GEOITALIA" (CHIETI 2001), SESSIONE "STRATEGIE DI GEOCONSERVAZIONE IN ITALIA", ABSTRACT, Pp. 507-508.
- ZARLENGA F. (1996) - I GEOTOP, DALLA RICERCA SCIENTIFICA ALLA PIANIFICAZIONE, CONTROLLO E GESTIONE. GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, VOL. 4,2 Pp. 3-6

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia per il prezioso contributo di informazioni ed integrazioni: S. Agostini (Servizio Geologico e Paleontologico, Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Abruzzo), A. Amorfini (P. N. R. delle Alpi Apuane, Toscana), F. Angelelli (A.P.A.T., ex S.I.U.- Documentazione, Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali), M. Avanzini (Ufficio Geologico, Provincia Autonoma di Trento), G. Brancucci (Centro Documentazione Geositi del Dipartimento Polis dell'Università degli Studi di Genova), M. Burlando (P. N. R. del Beigua, Liguria), E. Burri (Dipartimento di Geologia Ambientale dell'Università degli Studi dell'Aquila), A. Cartòn (Dipartimento di Scienze della Terra Università di Pavia), L. Casto (Centro Regionale per la Documentazione dei Beni Culturali ed Ambientali della Regione Lazio), R. Coccioni (N.O.S.E., Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pesaro-Urbino), S. Cresta (Agenzia per i Parchi della Regione Lazio), G. Crisci e F. Procopio (Dipartimento di Scienze della Terra, Università della Calabria), S. Daconto (A.P.A.T.), P. Farabollini (Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Camerino), R. Ghiringhelli e collaboratori (Servizio Pianificazione Ambientale della Provincia di Milano), A. Lisi (A.P.A.T., ex Ufficio Informatica e Produzione Editoriale del Servizio Geologico Nazionale), R. Massoli-Novelli (SIGEA), S. Occhipinti (Regione Valle d'Aosta), G. Pavia (Responsabile COFIN 2001 "Geoeventi", Dipartimento di Scienze della Terra Università di Torino), S. Piacente (Responsabile COFIN 2001 "Geomorfositi", Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Modena e Reggio-Emilia), F. Piergiovanni (Regione Umbria), G. Poli (Servizio Paesaggi, Parchi e Patrimonio Naturale della Regione Emilia Romagna), C. Smiraglia, (Comitato Glaciologico), F. Stoppa (Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università "G. D'Annunzio", Chieti), E. Taddei (Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Napoli "Federico II"), M. Triscari (Dipartimento Scienze della Terra di Messina), F. Zarlunga (Presidente ProGEO, E.N.E.A.).

PROPOSTE OPERATIVE PER IL PAESAGGIO: CONTRIBUTO ALL'APPLICAZIONE DELLE POLITICHE EUROPEE PER IL PAESAGGIO

ANNALISIA MANIGLIO

PRESIDE DELLA FACOLTÀ DI ARCHITETTURA DI
GENOVA

ORDINARIO DI ARCHITETTURA DEL PAESAGGIO
MANIGLIO@ARCH.UNIGE.IT

Parole chiave: paesaggio, gestione, pianificazione, protezione, Convenzione Europea.

Nelle premesse della Convenzione europea del paesaggio, sottoscritta a Firenze il 20 ottobre 2000 da 19 Paesi europei, tra cui l'Italia, il paesaggio è definito "componente fondamentale del quadro di vita delle popolazioni, espressione della diversità del loro patrimonio culturale e naturale e fondamento della loro identità locale"; sia nei lavori preparatori sia nella stesura finale del documento, al paesaggio - notevole risorsa per le attività economiche e per il turismo in particolare - è riconosciuto un ruolo di particolare rilievo perché "svolge importanti funzioni d'interesse generale, sul piano culturale, ecologico, sociale ed economico"; esso, pertanto, se idoneamente pianificato, gestito e protetto, può anche contribuire a creare occupazione coinvolgendo larghi strati di popolazione. Il richiamo al crescente degrado e alla progressiva banalizzazione dei nostri paesaggi è chiaramente presente nei documenti preparatori: "poiché nessuna zona del continente europeo - utilizzata in modo intensivo - sfugge ai cambiamenti naturali o all'influenza dei fattori umani, tutti i paesaggi hanno bisogno di un certo grado di gestione."

È anche più volte evidenziata, nei documenti preparatori, la necessità e l'urgenza di individuare risposte opportune di protezione, gestione e pianificazione, strategie innovative e orientamenti efficaci, da parte delle autorità competenti, per una nuova at-

tenzione alla salvaguardia dei caratteri e delle qualità e identità dei paesaggi, al loro sviluppo armonioso e durevole, alla riqualificazione di quelli degradati e deteriorati da usi impropri o da abbandono e, infine, alla creazione di nuovi paesaggi di qualità.

Nella recente Conferenza, svoltasi a Strasburgo, al Consiglio d'Europa, il 21 e 22 febbraio 2002, sono stati discussi alcuni importanti temi sulla base delle relazioni presentate dai gruppi di lavoro dei Paesi partecipanti (composti da amministratori locali e da un certo numero di esperti) che hanno utilizzato esperienze maturate, e in corso, nei vari Paesi firmatari della Convenzione europea del Paesaggio.

A seguito di queste consultazioni e di altre che dovranno necessariamente seguire per approfondire le varie tematiche affrontate dal documento, il Congresso potrà disporre dei necessari apporti di idee e di esperienze maturate nei diversi Paesi sulle tematiche paesistiche, per avviare la definizione delle nuove e annunciate norme in materia di paesaggio - inteso in una dimensione europea globale - e per proporre mezzi d'azione internazionali nell'ottica di uno sviluppo sostenibile, di una necessaria protezione, gestione, valorizzazione del paesaggio.

Il tema, dell'Atelier n.1, "Identificazione, qualificazione del paesaggio e obiettivi di qualità paesistica legati alle risorse naturali e culturali", si proponeva di ap-

profondire metodi per individuare e definire la qualità dei paesaggi, attraverso approcci diversi rispetto a quelli utilizzati in passato: il documento, infatti, sottolinea la necessità di non riferirsi più, unicamente, ai paesaggi eccezionali, pittoreschi e di qualità, ma all'insieme dei paesaggi, ai paesaggi del quotidiano che le popolazioni attraversano nei loro spostamenti giornalieri e che trasformano con le loro attività ed anche a quelli degradati e in grave stato di abbandono.

Tra le modalità da utilizzare per l'identificazione e la definizione della qualità dei paesaggi è stata sottolineata la necessità di individuarne le differenze e di riconoscerne le singolarità, le identità e gli aspetti comuni, mettendone in evidenza i valori e le conoscenze che devono essere considerate con particolare attenzione negli interventi.

E' stato ricordato che nell'identificazione dei valori devono essere tenute in attenta considerazione le culture nazionali e locali ed anche, ove necessario, i valori che le popolazioni residenti attribuiscono ai loro paesaggi, anche se questi ultimi, in un prospettiva di interesse generale appaiono difficilmente utilizzabili.

Il tema dell'Atelier n.4, sugli "Strumenti innovatori per la protezione, gestione e governo del paesaggio" aveva il compito di individuare e, se possibile, definire, un programma di base su cui fondare i principali strumenti innovatori necessari all'integra-

zione del paesaggio, nelle diverse azioni di protezione, gestione, pianificazione, in modo da renderli applicabili in tutti i piani territoriali e nelle varie politiche settoriali legate ai trasporti, alla silvicoltura, all'agricoltura, allo sviluppo industriale e turistico (...), vale a dire a tutte le attività che possono avere un effetto diretto o indiretto, positivo o negativo sul paesaggio.

Il gruppo di ricerca, formato da docenti della Facoltà di Architettura di Genova, attraverso un lavoro interdisciplinare che coinvolge anche Enti ed Istituzioni locali, intende contribuire all'approfondimento di queste problematiche e, in particolare, allo studio e alle definizioni di proposte operative utili all'applicazione delle politiche europee, per coniugare e integrare, nel modo più opportuno e secondo vari livelli di competenza, il paesaggio nelle varie politiche settoriali, per governare le trasformazioni in modo compatibile ed anche per individuare strumenti di sensibilizzazione delle popolazioni verso le qualità e i valori del paesaggio per interessarle e coinvolgerle in una nuova attenzione alle tematiche paesistiche e all'importanza della conservazione dei valori, delle qualità e delle identità del paesaggio.

Gli ambiti individuati per la ricerca riguardano, soprattutto:

- Identificazione e definizione di strumenti innovatori per la protezione, la gestione e la pianificazione del paesaggio;
- Individuazione di metodologie utili ad integrare il paesaggio in tutte quelle politiche di pianificazione del territorio (urbanistiche, turistiche, agricole, forestali, infrastrutturali...) che possano avere un'incidenza diretta o indiretta sul paesaggio;
- elaborazione di un programma di azioni e di strategie utili a definire gli obiettivi di qualità del paesaggio da raggiungere (in piani e progetti) sulla base dei valori paesistici precedentemente individuati. Il programma può attuarsi attraverso la creazione di una rete di Osservatori per la sperimentazione di forme innovative di salvaguardia, gestione e pianificazione del paesaggio, per il controllo delle trasformazioni territoriali, dirette o indirette, soprattutto di tipo antropico, in atto o potenziali.

Per integrare il paesaggio nelle diverse operazioni di pianificazione, progettazione e gestione e nei vari piani territoriali e settoriali, con il preciso obiettivo di perseguire la compatibilità tra le azioni umane e la conservazione attiva dei valori e delle identità del paesaggio, è indispensabile iniziare da una attività conoscitiva e ricognitiva di tutte le caratteristiche specifiche del territorio da pianificare, riqualificare o progettare, rivolta ad individuare i suoi valori e analizzarne le dinamiche di trasformazione.

Occorre, quindi, partire da una conoscenza completa e globale del paesaggio - nella definizione fornita dalla Convenzione europea - e dall'integrazione dei molteplici dati antropici e naturali.

Queste modalità conoscitive sono state attentamente definite ed illustrate nello studio "Per un'analisi del Paesaggio: metodo conoscitivo, analitico e valutativo per operazioni di progettazione e gestione", svolto nell'ambito della Convenzione con l'Ufficio centrale per i beni ambientali e paesaggistici del ministero per i Beni e la Attività Culturali, all'interno del progetto "Paesaggi Mediterraneo e Alpini" (INTERREG IIC MEDOC, misura 4.1).

Poiché le finalità della pianificazione, progettazione e gestione del paesaggio sono, generalmente, di diversa portata - potendo includere, ad esempio, strategie di tutela naturalistica, di sviluppo turistico o di riconversione agricola di un sito che influenzano, in positivo o in negativo, le azioni antropiche - si ritiene opportuno far precedere le norme orientative e/o prescrittive, per un corretto uso del territorio, da alcune operazioni fondamentali qui di seguito indicate:

- costruzione di un'intelaiatura conoscitiva, adeguata e completa degli elementi e dei caratteri del paesaggio (utilizzando tutta la gamma delle interpretazioni disciplinari e degli strumenti tecnici più opportuni), delle sue potenzialità e fragilità, dei suoi problemi, delle evoluzioni in atto e del suo divenire perenne: una conoscenza che deve divenire strumento di lavoro e costituire parte integrante degli studi paesistici, degli elaborati di piano, di progetto e di gestione del paesaggio.
- estensione del campo d'attenzione, dai singoli elementi/oggetti/manufatti, alla comprensione globale delle strutture e delle funzioni del paesaggio, individuando la trama delle relazioni tra elementi naturali (inerti e viventi) e azioni umane e mettendo in luce i molteplici sistemi spaziali e funzionali che strutturano il paesaggio (e che si sono intrecciati nel tempo sul territorio).

Per essere utilizzate ai fini della pianificazione, le analisi devono evitare di essere unicamente elencative e descrittive ma illustrare, in modo chiaro e circostanziato, le interconnessioni esistenti tra le componenti naturali e il sistema antropico utili ad individuare, nelle successive fasi valutative, le potenzialità/vulnerabilità agli usi e alle attività; descrivere l'evoluzione storica e lo stato attuale dei sistemi insediativi (urbani, periurbani e rurali) e dei paesaggi agrari; devono consentire di comprendere i processi di trasformazione causati sulle componenti naturali dalle azioni antropiche; cogliere i caratteri dina-

mici dei paesaggi; devono facilitare l'individuazione di percorsi metodologici e metodi progettuali capaci di evitare l'arbitrarietà delle scelte progettuali e la discrezionalità delle interpretazioni: le analisi devono quindi fornire un primo indispensabile riferimento per indirizzare le trasformazioni/costruzioni del paesaggio, per consentire alle azioni progettuali di rispondere in modo opportuno e "compatibile" alla natura complessa e dinamica del paesaggio, di raggiungere obiettivi di "qualità paesistica", di evitare effetti distruttivi o di compromissione delle identità paesistiche, tenendo conto delle politiche del paesaggio indicate nella Convenzione europea;

Per conseguire questi obiettivi - e cioè integrare il paesaggio nelle diverse operazioni di pianificazione, progettazione e gestione del paesaggio - è necessario costruire un quadro conoscitivo e descrittivo completo della totalità dei paesaggi, anche di quelli compromessi e privi di qualità perché alterati da interventi impropri o da azioni antropiche degradanti (concluse o ancora in atto): occorre cioè abbandonare quelle logiche selettive - frutto di una cultura della conservazione dei beni di riconosciuto valore - che hanno caratterizzato le politiche e le leggi di tutela per le "cose di interesse storico artistico" (n.°1089 del 1939) e per "le bellezze naturali" (n.°1497 del 1939) e che, attraverso l'apposizione di vincoli di tipo puntuale, hanno attuato una "difesa passiva" o hanno individuato, attraverso lo strumento dei Piani paesistici, forme di tutela attiva per diversi valori paesaggistici integrati in un contesto territoriale.

Nell'approfondire la conoscenza analitica e la comprensione transdisciplinare del paesaggio, dei suoi caratteri - storico-culturali, morfologico-naturalistici ed estetico-percettivi -, della sua complessità, diversità e unitarietà, della sua genesi e logica evolutiva e dei legami strutturali e funzionali che connettono le varie parti in un tutto unitario, occorre:

- monitorare le pressioni e le dinamiche che hanno trasformato i paesaggi e registrare i principali mutamenti avvenuti nel tempo (che proseguono e/o che sono prevedibili) e le cause che li hanno determinati;
- riconoscere le singolarità dei vari paesaggi - in particolare sulla base delle relazioni tra natura, storia e società - e individuare le loro principali diversità ed i fattori - mutuamente interdipendenti - che le hanno generate;
- operare le sintesi conoscitive, necessarie ad accertare e definire preventivamente i giudizi complessivi di valore (generati non dal valore dei singoli aspetti - botanici, geologici, storici, visivi, estetici - ma dalle mutue interdipendenze tra i differenti fattori costitutivi del-

le specifiche identità locali e dal valore relazionale tra storia, natura e società locali);

- individuare metodologie idonee a definire, sulla base dei valori identificati, gli obiettivi di qualità che siano espressione di una pluralità di criteri generali, attinenti ai caratteri del paesaggio;

- definire le azioni e gli interventi che ogni paesaggio richiede ai fini del conseguimento di una qualità paesaggistica diffusa;

- promuovere il dialogo e la concertazione tra i vari attori degli interventi;

- prevedere una struttura progettuale propositiva, anziché rigidamente prescrittiva, nei limiti degli obiettivi individuati dal piano.

Le esperienze di pianificazione del paesaggio avviate con la L. 431 del 1985 mostrano, a fronte di una scarsità di risultati raggiunti, una ricchezza di percorsi di ricerca generata dalla varietà delle situazioni e dalla complessità stessa delle tematiche paesistiche. Occorre rispondere in maniera più efficace all'attuale domanda di paesaggio e avviare metodologie attuative utili a migliorarne l'efficacia:

- attraverso l'individuazione di indirizzi, orientamenti e linee guida di tutela, valorizzazione e gestione sulla base dell'identificazione dei valori paesistici - riconosciuti come caratterizzanti -, e della loro traduzione in obiettivi di qualità, e non solo di prescrizioni: superando, quindi, la sola logica della tutela e delineando gli obiettivi progettuali per la conservazione e valorizzazione delle risorse naturali e culturali

- attraverso la predisposizione di indicazioni per la gestione del patrimonio paesistico: spostando l'attenzione dai singoli oggetti all'intero territorio; ricorrendo ad una visione dinamica delle azioni paesaggistiche; individuando indirizzi progettuali di innovazione conservativa, modi di intervento sui processi di costruzione, alla grande come alla piccola scala; rivolgendo l'attenzione agli spazi naturali, rurali e urbanizzati; proponendo opportuni indirizzi di gestione/trasformazione del territorio rurale, oggetto di rilevante cambiamento paesistico, abbandono, riconversione economico-produttiva, trasformazione turistica, infrastrutturale (...).

Il contesto paesistico da sfondo passivo a qualsivoglia azione antropica deve tornare ad essere elemento di connessione e valorizzazione dell'intero patrimonio naturale e culturale.

Occorre individuare criteri e metodi per limitare la discrezionalità interpretativa del piano, da parte dei diversi attori istituzionali, attraverso l'individuazione di procedure che orientino gli interventi: discrezionalità

che è determinata dalla grande diversità dei contesti locali e dalla specificità delle situazioni paesistiche presenti nei territori regionali.

Occorre valutare l'opportunità del mantenimento della sub-delega della materia paesistica ai Comuni.

Gli Osservatori possono divenire gli strumenti attraverso i quali elaborare un programma di azioni e strategie per conseguire gli obiettivi individuati.

ORGANIZZAZIONE E STRUTTURA DEGLI OSSERVATORI

Un Osservatorio nazionale da parte del ministero per i Beni e le Attività Culturali (Direzione Generale per il paesaggio) e delle varie Soprintendenze, e una rete di Osservatori regionali possono divenire importanti occasioni di incontri, scambi di esperienze e di collaborazione,

Un Osservatorio nazionale (o meglio un Centro Studi sul Paesaggio) istituito dal ministero per i Beni e le Attività Culturali (Direzione Generale per il Paesaggio) e dalle varie Soprintendenze dovrebbe essere concepito come una struttura permanente di ricerca, come una sede privilegiata per la raccolta di casi di studio e di esperienze sviluppate negli ultimi anni - nelle realtà nazionali e internazionali - sui temi riguardanti la pianificazione, progettazione e gestione del paesaggio; ma anche sulle modalità di attribuzione dei valori, di definizione delle qualità paesistiche e di identificazione e utilizzazione degli indicatori.

L'Osservatorio nazionale con un Consiglio direttivo e un Comitato scientifico - costituito da studiosi italiani e stranieri che operano nel campo della tutela e pianificazione dei paesaggi - dovrebbe avere il compito di indirizzare le attività di una rete di Osservatori regionali, sui numerosi temi e problemi del paesaggio di Regioni, Province, Comuni, Comunità montane, Enti Parco, monitorare il valore delle iniziative promosse e degli obiettivi conseguiti.

Un comitato di esperti con competenze e professionalità di livello nazionale e internazionale dovrebbe contribuire alla conoscenza di nuove esperienze di pianificazione paesistica e ambientale da percorrere ed esperire; guidare il nucleo operativo, nell'eventuale riformulazione della teoria e della prassi pianificatoria attuale; promuovere modalità di progettazione integrata per la riqualificazione di paesaggi degradati, per la tutela attiva di aree di particolare valore, per il miglioramento della qualità dei paesaggi "del quotidiano".

Un nucleo operativo, composto da vari specialisti delle discipline paesistiche, - opportunamente attrezzato per sviluppare attività di base ed esperienze applicative ed esemplificative - dovrebbe sperimentare progetti integrati, su aree campione, per in-

dividuare esperienze modello; collaborare in attività di ricerca per corrette azioni di tutela gestione e pianificazione del paesaggio ed anche di indirizzo dei processi di trasformazione dei paesaggi (tutela e sviluppo sostenibile) individuate dal piano Paesistico e diffondere i risultati raggiunti;

Un centro regionale permanente di studi e ricerche sul paesaggio - per l'intero territorio regionale - sia per zone di pregio paesistico (naturale e culturale), sia per paesaggi degradati che necessitano di interventi di riqualificazione e di nuova progettazione dovrebbe avere il compito di:

- promuovere la collaborazione tra i settori pubblico e privato, la diffusione e lo scambio del *know how* scientifico e professionale tra le amministrazioni centrali, le università, le strutture regionali in possesso di conoscenze avanzate nella materia;

- offrire consulenza ed assistenza tecnico-scientifica a soggetti pubblici e/o privati per rispondere in modo adeguato alle numerose problematiche del settore paesistico;

- svolgere, all'occorrenza, anche un'azione internazionale portando le proposte italiane nelle varie sedi europee competenti e partecipando a progetti interregionali mirati a sperimentare interventi pilota centrati sullo sviluppo sostenibile;

- raccogliere le esperienze in atto, anche europee, di salvaguardia, gestione e pianificazione paesistica;

- costruire un quadro conoscitivo del paesaggio regionale (un apposito Atlante dei paesaggi regionali), dei suoi caratteri naturali e culturali esteso all'intera regione interessata; delle relazioni strutturali che definiscono l'assetto del paesaggio e di quelle funzionali che concorrono a determinare la sua dinamica e la sua evoluzione nel tempo; di tutte le informazioni necessarie alla conoscenza del paesaggio oggetto di studio e di attività pianificatoria, progettuale e gestionale;

- promuovere occasioni educative per sensibilizzare i cittadini alla conoscenza del paesaggio - delle sue potenzialità e vulnerabilità - e alla difesa dei suoi valori.

Il campo d'attenzione - come sottolineano in più occasioni i documenti preparatori della Convenzione europea - non deve limitarsi alla considerazione delle aree già istituzionalmente protette, ma deve estendersi a quei contesti territoriali, quali, ad esempio, aree turistiche caratterizzate da forte pressione antropica e da evidente perdita di identità, nei quali viene avvertita la necessità di iniziative di buon governo per il recupero di valori paesistici e il raggiungimento di obiettivi, opportunamente individuati, di qualità paesistica.

RANIERO MASSOLI-NOVELLI

COORDINATORE GRUPPO DI LAVORO GEOSITI
SIGEA
MASSOLI@TISCALI.IT

GEOSITI, GEOTURISMO E SVILUPPO SOSTENIBILE

Parole chiave: geositi, geoturismo, patrimonio geologico, conservazione, valorizzazione.

Negli ultimi anni, ed in particolare da quando nel 1996 ProGeo e Sigea organizzarono a Roma il primo grande convegno tenutosi in Italia sulla conservazione del patrimonio geologico, la cultura dei geositi, ex geotopi, si è sviluppata notevolmente.

Prima, in questo Paese, era argomento solo per pochissimi addetti ai lavori. Oggi di geositi se ne parla in quasi tutte le regioni, la conservazione del patrimonio geologico è entrata in molte sedi universitarie, da qualche tempo interessa i giovani professionisti, gli enti locali comprendono l'importanza degli inventari provinciali e regionali, del ruolo dei geositi nella pianificazione del territorio, delle prospettive di lavoro nella progettazione, realizzazione e gestione di geositi, sentieri ed itinerari geologici, aree protette di tipo geologico.

I geositi possono essere infatti interpretati sotto diverse prospettive, dall'interesse scientifico a quello paesaggistico, dalla funzione di portatori della conoscenza geologica al ruolo di elementi economici trainanti, tramite il "geoturismo".

Sembra questa la prospettiva oggi più interessante, anche perché finora la meno seguita. Invece il geoturismo e gli itinerari geologici ben studiati ed attuati presentano non pochi aspetti positivi, innanzitutto offrendo nuove prospettive professionali a giovani geologi disoccupati o sottoccupati. In secondo luogo si concorre a promuovere la conoscenza delle Scienze della Terra, così poco diffusa a livello di opinione pubblica e dei media.

Per tale motivo il Gruppo di Lavoro Geositi della SIGEA (Società Italiana di Geologia Ambientale), dopo le positive esperienze di promozione di geositi a Ginostra (Stromboli, Eolie), a Vieste Garganico, nelle Marche, in Abruzzo e nella provincia di Potenza, sta cercando di collaborare ad altre iniziative di identificazione e di promozione di sentieri ed itinerari geologici, in Friuli ed in altre regioni.

Ed ecco ancora i riflessi positivi sullo "sviluppo sostenibile", un binomio facile a

pronunciarsi ma certamente difficile a realizzarsi. Le iniziative tipo quelle delle cavità carsiche italiane, oppure della Riserva geologica dell'Alta Provenza e delle 12 Reserves Geologiques francesi, oltre ad essere i principali strumenti della geoconservazione, da oltre un decennio vedono ogni anno crescere progressivamente il numero dei visitatori assieme alla economia ed alla rivitalizzazione delle relative aree. Vengono infatti stimulate un gran numero di iniziative, soprattutto di tipo culturale, con una procedura a catena, poiché ognuna di quelle realizzate ne promuove a sua volta altre. L'importante è iniziare.

I GEOSITI OGGI

La cultura della salvaguardia del nostro Patrimonio geologico (*Geological Heritage*), ossia di quei siti geologici di particolare interesse che ogni regione possiede in diversa misura e qualità, si sta affermando da molti anni in Europa e, come accennato in Premessa, di recente anche in Italia.

Monumenti naturali di tipo geologico che i ricercatori italiani preferiscono definire, con un'unica parola, "geositi", seguendo la definizione inglese "geosites". Secondo Wimbledon et alii (1996), un geosito può essere ogni località, area o territorio dove sia possibile definire un interesse geologico o geomorfologico per la conservazione. Tale definizione di ampio respiro, capace di eliminare le inutili discussioni precedenti, viene applicata nel Progetto GEOSITES dello IUGS (International Union Geological Sciences).

In ogni caso, al di là delle definizioni, la conservazione dei luoghi di elevato interesse geologico, siano essi una gola, una dolina, uno stratotipo, un sito fossilifero od una sorgente, serve evidentemente a garantire che le generazioni future possano continuare a conoscere ed a imparare la storia geologica della terra ed a trarre godimento dalla bellezza dei paesaggi e di questi meravigliosi luoghi.

La lentezza e le difficoltà dell'inserimento di un tale concetto nell'immaginario

collettivo risultano probabilmente dovute a più fattori. Si ritiene tuttavia, almeno per quanto riguarda il nostro Paese, che un motivo fondamentale risieda nella mancanza di un adeguato insegnamento delle Scienze della Terra nelle scuole superiori e quindi, in senso lato, nella minore conoscenza che il pubblico ha, fino ad oggi, delle pur fondamentali problematiche geologiche ed in particolare dell'importanza della conservazione dei monumenti naturali di tipo geologico o geositi.

Risulta ormai accertato che la conservazione dei geositi può avvenire soltanto attraverso un documentato ed impegnativo lavoro collegiale di individuazione, valutazione, catalogazione e pubblicizzazione dei risultati, realizzato mediante l'uso di una scheda per il censimento e di un database sempre aperto e sempre migliorabile, oggi regionale/provinciale, domani nazionale, sempre aperto, migliorabile e facilmente consultabile. Sotto tale profilo appare importante il lavoro finora svolto dal centro documentazione Geotopi, Dipartimento POLIS dell'Università di Genova, dal Servizio Geologico Nazionale e da SIGEA.

Per quanto riguarda la dimensione areale della ricerca, la catalogazione e la conservazione dei geositi è opportuno che avvenga prioritariamente a livello regionale/provinciale, onde poter passare con sufficienti dati alla dimensione nazionale e poi a quella internazionale (Arnoldus-Huyzendveld et alii, 1995; Wimbledon et alii, 1995, 1996).

Risulta infatti importante che l'individuazione dei singoli geositi regionali/provinciali venga preceduta o comunque correlata alla redazione di un "quadro d'insieme" (*framework*) nazionale che contenga i principali caratteri geologici di sintesi del Paese. Un prima bozza di quadro d'insieme italiano è quello di Benvenuti et alii (1998); attualmente è in fase di definizione un quadro più maturo, da confrontare ed assimilare con i Paesi vicini.

A livello internazionale risultano infatti già operanti gruppi di lavoro che presenta-

no "quadri d'insieme" analoghi o comunque vicini. In seno a ProGEO Europa sono da tempo costituiti i Gruppi Europa centrale ed Europa settentrionale, mentre da poco si è costituito un Gruppo Mediterraneo, dove, come esempio, Italia, Francia, Spagna e Grecia presentano aspetti geologici di base per molti versi analoghi.

D'altra parte occorre anche considerare che in Italia grandissima parte delle competenze sul territorio risultano delegate alle Regioni, anche per una più agile ed opportuna tutela ambientale e questa situazione diviene fondamentale per la conservazione del patrimonio geologico, fine ultimo degli inventari, attraverso adeguati provvedimenti legislativi.

A livello nazionale la problematica della conservazione del nostro Patrimonio geologico non ha finora trovato spazio adeguato. Con pesanti ripercussioni, talvolta sulla conservazione di preziosi, rari ed irripetibili monumenti geologici, cancellati o degradati da scavi, costruzioni, urbanizzazioni, ecc.

Occorre infatti considerare che la conoscenza e la valutazione dei geositi risulta elemento fondamentale per una corretta pianificazione del territorio (Gisotti & Massoli-Novelli, 1997). Analogamente a quanto accaduto negli ultimi decenni in Italia per il settore biotopi, considerati importanti e talvolta essenziali negli strumenti di pianificazione territoriale, anche i geositi debbono essere interpretati come elementi necessari di qualsiasi piano di uso del territorio, insieme alle tradizionali componenti geologiche di tali piani (sismicità, presenza di faglie, franosità, qualità del substrato roccioso, presenza/profondità/vulnerabilità di falde acquifere, ecc).

GEOSITI E GEOTURISMO

Le potenzialità del turismo geologico sono notevoli in tutta Italia, Paese considerato tra i più belli al mondo per le sue peculiarità geologiche e tra i più dotati di "geodiversità" e, come logica conseguenza, di innumerevoli "geositi" (Brancucci & Burlando, 2001; Massoli-Novelli, 1999, 2001; Panizza & Piacente, 2002; Poli, 1999).

Il tema del turismo geologico ha di recente interessato la Federazione italiana delle società delle scienze della terra (Fist), che ha organizzato nel febbraio 2001 a Bologna, in collaborazione con il Servizio Geologico della Regione Emilia e Romagna, il 1° Convegno sull'argomento. In seno alla FIST è stato poi costituito un apposito Gruppo di lavoro geologia e turismo, denominato Gigt, al giusto scopo di promuovere nuove e diversificate iniziative.

In ogni caso finora si è poco pensato a strutturare in maniera organica un'offerta turistica a livello locale, regionale o statale che offrisse, al notevole flusso di visitatori che investe la penisola nel corso dell'intero

anno, la possibilità di escursioni di tipo geologico.

Tali itinerari geologici presentano un triplice scopo:

- promuovere la conoscenza delle Scienze della Terra, così poco diffusa a livello di opinione pubblica e dei media;
- offrire nuove prospettive professionali a giovani geologi disoccupati o sottoccupati;
- spostare una parte delle notevolissime presenze turistiche concentrate sui tratti costieri verso le zone interne, generalmente a basso livello di sviluppo, un riequilibrio economico-sociale al quale sono da tempo interessate tutte le amministrazioni italiane ed europee.

Le poche offerte proposte fino ad oggi sono limitate ad alcuni "sentieri geologici", generalmente utilizzabili solo a piedi e spesso non fruibili da persone non allenate nel camminare e generalmente realizzati all'interno di aree protette.

Finora risulta invece carente l'offerta diversificata di itinerari geologici, da sviluppare in auto, fuoristrada e persino in pullman, capaci di consentire a numerose persone la conoscenza delle meraviglie della geologia in diversi siti, per poche ore, per l'intera giornata o per più giorni.

Il Gruppo di Lavoro sui Geositi della SIGEA, costituitosi da qualche anno, fin dall'inizio della sua attività ha cercato, come propria iniziativa od in collaborazione, di coniugare la conservazione dei geositi con la loro gestione e promozione.

Sono stati già posti alla attenzione delle Amministrazioni locali:

- alcuni siti minerari dismessi, poco conosciuti ma di notevole valenza per l'educazione geologica, come la miniera solfifera di Cabernardi, comune di Sassoferrato, Ancona, dove SIGEA ha collaborato alla realizzazione del piccolo museo (Massoli-Novelli, 1996);
- il geosito "Buca dei Corvi", lungo la costa del comune di Rosignano Marittimo (Livorno), una insenatura con bella esposizione di ofioliti coperte dalla "panchina" di Castiglioncello (Gisotti & Massoli-Novelli 1997);
- il 1° sentiero geologico-storico delle Isole Eolie, a Ginostra, isola di Stromboli, con otto stop corrispondenti ad altrettanti geositi e con possibile ritorno subacqueo (Massoli-Novelli & Canessa, 1997b; Massoli-Novelli, 1999b);
- alcuni notevoli geositi nel territorio di Sassoferrato (Ancona) e comuni vicini, collegabili con un itinerario geologico di una giornata (Massoli-Novelli, 1999a);
- l'eccezionale faraglione di Pizzomunno, a Vieste, Gargano - Foggia, con caratteri eccezionali sotto il profilo della fruizione, infatti è osservato ogni anno da un milione e mezzo di persone

(Massoli-Novelli et alii, 2001c);

- i principali geositi del Parco Regionale Sirente-Velino, Abruzzo, con l'individuazione e l'analisi di trentasei geositi, otto dei quali giudicati di importanza notevole (Lorè et alii, 2002);
- i principali geositi della provincia di Potenza, con l'individuazione e l'analisi di trenta geositi (Masiello, 2002).

Altre iniziative, dedicate in particolare alla promozione di sentieri ed itinerari geologici ed al geoturismo, stanno per nascere nell'ambito di una collaborazione con il Dipartimento Polis dell'Università di Genova, con finanziamento Murst.

Un recente esempio pratico di geoturismo italiano, attuato anche al di fuori di aree protette, viene dal Friuli-Venezia Giulia. In questa regione c'è praticamente quasi tutto sotto il profilo geologico e geomorfologico. La catena alpina a nord, le Prealpi, i laghi alpini, i torrenti e le incisioni fluviali, i sistemi carsici in quota, le colline moreniche, le morfologie collinari relitte, i conoidi fluviali che raccordano la fascia pedemontana alla pianura, i tracciati asciutti dei fiumi ancora a regime torrentizio, un'enorme pianura sede di un sistema freatico colossale, i meandri fluviali del Medio Friuli e della Bassa, le risorgive, la laguna, le isole e le spiagge.

E ancora il Carso ed i sistemi carsici della Prealpi, le sequenze paleozoiche ed il Trias carnico, le venute di idrocarburi segnalate storicamente e le miniere ora dismesse, la Grotta Gigante cavità naturale turistica più grande al mondo e gli abissi del Canin, con il pozzo in unica verticale più profondo al mondo e molto altro ancora.

Su queste basi sono stati progettati in Fvg diversi itinerari geologici che sono sicuramente migliorabili, ma che rappresentano l'embrione di un progetto che ha già destato molto interesse. Il progetto si chiama "Geoadventures", possiede il patrocinio del Gruppo di Lavoro Geositi della SIGEA e si propone come un nuovo lavoro professionale per geologi, analogamente a quanto già accade per il settore archeologico e per quello naturalistico. In pratica si tratta di organizzare itinerari di tipo geologico sia per i residenti sia per i milioni di turisti che soprattutto in estate affollano le coste del Friuli, trascurando le straordinarie valenze geologiche dell'entroterra (De Lotto & Massoli-Novelli, 2002).

In generale il geoturismo risulta una iniziativa importante sotto il profilo socio-economico soprattutto nelle aree montane, poco popolate ed anzi soggette ad ulteriore emigrazione dei giovani, poco o nulla industrializzate, a basso reddito. Esempi di questo tipo sono numerosi nel mondo: dalla rete di parchi di tipo geologico dell'Ovest degli Stati Uniti, in particolare Utah ed Arizona, alle numerose aree protette di tipo mon-

tano italiane, in particolare il Parco Nazionale d'Abruzzo, le valenze geologiche hanno notevolmente contribuito alla crescita di consistenti flussi turistici, anche se nelle aree protette italiane esiste una errata, generale tendenza a privilegiare i valori biotici rispetto a quelli abiotici.

GEOSITI E SVILUPPO SOSTENIBILE

Partendo dalla definizione di Brown 1981 "lo sviluppo sostenibile è quello realizzato da una società che soddisfa le proprie esigenze senza ridurre le prospettive delle generazioni future", appare evidente come nella cultura dei geositi vi siano tutte le premesse di tale filosofia ambientale.

È stato prima esposto che progettare un sentiero geologico oppure attuare un'area protetta di tipo geologico significa "usare" il bene geologico al fine di produrre conoscenza e cultura ambientale, apportare benefici socio-economici alla popolazione locale, conservando il bene stesso per le generazioni future. Aggiungendo che il bene geologico è una risorsa non rinnovabile, appare evidente come si tratti della applicazione pratica dello sviluppo sostenibile.

Occorre peraltro considerare che si tratta di problemi e di beni sistemici, tra loro connessi e dipendenti, e che è impossibile comprenderli come beni singoli, per tipologia o per localizzazione. Non a caso in sede internazionale (Wimbledon et alii, 1996) e nazionale (ProGEO, 1998; Massoli-Novelli, 2001a) è stato dimostrato che la conservazione e la gestione dei geositi va applicata partendo da singoli contesti per poi arrivare ad inventari globali, prima nazionali e poi internazionali. La ricerca deve quindi condurre ad inventari coordinati, su grandi aree e sulla grande scala, mediante una cornice (*framework*) che possa generare visioni e gestioni unitarie.

Anche sotto tale profilo vi è accordo con la filosofia dello sviluppo sostenibile: questo infatti viene comunemente inteso come una strategia globale e non meramente locale, di una crescita che sia non solo economica ma soprattutto culturale e sociale, nella continua ricerca di uno sviluppo in armonia con la natura ed il rispetto dell'ambiente.

Nell'ottica di tali strategie e di tali concetti, l'individuazione di un sistema di geositi, poi la realizzazione di una rete di itinerari geologici come anche la creazione di una rete di Apg (Aree protette di tipo geologico), rappresentano gli strumenti da utilizzare, accanto ad altri, per contribuire in maniera determinante alla diffusione e alla applicazione dello sviluppo sostenibile.

Si riportano qui di seguito due importanti esempi di sviluppo sostenibile legato alla conservazione e fruizione di importanti geositi. Il primo esempio è in Italia, nelle Marche. Il secondo in Francia, in Provenza.

LA GROTTA DI FRASASSI (ANCONA)

In Italia e nel mondo i primi geositi ad essere interessati dal geoturismo sono risultati soprattutto le cavità carsiche. Nel nostro Paese risultano una cinquantina le grotte fruibili turisticamente, delle quali circa metà sono in esercizio oggi (Burri, 2002). Si tratta di geositi fragili, ove notoriamente non risulta facile contemperare conservazione e fruizione, e che necessitano, per una gestione eco-compatibile, a basso livello di impatto, di particolari valenze progettuali e di adeguati investimenti.

In ogni caso si ritiene che la razionale turicizzazione di una cavità carsica, con tutti i dovuti accorgimenti per attuare una gestione eco-compatibile, rientri nell'ambito dello sviluppo sostenibile.

Sotto il profilo di un apporto socio-economico positivo, apportato dallo sviluppo sostenibile di un geosito in un'area a basso livello di economia, appare notevole l'esempio della Grotta di Frasassi (Ancona). In realtà si tratta di due complessi ipogei che si sviluppano entro il Calcere Massiccio sui due lati della Gola della Rossa, un'area già spettacolare sotto il profilo geomorfologico. Il complesso ubicato sulla destra idrografica del Fiume Sentino comprende il percorso turistico della Grotta Grande del Vento.

Questa grotta è stata scoperta e successivamente valorizzata da circa trenta anni, nell'ambito di due comuni, Genga e Sassoferrato, ad economia prevalentemente agricola, creando man mano un notevole indotto ed un flusso turistico costante (una media di 350.000 visitatori/anno negli ultimi cinque anni), proveniente soprattutto dalla costa marchigiana.

Appare opportuno ricordare che all'inizio vi furono feroci opposizioni da parte di associazioni ambientaliste, in particolare il Wwf di Fabriano, nei confronti del progetto di turicizzazione, pur di una parte ridotta del grandioso complesso ipogeo.

L'impatto del turismo, su una cavità peraltro di eccezionali dimensioni, è stato limitato da numerosi accorgimenti (porte scorrevoli sincronizzate, luci fredde, continuo controllo dei visitatori, ecc); inoltre molti altri importanti ambienti ipogei di questo enorme complesso sono rimasti intoccati.

Da notare che al contrario delle normali procedure, qui è stato prima valorizzato il geosito, poi dalla importanza e dall'indotto geologico-culturale di questo, è scaturita successivamente un'area protetta, il recentemente istituito Parco regionale naturale della Gola della Rossa.

A pochi chilometri dall'importante sistema di cavità carsiche di Frasassi esistono quattro altri importanti geositi, non ancora collegati nell'ambito di un itinerario geologico ancora da realizzare:

- l'ittiosaurio di S. Vittore di Genga (Ancona), depositato presso un locale, piccolo museo; l'esemplare, lungo circa 3 metri ed in ottimo stato di conservazione, venne rinvenuto negli anni Settanta durante i lavori di costruzione della superstrada Fabriano-Ancona, in strati di calcare micritico giuresi disposti a franapoggio;

- la miniera solfifera dismessa di Cabernardi (Sassoferrato, Ancona), anch'essa con un piccolo Museo della Miniera già realizzato in loco, e con parte dell'antico insediamento industriale per l'estrazione del minerale, che avveniva in condizioni di grandissimo rischio alla profondità di 400 metri ed in condizioni geostrutturali pericolose, con gli strati della gessoso-solfifera in posizione subverticale (oltre 120 minatori deceduti in alcuni decenni di attività!);

- lo spettacolare affioramento di scaglia rosa, con grande piega ed erosione differenziale, che sorregge la Rocca del Cardinale Albornoz (sec. XIV°), nel centro-storico di Sassoferrato;

- la valle del Sentino tra Scheggia ed Isola Fossara (Perugia), percorso notevole per la valenza paesaggistica, per la bella esposizione della serie umbromarchigiana, per gli importanti affioramenti fossiliferi di Rosso Ammonitico.

Occorre infine ulteriormente sottolineare l'importante riequilibrio economico-sociale legato al geoturismo nelle zone collinari-montane: spostare una parte delle notevolissime presenze turistiche concentrate sui tratti costieri verso le zone interne, generalmente a basso livello di sviluppo, significa alleggerire il traffico ed il consumo del territorio lungo la costa e limitare l'emigrazione e lo spopolamento delle soprastanti, povere e disabitate, aree montane.

LA RISERVA GEOLOGICA DELL'ALTA PROVENZA (FRANCIA)

La Francia ha appositamente creato una rete di dodici Riserve geologiche. La più importante risulta di gran lunga la Reserve Geologique de Haut Provence (Rghp), che oggi si estende per 1.900 kmq, ed è la più grande Riserva geologica europea ed uno dei più attivi Geoparchi dell'Unesco.

Nata nel 1984 per iniziativa del Comune di Digne-les-Bains, ha assunto man mano sempre maggiore importanza, sotto l'attiva guida del Direttore Guy Martini.

Nel 1991 proprio a Digne ebbe luogo il primo Simposio internazionale sulla protezione del patrimonio geologico, per iniziativa congiunta della Rghp, dell'European Working Group for Earth Science Conservation (Ewgesc) e del nascente gruppo europeo di ProGEO. Durante il Simposio ven-

ne approvata l'importante Dichiarazione Internazionale dei Diritti della Memoria della Terra (AA.VV., 1994), con l'adesione di 100 esperti provenienti da trenta Paesi.

Il territorio della Riserva si presenta piuttosto aspro e poco popolato: su 1.900 kmq vivono solo 50.000 persone, con alte percentuali di pensionati e di disoccupati e con una densità di popolazione soltanto di 7.6 abitanti/kmq nelle estese zone agricole e pastorali (Martini & Pagès, 1999). L'economia, fino alla crescita della Rghp, era esclusivamente basata sulla pastorizia, con poca agricoltura.

Malgrado il territorio della Riserva presenti caratteri non particolarmente favorevoli allo sviluppo turistico, e malgrado l'obiettivo principale dell'iniziativa resti quello della sempre maggiore conoscenza e della conservazione del patrimonio geologico locale, vi è stato un notevole incremento delle presenze turistiche (circa 100.000 visitatori/anno) e della occupazione giovanile, sia diretta che indiretta.

I musei principali sono diventati tre, ognuno con contenuti diversi, a Digne, Sisteron e Castellane.

Il successo della iniziativa risiede sia nelle capacità gestionali dei dirigenti della Riserva sia nei concetti ispiratori, riconducibili alla filosofia dello sviluppo sostenibile.

In particolare:

- stretta collaborazione con gli enti locali, coinvolgendoli ed interessandoli sotto ogni aspetto;
- da molti anni la Riserva lavora assieme alle scuole rurali, organizzando con loro mostre di fossili e minerali ed altre attività, concorrendo alla crescita della conoscenza sulla Memoria della Terra;
- aumento continuo del consenso della popolazione, molto importante ai fini della protezione dei geositi, in particolare quelli fossiliferi, notoriamente tra i più a rischio;
- collaborazione con Università ed Enti nazionali ed internazionali e conseguente incremento della ricerca, della scoperta e della valorizzazione di nuovi geositi;
- sostegno al turismo didattico e scientifico;
- creazione di nuove opportunità professionali (laboratorio di analisi, servizio di ricerca geotecnica, allestimento museologico);
- creazione di nuovi posti di lavoro nel settore dell'ecoturismo.

Si può concludere affermando che nelle aree protette di tipo geologico, quando ben gestite, analogamente al caso di studio della Reserve Geologique dell'Alta Provenza, le Scienze della Terra, unitamente ad educazione, ricerca, cultura, capacità creative, promuovono la crescita socio-economica dell'area, creando le basi dello sviluppo sostenibile del territorio e dei suoi abitanti.

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. (1994): ACTES DU PREMIER SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR LA PROTECTION DU PATRIMOINE GEOLOGIQUE. DIGNE-LES-BAINS, 11-16 JUIN 1991, MEMOIRES SOC. GEOL. DE FRANCE, 1-276.

ARNOLDUS-HUYZENDVELD A., GISOTTI G., MASSOLI-NOVELLI R., ZARLENGA F. (1995): I BENI CULTURALI A CARATTERE GEOLOGICO: I GEOTIPI. UN APPROCCIO CULTURALE AL PROBLEMA. GEOL. TECN. E AMBIENTALE, ROMA, N°4, 35-48.

BARCA S. & DI GREGORIO F. (1999): PAESAGGI E MONUMENTI GEOLOGICI DELLA PROVINCIA DI CAGLIARI. DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA TERRA, UNIVERSITÀ CAGLIARI, 1-421.

BENVENUTI M., BONI M., BRANCUCCI G., BORTOLAMI G., BURLANDO M., COSTANTINI E., GISOTTI G., GUADO G., MARCHETTI M., MASSOLI-NOVELLI R., PANIZZA M., POLI G., ZARLENGA F. (1998): THE CONSERVATION OF GEOLOGICAL HERITAGE IN ITALY: STATE OF THE ART AND FUTURE PERSPECTIVES OF THE "GEOSITES" PROJECT. PROCEEDINGS II^o GENERAL ASSEMBLY PROGEO, SOFIA, BULGARIA, 6-11 JUNE. GEOLOGICA BALC., 28, 3-4; 117-123.

BERTACCHINI M., CORATZA P., PIACENTE S. (2002): I BENI GEOLOGICI COME ESPRESSIONE E VEICOLO CULTURALE PER TUTTI UN PROGETTO IN EMILIA ROMAGNA. GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, 2, SIGEA, ROMA.

BRANCUCCI G. & BURLANDO M. (1999): GEOSITES INVENTORY IN LIGURIA (NORTHERN ITALY): ACTIVATION PHASES AND ITS POSSIBLE FUTURE DEVELOPMENTS. PROCEED. III INTERN. SYMP. PROGEO ON THE CONSERV. OF THE GEOLOGICAL HERITAGE, MADRID, NOVEMBER 1999, 441-446.

BRANCUCCI G., BURLANDO M., MASSOLI-NOVELLI R. (1999): "THE GEOLOGICAL-GEOMORPHOLOGICAL FEATURES RELATED TO THE ITALIAN SITES IN THE UNESCO WORLD HERITAGE LIST". PROCEED. III INTERN. SYMP. PROGEO ON THE CONSERV. OF THE GEOLOGICAL HERITAGE, MADRID, NOVEMBER 1999, 23-25.

BRANCUCCI G. & BURLANDO M. (2001) - LA SALVAGUARDIA DEL PATRIMONIO GEOLOGICO, SCELTA STRATEGICA PER IL TERRITORIO. L'ESPERIENZA DELLA LIGURIA. FRANCO ANGELI, 96 PP.

BROWN L. (1981): STATE OF THE WORLD. WORLDWATCH INSTITUTE.

BURRI E. (2002): FRUIZIONE TURISTICA DEI GEOSITI DI NATURA CARSCICA. GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, 2, SIGEA, ROMA.

CASTO L. & ZARLENGA F. (1992) - I BENI CULTURALI A CARATTERE GEOLOGICO NELLA MEDIA VALLE DEL TEVERE. ENEA, DIPARTIMENTO AMBIENTE - REGIONE LAZIO, ASSESSORATO ALLE POLITICHE PER LA PROMOZIONE DELLA CULTURA, DELLO SPETTACOLO, DEL TURISMO E DELLO SPORT, C.R.D., 1-165

CASTO L. & ZARLENGA F. (1996) - I BENI CULTURALI A CARATTERE GEOLOGICO DEL LAZIO: IL DISTRETTO VULCANICO DI ALBANO. ENEA, DIPARTIMENTO AMBIENTE - REGIONE LAZIO, ASSESSORATO ALLE POLITICHE PER LA PROMOZIONE DELLA CULTURA, DELLO SPETTACOLO, DEL TURISMO E DELLO SPORT, C.R.D., 1-143

CASTO L. & ZARLENGA F. (1997) - I BENI CULTURALI A CARATTERE GEOLOGICO DEL LAZIO: LA PIANURA PONTINA, FONDANA E I MONTI AUSONI MERIDIONALI. ENEA, DIPARTIMENTO AMBIENTE - REGIONE LAZIO, ASSESSORATO ALLE POLITICHE PER LA PROMOZIONE DELLA CULTURA, DELLO SPETTACOLO, DEL TURISMO E DELLO SPORT, C.R.D., 1-117

D'ANDREA M. & DI LEGNINO M. (2002): - PROGETTO SGN "CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO GEOLOGICO": I CENSIMENTI SUI SITI DI INTERESSE GEOLOGICO IN ITALIA. GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, 2, SIGEA, ROMA.

DE LOTTO A. & MASSOLI-NOVELLI R. (2002): GEOLOGIA E TURISMO: ITINERARI GEOLOGICI IN FRIULI-VENEZIA GIULIA. GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, 2, SIGEA, ROMA.

EDER W. (1999): UNESCO GEOPARKS: A NEW INITIATIVE FOR PROTECTION AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE EARTH'S HERITAGE. BULL. INTERN. GEOGR. UNION, 49(2), 165-166.

GISOTTI G. & MASSOLI-NOVELLI R. (1997): I GEOTIPI NELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE. ATTI IX CONGR. ORD. NAZ. GEOL., ROMA, APRILE 1997, 307-311.

GISOTTI G. & BURLANDO M. (1998): THE ITALIAN JOB: EARTH HERITAGE CONSERVATION IN ITALY. EARTH HERITAGE MAGAZINE, 9, 11-13.

LORE' A., MASSOLI-NOVELLI R., PETITTA M., TALLINI M. (2002): I GEOSITI DEL PARCO REGIONALE SIRENTE-VELINO (ABRUZZO). GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, SIGEA, ROMA, 2.

MARTINI G. & PAGES (1999): IL PATRIMONIO GEOLOGICO QUALE FATTORE DI SVILUPPO ECONOMICO. IN GEOSITI: TESTIMONI DEL TEMPO, A CURA DI G. POLI, REGIONE EMILIA-ROMAGNA, 212-217.

MASSOLI-NOVELLI R. (1992): MONUMENTI GEOLOGICI IN ATTESA DI TUTELA. AMBIENTE, N° 34, ROMA, 42-43.

MASSOLI-NOVELLI R. (1996): GEOTIPI E SITI MINERARI. GEOLOGIA

DELL'AMBIENTE, SIGEA, ROMA, 2, 6-9.

MASSOLI-NOVELLI R., AGOSTINI S., BURRI E. & PETITTA M. (1996A): IMPORTANT GEOSITES IN ABRUZZI. ATTI II SYMP. INTERN. PROGEO, 20-22 MAGGIO 1996 ROMA, MEM. DESCR. CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, SERV. GEOL. NAZ., 289-294.

MASSOLI-NOVELLI R., BURRI E., PENSABENE G. & PETITTA M. (1996B): PROBLEMS ABOUT THE PRESERVATION OF GEOMORPHOLOGICAL ENVIRONMENT AND UNDERGROUND SETTLEMENTS IN CAPPADOCIA (TURKEY). ATTI II SYMP. INTER. PROGEO, 20-22 MAGGIO 1996 ROMA, MEM. DESCR. CARTA GEOL. D'ITALIA, SERV. GEOL. NAZ., 391-396.

MASSOLI-NOVELLI R., PETITTA M. (1997A): GEODIVERSITY AND GEOCONSERVATION IN ABRUZZI (ITALY). SHORT NOTE IN PROCEEDINGS INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENGINEERING GEOLOGY AND THE ENVIRONMENT, ATHENS, GREECE, 23-27 JUNE 1997, VOL. 4.

MASSOLI-NOVELLI R. & CANESSA A. (1997B): UN BENE GEOLOGICO DA TUTELARE: L'ISOLA DI STROMBOLI. GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, SIGEA, ROMA, 2, 2-5.

MASSOLI-NOVELLI R., BURRI E., PETITTA M. (1999): THE TYPOLOGY OF GEOSITES IN THE ABRUZZO REGION. PROCEED. III INTERN. SYMP. PROGEO ON THE CONSERV. OF THE GEOLOGICAL HERITAGE, MADRID, NOVEMBER 1999, 151-154.

MASSOLI-NOVELLI R. (1999A): "MONUMENTI GEOLOGICI - CONSERVARE IL PATRIMONIO DELLA TERRA". EDIZIONI ARTEMISIA, ROMA, 140 SCHEDE, 170 FOTOCOLOR, 1-200.

MASSOLI-NOVELLI R. (1999B): AN IMPORTANT ITALIAN GEOSITE: THE VOLCANO-ISLAND OF STROMBOLI (SICILY). PROCEED. III INTERN. SYMP. PROGEO ON THE CONSERV. OF THE GEOLOGICAL HERITAGE, MADRID, NOVEMBER 1999, 410-415.

MASSOLI-NOVELLI R. (2001A): INVENTARI DI GEOSITI IN ITALIA: STATO DELL'ARTE.

GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, 1, SIGEA, ROMA, 10-13

MASSOLI-NOVELLI R. (2001B): GEOSITI E PAESAGGIO. GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, 2, SIGEA,

ROMA, 36-40

MASSOLI-NOVELLI R., RUSSI A., SOLLITTO M. (2001C): ALL'ESTREMO DEL MONDO: PIZZOMUNNO (VIESTE). POSTER, GEOTALIA, FIST, CHIETI, 5-8 SETTEMBRE 2001

MASSOLI-NOVELLI R. (2002): GEOSITI: UN PATRIMONIO DA SALVARE. CD, 120 SCHEDE, 120 FOTOCOLOR, RUSSISoftware, BOLZANO.

MINETTI A., NANNI T., PRINCIPI M. (1991): LE EMERGENZE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE DELLE MARCHE (PIANO PAESISTICO AMBIENTALE REGIONALE). PP 1-710, REGIONE MARCHE, ASSESSORATO URBANISTICA E AMBIENTE, ANCONA.

PANIZZA M. & PIACENTE S. (2002): GEOSITI NEL PAESAGGIO ITALIANO: RICERCA, VALUTAZIONE E VALORIZZAZIONE. UN PROGETTO DI RICERCA PER UNA NUOVA CULTURA GEOLOGICA. GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, 2, SIGEA, ROMA.

POLI G. (A CURA DI) (1999): "GEOSITI: TESTIMONI DEL TEMPO". REGIONE EMILIA-ROMAGNA, SERVIZIO PAESAGGIO, PARCHI E PATRIMONI NATURALI, BOLOGNA, 1-259.

PROGEO (WIMBLEDON W. ET ALII) (1998): A FIRST ATTEMPT AT A GEOSITES FRAMEWORK FOR EUROPE - AN IUGS INITIATIVE TO SUPPORT RECOGNITION OF WORLD HERITAGE AND EUROPEAN GEODIVERSITY. PROCEEDINGS MEETING PROGEO "GEOLOGICAL HERITAGE OF EUROPE", SOFIA, BULGARIA, 6-11 JUNE. GEOLOGICA BALCANICA, 28, 3-4, 5-32.

REGIONE LOMBARDIA (1982) - BIOTIPI E GEOTIPI. NATURA IN LOMBARDIA. VOL. 7, SERVIZIO TUTELA AMBIENTE NATURALE E PARCHI, REGIONE LOMBARDIA, 1-261.

WIMBLEDON W.A.P. ET ALII (1995): THE DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR THE SELECTION OF BRITISH GEOLOGICAL SITES FOR CONSERVATION: PART 1. - MODERN GEOLOGY, 20, 159-202.

WIMBLEDON W.A.P. ET ALII (1996): GEOLOGICAL WORLD HERITAGE: GEOSITES - A GLOBAL COMPARATIVE SITE INVENTORY TO ENABLE PRIORITISATION FOR CONSERVATION. PROCEEDINGS II^o INTERN. SYMPOS. PROGEO ON CONSERVATION OF OUR GEOLOGICAL HERITAGE, SERV. GEOL. NAZ., 20-22 MAGGIO, ROMA 1996, 45-60

ZARLENGA F. (1996) I GEOTIPI, DALLA RICERCA SCIENTIFICA ALLA PIANIFICAZIONE, CONTROLLO E GESTIONE. GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, 4, SIGEA, ROMA, 3-6

ZURRU M. (1996): RETE DI GEOTIPI PER LA PIANIFICAZIONE DEL PAESAGGIO E LO SVILUPPO DEL TURISMO NELL'AREA DEL LORELY (ALTO E MEDIO RENO, GERMANIA). ATTI II SYMP. INTER. PROGEO, 20-22 MAGGIO 1996 ROMA, MEM. DESCR. CARTA GEOL. D'ITALIA, SERV. GEOL. NAZ., 455-464.

I GEOMORFOSITI TRA RICERCA SCIENTIFICA, INTEGRAZIONE CULTURALE E ISPIRAZIONE ARTISTICA

MARIO PANIZZA

SANDRA PIACENTE

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA,
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MODENA E
REGGIO EMILIA

Parole chiave: geomorfositi, paesaggio fisico, censimento.

RIASSUNTO

Vengono descritte alcune iniziative riguardanti la ricerca di base e applicata sui siti geomorfologici.

Ricerca scientifica. Comprende tutte le ricerche sui geomorfositi con i seguenti obiettivi: evidenziare e valutare i valori culturali del paesaggio fisico; promuovere una nuova sensibilità geologica; mettere a punto una metodologia per l'individuazione, il censimento e la rappresentazione dei geositi, collegati anche a un archivio informatizzato; realizzare dei percorsi a carattere tematico; predisporre dei progetti didattici.

Integrazione culturale. Inserisce i geomorfositi in un paesaggio culturale integrato: le ricerche vengono condotte secondo tre tipi di approcci, ambientale, storico e filosofico-culturale; il primo si basa sui rapporti fra l'ambiente e i beni archeologici, storico-architettonici ecc.; il secondo si basa sulla storia come asse interpretativo; il terzo riguarda il dialogo e l'integrazione culturali fra discipline umanistiche e discipline scientifiche.

Ispirazione artistica. Considera i geomorfositi come fonte d'ispirazione artistica di tipo letterario, pittorico, etc.: per esempio è stato realizzato un percorso "geologico-letterario", che ha preso le mosse dall'ipotesi che esistesse una specificità poetica e culturale emiliano-romagnola legata ai lineamenti geomorfologici del territorio.

ABSTRACT

The geomorphosites between scientific research, cultural integration and artistic suggestion

Are described some initiatives concerning basic and applied research on Geomorphosites.

Scientific research. This includes all research on geomorphological sites with the following goals: identification and assessment of cultural values of physical landscape enhancement of a new geological consciousness; application of a methodology for the description, census and mapping of geosites in connection with a computer-based archive; realisation of thematic routes; organisation of educational projects.

Cultural integration. This inserts geomorphological sites in an integrated cultural landscape; the investigations are carried out according to three conceptual perspectives: environmental, historical and philosophical-cultural; the first is based on the relationship between the environment and the cultural heritage, the second is based on history as a means of interpretation, the third concerns the cultural communication and integration of humanistic and scientific disciplines.

Artistic suggestion. This considers geomorphological sites as a source of artistic inspiration: for example a geological-literary itinerary was organised starting from the assumption of the existence of specific Emilia-Romagna poetics and culture, linked to the outstanding morphological and geological features of the territory.

PREMESSA

Negli ultimi anni si sta constatando un interesse sempre più crescente dell'opinione pubblica verso i siti geologici e in particolare quelli geomorfologici. Questa tendenza si manifesta sia attraverso attività spontanee verso la natura, sia con iniziative legislative di censimento, protezione e recupero, sia con ricerche scientifiche attraverso rigorosi studi metodologici ed applicativi.

Questi impulsi coinvolgono le realtà locali, come associazioni ecologiste, amministrazioni pubbliche, enti di tutela, etc., i contesti nazionali, come progetti di ricerca, normative ministeriali, etc. e quelli internazionali, come i programmi dell'Unesco, della ProGeo, dell'Associazione Internazionale Geomorfologici, ecc.

Il complesso di interventi, prospettive e finalità di queste tematiche può essere schematizzato in tre grandi ambiti.

Ricerca scientifica. Comprende tutte le ricerche sui geomorfositi (Panizza, 2001), in quanto risorsa naturale da individuare, censire, valutare, proteggere e valorizzare.

Integrazione culturale. Inserisce i geomorfositi in un paesaggio culturale integrato.

Ispirazione artistica. Considera i geomorfositi come fonte di ispirazione artistica di tipo letterario, pittorico, etc.

In questa nota i tre punti suddetti verranno sviluppati facendo riferimento alle esperienze fin'ora condotte dai due autori e dai loro collaboratori, in ambiti locali, nazionali e internazionali.

RICERCA SCIENTIFICA

Sono stati compiuti studi di base e realizzati progetti di ricerca applicativi, alcuni ancora in corso, sia all'interno di finanziamenti

ministeriali e dell'Unione Europea, sia in convenzione con amministrazioni pubbliche.

Le ricerche, iniziate circa 20 anni fa, si sono sviluppate con questi obiettivi.

- Evidenziare e valutare i valori culturali del paesaggio fisico (Panizza, 1989; Panizza & Piacente, 1989; Panizza, 1992a; Panizza 2001).

- Promuovere una nuova sensibilità geologica (Piacente, 1999a; 1999b)

- Mettere a punto una metodologia per l'individuazione e il censimento dei geositi (Panizza, 1992b; Carton & al., 1994; Bertacchini & Marchetti, 1999).

- Presentare e sperimentare, anche in contesti paesaggistici diversi, una scheda di catalogazione collegata ad un archivio informatizzato (Marchetti, 1996; Bertacchini & al., 2002).

- Fornire un esempio di cartografia dei siti di interesse geologico, georeferenziata e contestualizzata all'interno di un territorio regionale (Piacente & al., 2001) (Fig. 1).

- Realizzare dei percorsi a carattere tematico, in cui il geosito si trasforma da "oggetto geologico" in "bene culturale" fruibile e godibile da tutti (Piacente et al. 2000; Bertacchini & al., 2001).

- Predisporre dei progetti didattici in cui i curricula svolti diventano l'occasione per avvicinare alla Geologia, non teorica ma "sul campo", gli studenti di ogni ordine e grado, durante il loro normale periodo di formazione scolastica (Piacente & Giusti, 2000; Bertacchini & al., 2001).

Partendo da queste premesse, le nostre ricerche si sono preoccupate di tradurre il complesso sistema ambiente-georisorsa in offerte e linguaggi accessibili ad un pubblico il più vasto possibile, anche in ambiti inusuali, quali: terza età, handicap, prima infanzia, utilizzando possibilmente forze e risorse locali, coinvolgendo in un ruolo privilegiato i giovani e gli anziani: i primi nella fase scolastica e professionale, i secondi nella conservazione e nella trasmissione delle esperienze e dei valori, utilizzando il passato in funzione del futuro.

Ciò nella convinzione, ormai diffusa in gran parte dei ricercatori, che l'aspetto geologico non ha ancora assunto il valore di Bene culturale condiviso e quindi, prima di proporre la conservazione è necessario partire dal suo riconoscimento attraverso strategie di sensibilizzazione, non solo e non tanto del mondo scientifico e delle istituzioni, quanto piuttosto della società in generale.

INTEGRAZIONE CULTURALE.

Una prospettiva stimolante di ricerca nell'ambito delle Scienze della Terra è rappresentata dai rapporti fra queste e il Patrimonio culturale, cioè i Beni di tipo archeologico, storico-architettonico ecc. o, più in generale, fra questi e l'intero contesto paesaggistico in cui sono inseriti. Le ricerche vengono condotte secondo tre approcci: ambientale, storico e filosofico-culturale.

L'approccio ambientale si basa sui rapporti fra l'ambiente (in particolare geomorfologico) e il patrimonio culturale connesso a questi Beni, in conformità a uno schema in cui il primo può essere considerato secondo due aspetti: le risorse paesaggistiche (per esempio i geomorfositi), da un lato, e le pericolosità naturali (per esem-

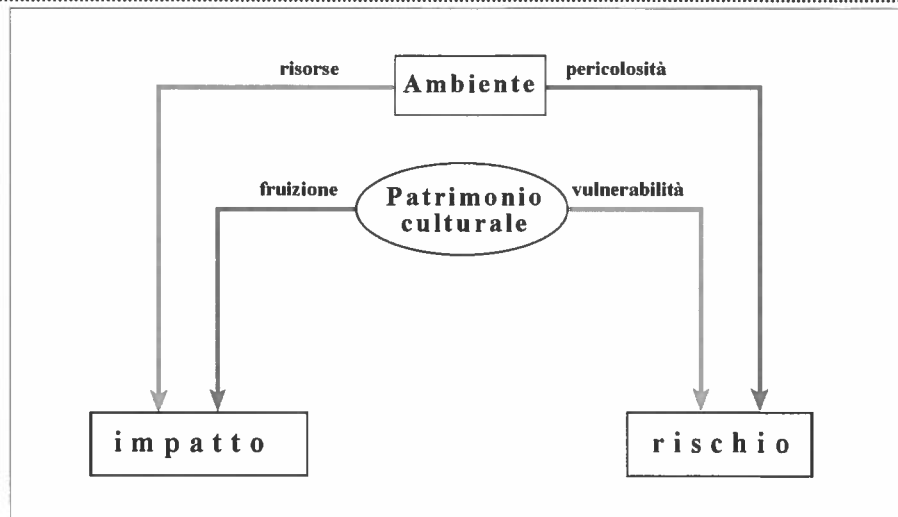


Fig. 2 - Schema dei rapporti fra ambiente e patrimonio culturale in termini di rischio e impatto.

pio frane o erosioni), dall'altro; il patrimonio culturale suddetto invece può essere inteso sia come vulnerabilità (cioè suscettibile di danni materiali), sia come sede di attività di fruizione, per esempio turistica (Panizza & Piacente, 1999a; 2000). Questi rapporti possono produrre delle situazioni di rischio o di impatto (Panizza, 1992b) (fig. 2).

L'approccio storico si basa sulla storia

come asse interpretativo, cioè sui concetti di continuità e d'integrazione fra il contesto paesaggistico attuale e, a ritroso, la sua storia e via via la sua preistoria, fino alla geostoria. Per esempio ci si può riferire alle relazioni fra le necessità sociali, strategiche o religiose, da una parte, e i fattori geomorfologici di un sito, dall'altra. Lo scopo è quello di riconoscere nel paesaggio le integrazioni e i rapporti determinatisi nel tempo, interpretando tutte le sue componenti "storiche" (lato sensu) in maniera interdisciplinare (Panizza e Piacente, 2000).

L'approccio filosofico-culturale riguarda il dialogo e l'integrazione culturali fra discipline umanistiche e discipline scientifiche. Per esempio, ci si può riferire alle relazioni fra le varie componenti del paesaggio (e quindi anche di quelle geomorfologiche) e i suoi aspetti sociali, politici, religiosi ecc (vedi ad esempio: Gambi & al., 1987), oppure fra edificazione, degradazione e restauro di un sito, da un lato, e provenienza, caratteristiche e reperibilità dei materiali da costruzione, dall'altro, anche in termini di politica di promozione culturale. Più in generale si tratta di dare risposta a quell'esigenza sempre più avvertita per una cultura "neo-umanistica", cioè per un'unità della cultura (Panizza, 1989).

ISPIRAZIONE ARTISTICA

Non c'è regione, non c'è luogo che non abbia aspetti naturali e, tra questi, quelli più marcatamente geomorfologici, che rendono un paesaggio significativo, unico per la sua conformazione, per l'atmosfera e le sensazioni che suggerisce. I segni del paesaggio sono una scrittura tracciata sulla superficie terrestre, un alfabeto inedito che il poeta e l'artista riprendono e reinterpretano, diventandone i testimoni emozionati ed emozionanti.

Partendo da queste constatazioni è stato realizzato un itinerario "geologico - letterario", che ha preso le mosse dall'ipotesi che esistesse una specificità poetica e culturale emiliano-romagnola, legata ai linea-

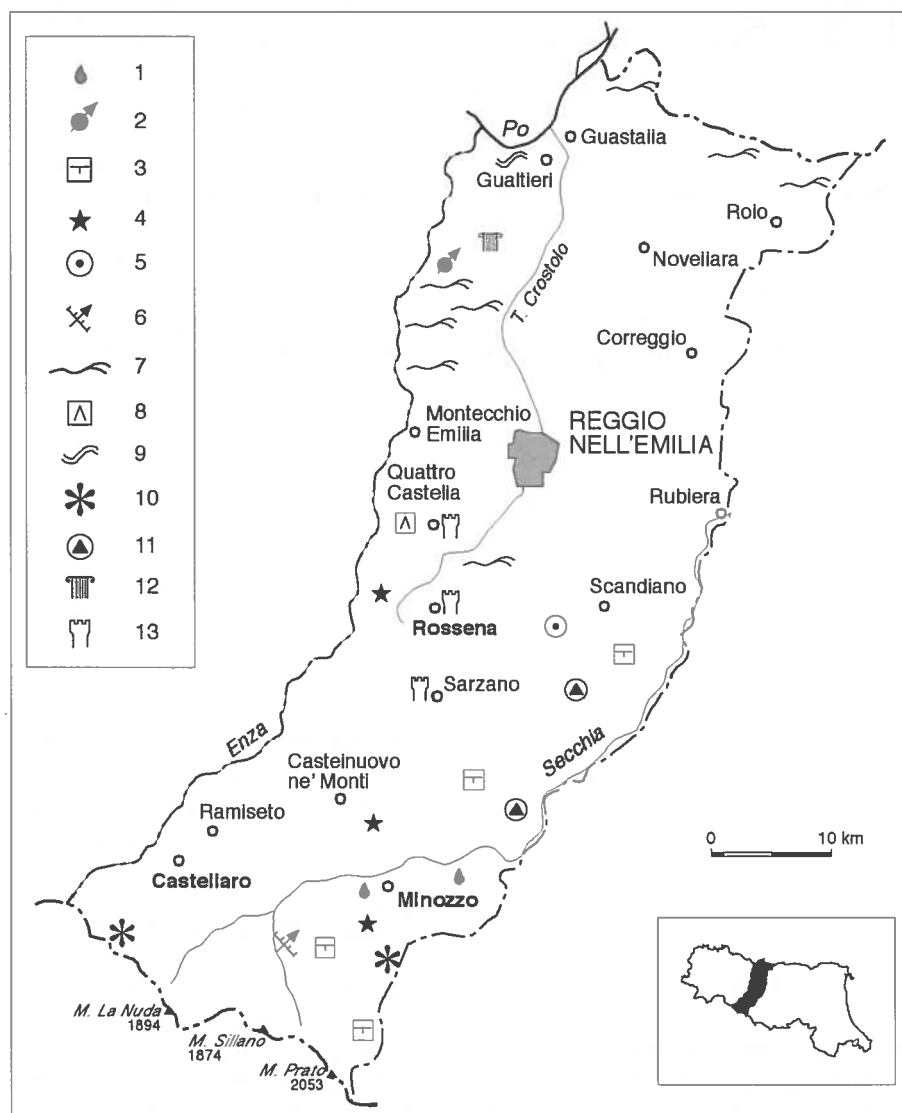


Fig. 1 - Esempio di cartografia riassuntiva dei siti di interesse culturale nella Provincia di Reggio Emilia.

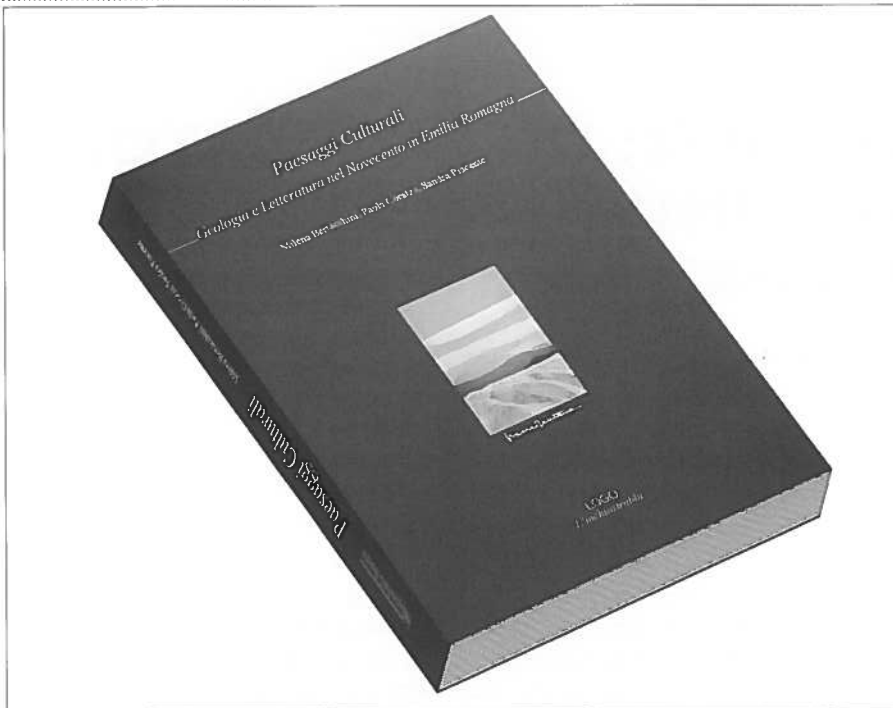


Fig. 3 - Copertina del volume di un itinerario geologico-letterario nella Regione Emilia-Romagna.

menti più marcatamente morfologici e geologici del territorio.

Ad ogni geosito e alla sua descrizione è stato abbinato un brano letterario di un autore che ben esprimeva atmosfere e identità di luoghi, esaltati anche da immagini fotografiche di un grande maestro emiliano dell'obiettivo (Bertacchini & al., 2002) (Fig. 3).

Il paesaggio visto dunque come lo spazio principe del pensiero; gli itinerari possibili che da reali diventano simbolici e viceversa; la geologia, la poesia e la letteratura come viatico, provvista per il viaggio, per un nuovo pellegrino della conoscenza.

Un altro progetto di ricerca di questo tipo è attualmente in via di realizzazione: consiste nello studio in chiave artista e geomorfologica di alcuni paesaggi, raffigurati, per esempio, da alcuni pittori veneti del Cinquecento. Si tratta di individuare nel paesaggio attuale quello che è stato dipinto in un quadro, per esempio una montagna dolomitica ritratta da Tiziano. Un critico d'arte dovrà condurre una ricerca sul dipinto, un geomorfologo studierà e descriverà le caratteristiche del paesaggio reale, un fotografo ne rinterpreterà artisticamente l'immagine. L'obiettivo è quello di ritrovare un legame nel tempo fra ciò che è stato, ciò che ha suggerito, ciò che è ora e ciò che una nuova tecnica può ispirare.

Nessun luogo è lontano o irraggiungibile, nessuna terra è "straniera" se riesce a trovare quel filo conduttore comune capace di guidare e coinvolgere anche il visitatore più distante o distratto, in quel patrimonio diffuso che è il paesaggio delle nostre terre.

CONCLUSIONI

Sulla base di queste ricerche e del loro approccio metodologico, nell'Anno accade-

mico 2001-2002, l'Università di Modena e Reggio Emilia ha inaugurato un nuovo Corso di Laurea triennale in "Scienze dei Beni culturali", che ha ottenuto un notevole successo, sia da parte degli studenti, che vi si sono iscritti numerosi, sia da parte delle istituzioni culturali e politiche locali e regionali (Panizza & Piacente, 2001).

Le conoscenze acquisite sia in termini di individuazione e valutazione dei problemi, che in termini di metodologie e tecniche, hanno lo scopo di formare un professionista capace di promuovere i necessari collegamenti fra le diverse competenze nello studio, nella diagnosi, nella conoscenza e nella tutela-valorizzazione dei Beni culturali e del relativo contesto. Il laureato dovrà, quindi, essere capace di interagire con gli specialisti delle varie discipline coinvolte nella gestione dei Beni in oggetto e di avvalersi dei peculiari apporti tecnico-scientifici. La sua attività, basata sullo studio e la conoscenza del contesto "storico" (Storia, Preistoria, Geostoria), consisterà nella progettazione d' interventi efficaci per la conoscenza e la protezione del Bene. Questa gestione dinamica è finalizzata anche ad una promozione culturale, sociale, economica e turistica e alle problematiche del rischio e dell'impatto ambientali.

BIBLIOGRAFIA

BERTACCHINI M., BETTELLI G., BONAZZI U., CAPEDE S., CAPITANI M., CASTALDINI D., CONTI S., CORRADINI D., FIORONI C., FONTANA D., FREGNI P., GASPERI G., GIUSTI C., LUGLI S., MARCHETTI M., PANINI F., PANIZZA M. & PELLEGRINI M., PIACENTE S., ROSSI A., SOLDATI M., & TOSATTI G. (1999). "I BENI GEOLOGICI DELLA PROVINCIA DI MODENA", ARTIOLI EDITORE, MODENA.

BERTACCHINI M., CORATZA P. & PIACENTE S. (2001). LE "PIETRE DEL DIAVOLO" TRA BORGHI E CASTELLI NELL'APPENNINO EMILIANO UN PERCORSO CULTURALE E DIDATTICO NEL PAESAGGIO OFIOLITICO. IN ATTI DEL CONVEGNO NAZIONALE "LE OFIOLITI: ISOLE SULLA

TERRAFERMA. PER UNA RETE DI AREE PROTETTE.", 22-23 GIUGNO 2001 RISERVA NATURALE MONTE PRINZERA.

BERTACCHINI M., CORATZA P. & PIACENTE S. (2002). PAESAGGI CULTURALI - GEOLOGIA E LETTERATURA NEL NOVECENTO IN EMILIA ROMAGNA. REGIONE EMILIA ROMAGNA, SERVIZIO VALORIZZAZIONE E TUTELA DEL PAESAGGIO, L'INCHIOSTROBLU ED., BOLOGNA.

BERTACCHINI M., CORATZA P. & PIACENTE S. (2002). LA MEMORIA DELLA TERRA, LA TERRA DELLA MEMORIA. REGIONE EMILIA ROMAGNA, SERVIZIO TUTELA DEL PAESAGGIO, L'INCHIOSTROBLU ED., BOLOGNA.

BERTACCHINI M. & MARCHETTI M. (1999). "I BENI GEOLOGICI DELLA PROVINCIA DI MODENA", ARTIOLI EDITORE, MODENA.

CARTON A., CAVALLI A., FRANCAVILLA F., MANTOVANI F., PANIZZA M., PELLEGRINI G.B., TELLINI C. CON LA COLL. DI BINI A., CASTALDINI D., GIORGI G., FLORIS B., MARCHETTI M., SOLDATI M. & SURIAN N. (1994). RICERCHE AMBIENTALI PER L'INDIVIDUAZIONE E LA VALUTAZIONE DEI BENI GEOMORFOLOGICI. METODI ED ESEMPLI. IL QUATERNARIO, 7(1b).

GAMBI L., MINGHELLI F., PELLEGRINI M., POZZI F.M., SANTINI G. & SPAGGIARI A. (1987). "LA VIA VANDELLI STRADA DUCALE DEL '700 DA MODENA A MASSA. I PERCORSI DEL VERSANTE EMILIANO". ARTIOLI ED. MODENA.

MARCHETTI M. (1996). A METHOD FOR SURVEYING, MAPPING AND ASSESSING LANDFORMS AS GEOMORPHOLOGICAL ASSETS. IN PANIZZA M. "ENVIRONMENTAL GEOMORPHOLOGY", ELSEVIER.

PANIZZA M. (1989). BENI "GEOLOGICI" E CULTURA DEL PAESAGGIO. ATTI CONV. INTERN. ACCAD. NAZ. LINCEI.

PANIZZA M. (1992a). SULLA VALUTAZIONE DEI BENI AMBIENTALI. MEM.DESCR.DELLA CARTA GEOL. D'IT.

PANIZZA M. (1992b). GEOMORFOLOGIA. PITAGORA ED., BOLOGNA.

PANIZZA (2001). GEOMORPHOSITES: CONCEPTS, METHODS AND EXAMPLES OF GEOMORPHOLOGICAL SURVEY. CHINESE SCIENCE BULLETIN, 46, 4-6.

PANIZZA M. & PELLEGRINI M. (1999). I BENI DI TIPO GEOMORFOLOGICO. IN: BERTACCHINI M., GIUSTI C., MARCHETTI M., PANIZZA M. & PELLEGRINI M. (Eds.), I BENI GEOLOGICI DELLA PROVINCIA DI MODENA. ARTIOLI EDITORE, MODENA.

PANIZZA M. & PIACENTE S. (1989). GEOMORPHOLOGICAL ASSETS EVALUATION. PROC. INT. GEOMORPH., Z. GEOMORPH. N. F., SUPPL. Bd. 87, FRANKFURT.

PANIZZA M. & PIACENTE S. (1999a). CONOSCENZA GEOLOGICA E GESTIONE DEI BENI ARCHITETTONICI. I.B.C. EMIL. ROM., ATTI CONV. INT. ARCHEOLOGIA E AMBIENTE, A.B.A.C.O. ED.

PANIZZA M. & PIACENTE S. (1999b). LE FORZE DELLA NATURA GENERATRICI DEI PAESAGGI E DELL'ASPETTO DEL PIANETA. IN: G. POLI (ED.), GEOSITI TESTIMONI DEL TEMPO. REGIONE EMILIA-ROMAGNA, BOLOGNA.

PANIZZA M. & PIACENTE S. (1999c). IL CONCETTO DI "BENE" NEL PAESAGGIO FISICO. IN: BERTACCHINI M., GIUSTI C., MARCHETTI M., PANIZZA M. & PELLEGRINI M. (Eds.), I BENI GEOLOGICI DELLA PROVINCIA DI MODENA. ARTIOLI EDITORE, MODENA.

PANIZZA M. & PIACENTE S. (2000). RELAZIONI TRA SCIENZE DELLA TERRA E PATRIMONIO STORICO-ARCHEOLOGICO. IN: G. LOLLINO (ED.), CONDIZIONAMENTI GEOLOGICI E GEOTECNICI NELLA CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO STORICO CULTURALE. ATTI CONVEGNO GEOBEN 2000, TORINO 7-9 GIUGNO 2000. PUBBL. GNDCI N. 2133.

PIACENTE S. (1999a). SENSIBILITÀ GEOLOGICA E CONSENSO SOCIALE. MEM. DESCR. CARTA GEOL. D'IT.

PIACENTE S. (1999b) - LA CONOSCENZA SCIENTIFICA, UN VALORE AGGIUNTO. IN "GEOSITI TESTIMONI DEL TEMPO" A CURA DI G. POLI, REGIONE EMILIA ROMAGNA.

PIACENTE S., BERTACCHINI M. & CORATZA P. (2001). LA CARTOGRAFIA COME STRUMENTO DI PERCEZIONE E DI GESTIONE DINAMICA DEI BENI GEOLOGICI. IN ATTI DEL CONVEGNO "CULTURA CARTOGRAFICA E CULTURE DEL TERRITORIO", BRIGATTI ED., GENOVA.

PIACENTE S., BERTACCHINI M., CORATZA P. (2001). TOURISME GEOMORFOLOGIQUE ENTRE NATURE ET CULTURE: EXEMPLES EN EMILIE ROMAGNE (ITALIE). ATTI "COLLOQUE GEOMORPHOLOGIE ET TOURISME", FINHAUT (LOSANNA), 21-23 SETTEMBRE.

PIACENTE S., BERTACCHINI M., CORATZA P. & MALMUSI S. (2000). IL PATRIMONIO GEOLOGICO: NUOVA OCCASIONE DI SVILUPPO TURISTICO E CULTURALE. UN ESEMPIO IN EMILIA ROMAGNA. IN ATTI DEL CONVEGNO INTERNAZIONALE "SVILUPPO ECONOMICO E SOSTENIBILITÀ: IL TURISMO AMBIENTALE E CULTURALE OCCASIONE DI NUOVA OCCUPAZIONE". ANACAPRI.

PIACENTE S. & GIUSTI C. (2000) - GEOTOPOS, UNA OPPORTUNITÀ PER LA DIFFUSIONE Y VALORIZZAZIONE DELLA CULTURA GEOLOGICAL REGIONAL. IN: F.J. BARBA REGIDOR & J. SAIZ DE OMEÑACA GONZÁLEZ (Eds.), DOCUMENTOS DEL XI SIMPOSIO SOBRE LA ENSEÑANZA DE LA GEOLOGÍA. SANTANDER, 11-15 DE SEPTIEMBRE DE 2000. UNIVERSIDAD DE CANTABRIA.

GIANCARLO POLI

REGIONE EMILIA-ROMAGNA - SERVIZIO
VALORIZZAZIONE E TUTELA DEL PAESAGGIO

M. BINI

SCUOLA DI DOTTORATO DI RICERCA IN
SCIENZE DELLA TERRA - UNIVERSITÀ DI
BOLOGNA

GEOSITI: UN LABORATORIO DI COMUNICAZIONE E VALORIZZAZIONE

Parole chiave: geositi, paesaggio, conservazione, risorse, tutela.

Il grande interesse che si è andato sviluppando in questi anni attorno ai Geositi non ha ancora registrato nessun apprezzabile passo in avanti nella concretizzazione di esperienze comunicative efficaci nei confronti della cosiddetta società civile per l'affermazione del significato e del valore scientifico, storico, testimoniale e culturale dei Geositi. In effetti, nelle molteplici iniziative avviate in questi anni nel settore dei siti di interesse geologico si riflettono: il retaggio di un approccio prevalentemente catalografico; i limiti e le criticità tipiche del sistema conservazionistico italiano fatto di conoscenza non finalizzata e circoscritta all'ambito di volta in volta studiato; la conservazione ispirata prevalentemente ad un modello vincolistico; la mancanza di una visione sistematica ed integrata delle risorse territoriali; l'assenza di sostegni finanziari per il recupero e la valorizzazione dei siti; le proposte di progetto, di intervento o di tutela spesso calate dall'alto senza alcuna interlocuzione e coinvolgimento della popolazione a livello locale che si trova così a "subire" provvedimenti di cui non comprende l'importanza né il significato. Un modello che deve essere necessariamente superato se vogliamo davvero fare uscire la geologia, e la tutela della natura più in generale, dalle anguste stanze del sapere scientifico e far diventare i geositi un credibile strumento di comunicazione della scienza e di sviluppo locale del territorio. Questo passaggio si rende indispensabile per la definizione di politiche di conservazione attiva dei siti di interesse geologico e di valorizzazione dei paesaggi in cui essi sono inseriti o di cui ne rappresentano la tipicità; analogamente per la realizzazione di progetti di fruizione turistica e più in generale di uno sviluppo economico, a scala locale, rispettoso dell'ambiente e incentrato su tali preesistenze.

Come afferma Robert Threadgould, facendo ricorso ad una efficace metafora, "non basta avvolgere una pietra in una pel-

liccia o incollare delle piume ad un sasso, per aumentare la percezione e la giusta valutazione del nostro patrimonio geologico"; un masso, una serie di strati affioranti, una montagna ..., divengono infatti "monumenti della natura" solo nel momento in cui gli attribuiamo un valore e tutti indistintamente riconosciamo come tale questo valore (fig. 1).

Per raggiungere questo risultato è necessario avviare un processo di interpretazione e di comunicazione che deve portare chiunque a guardare e considerare il mondo fisico e le sue manifestazioni in modo consapevole, osservando da una diversa prospettiva ciò che lo circonda e che solitamente non riesce a percepire ed assimilare nella sua reale natura e complessità.

Soltanto un processo efficace di interpretazione e di trasmissione del sapere può condurre ad una concreta valorizzazione dei singoli siti così da trasformarli in un valore aggiunto ed in una opportunità per lo sviluppo sociale ed economico del territorio in cui sono inseriti.

La valorizzazione di un geosito deve necessariamente seguire un approccio integrato con le altre risorse naturali, economiche e culturali presenti nel territorio, così da collegare, ad esempio, attività come il turismo e il tempo libero alla salvaguardia della natura, la fruizione ad attività di educazione ambientale, la valorizzazione ad azioni di riqualificazione e pianificazione del territorio.

I geositi costituiscono molto spesso l'elemento centrale di un paesaggio, divulgarne la conoscenza significa far conoscere pienamente un territorio consentendone la fruizione consapevole e l'apprezzamento delle scienze geologiche.

Come affermato nella "Dichiarazione dei diritti della memoria della Terra" di Digne (1991) "La nostra storia e quella della Terra sono inseparabili, le sue origini e la sua storia sono le nostre, l'una si è adattata oppure è stata modificata per le esigenze dell'altra e

viceversa". Così come la Storia dell'Uomo ci racconta della sua evoluzione, delle conquiste, del suo affermarsi sugli altri esseri viventi, delle sue fragilità, al pari la Storia della Terra ci racconta l'origine del nostro pianeta, di continenti in movimento, della formazione di catene montuose, della scomparsa di oceani o di estinzioni di massa di specie animali e vegetali, e lo fa essenzialmente attraverso i luoghi in cui si manifestano o si sono manifestati questi eventi (fig. 2).

La Terra è viva, si modifica, si muove; i segni di questa evoluzione si sommano e si fissano sulla superficie terrestre e nel paesaggio come tante tessere di un puzzle disperse in un apparente disordine. Spetta a noi individuare, decifrare e ricomporre queste tessere in una immagine comprensibile attraverso un procedimento di interpretazione affinché ci possano raccontare la loro storia in modo compiuto, suscitando nel fruitore, il senso della scoperta.

Come in precedenza puntualizzato i geositi rappresentano molto spesso punti di riferimento o addirittura l'elemento centrale del paesaggio. "Questi segni fisici sono costituiti da rupi, cime isolate, cascate, vallate, corsi d'acqua, specchi lacustri, litorali, canyon o elementi che costituiscono singolarità dell'ambiente fisico e come tali vengono fissati nella mente e conservati nella memoria. E quanto più sono particolari, singolari, eccezionali o, comunque,



Fig. 1 - L'Elefante di Castelsardo (Sassari) rappresenta la perfetta sintesi di valori naturali, culturali e testimoniali racchiusi in un unico geosito in cui si identifica una antica comunità locale. (Foto G. Poli)



Fig. 2 - Le Scale cronologiche raffigurate ci raccontano della storia dell'Uomo e di quella della Terra, del legame indissolubile che lega la vita biologica, le sue diversità e la sua evoluzione a quella del nostro pianeta.

fuori dall'ordinario per forma, o anche per colore, distribuzione o accostamenti, tanto più essi verranno associati ad un paesaggio, ad un luogo o ad un momento particolare della vita di ciascuno di noi. Altre volte i geositi costituiscono lo sfondo o lo scenario persistente nel quale si esemplifica la vita delle comunità, tanto da divenire elementi caratterizzanti o significanti, nei quali si ritrovano le radici e l'identità degli individui che le compongono" (S. Barca, F. Di Gregorio, 1999).

Per tutti questi motivi il paesaggio ci fornisce la chiave di lettura più importante per far conoscere pienamente un territorio; una interfaccia diretta ed amichevole che consente di svelare le conoscenze relative ai geositi ad un pubblico privo di una preparazione specifica permettendo, tra l'altro, la comprensione degli eventi e dei fenomeni che hanno prodotto le forme attuali. Opportunamente guidato un osservatore sarà in grado di registrare segni, forme e contesti. "L'assunzione di segni forme e contesti fisici, come elementi di riferimento e di ordine nello spazio vasto che connota il paesaggio, non significa tuttavia avere consapevolezza di ciò che realmente esse sono o rappresentano nella ricerca scientifica e nella storia evolutiva della Terra e del paesaggio nel quale sono inserite" (S. Barca, F. Di Gregorio, 1999).

Il paesaggio è, in effetti, ciò che più frequentemente viene conservato nella mente di chi visita un luogo, ma questo non sottintende sempre una percezione consapevole. Per passare da una percezione emotiva ad una percezione consapevole è necessario sviluppare un processo di interpretazione del paesaggio che consenta di decodificare i significati, svelare i particolari difficili da cogliere, la storia che esiste in parallelo a quella che noi stiamo vivendo nell'attualità. Una storia in grado di fornire una precisa identità e unicità a luoghi anche comuni su cui difficilmente ci saremmo soffermati (fig. 3).

Quali sono, allora, le modalità e gli strumenti di comunicazione dei geositi che abbiamo a disposizione, quale la loro efficacia, quali i più idonei? Ma soprattutto in cosa consiste una strategia di interpretazione? Essa è stata definita come un "processo di comunicazione inteso a svelare al pubblico significati e rapporti del nostro re-

taggio culturale e naturale attraverso un coinvolgimento diretto con oggetti, manufatti, paesaggi e siti". L'interpretazione è uno specifico processo di comunicazione nel quale è importante "rivestire" i concetti, porre, cioè, l'attenzione sulla modalità della comunicazione. L'informazione tale e quale non è interpretazione, l'interpretazione è una rivelazione basata sull'informazione. Per potere interpretare è fondamentale capire a chi è rivolto il processo di apprendimento. Non è importante solo il sito, l'oggetto della nostra pianificazione, ma anche e soprattutto il fruitore, con il quale sarà necessario stabilire una relazione che può esistere solo se ci sforziamo di entrare in rapporto con la sua esperienza quotidiana. Il medesimo sito, pur partendo dalle stesse oggettive e fondamentali informazioni scientifiche, avrà interpretazioni diverse se ci rivolgiamo a fruitori diversi. Uno dei problemi che si pone sempre nella relazione con i visitatori è quello di tradurre il linguaggio scientifico in termini accessibili e comprensibili a tutti, questo punto, pur necessario, non deve essere, però, ritenuto sufficiente. Capire l'informazione non è che il primo passo nel processo di interpretazione. L'informazione compresa deve, infatti, essere legata all'esperienza del visitatore perché non rimanga sterile. Si pensi ad esempio a qualsiasi misura di grandezza (l'estensione di una valle, la portata di un fiume in piena, l'altezza di una cascata...) rimane uno sterile dato se non correlato all'esperienza quotidiana (es. equivalente in campi da calcio, la proporzione rispetto all'altezza di una casa...). Solo il legame al quotidiano consente di accompagnare il visitatore in un processo di sensibilizzazione - consapevolezza - comprensione - apprezzamento e, infine, impegno.

I Geositi possono dunque essere raccontati al grande pubblico seguendo una strategia di interpretazione e utilizzando diverse chiavi di lettura. In un modello di pianificazione interpretativa è necessario individuare innanzitutto gli elementi della pianificazione, cioè i siti, le risorse, stabilire gli obiettivi che ci prefissiamo di raggiungere, individuare le tecniche da adottare ed i servizi necessari per arrivare ad essere incisivi sui fruitori, ed infine, perché una pianificazione non sia sterile è

necessario individuare con precisione a chi vogliamo rivolgerci, cioè il target dei fruitori, ed in base a questo come poter entrare in relazione con loro, ed avere da loro un ritorno (fig. 1).

Tra le metodologie per raccontare i geositi ripercorrendo quelle più attinenti e tipiche della geologia possono essere ricordate le seguenti:

- per TEMI (geologia, geomorfologia, paleontologia...), consente di approfondire marcatamente le conoscenze di un settore entrando anche nel vivo dell'evoluzione cronologica passata e futura, ma dà una visione parziale di un'area e non permette di vedere le interazioni tra i diversi settori della geologia;
- per EPOCHE (Giurassico, Cretaceo, Quaternario...), aiuta a comprendere l'idea della dinamicità dell'ambiente fisico, concetto non sempre intuitivo, dà indicazioni sulle possibili evoluzioni future, ma può essere dispersivo in un'area da visitare, poiché quasi mai i siti cronologicamente successivi si trovano arealmente vicini o in sequenza;
- per AREE geografiche o AMBITI geologici (Alpi, Pianura padana, Provincia petrografica o unità tettonica-strutturale, lagerstätten o areale di distribuzione di una fauna fossile...), fornisce una buona visione dell'area e delle emergenze presenti consentendo di avere un buon quadro d'insieme, ma non sempre dà una visione cronologica ed entra nel

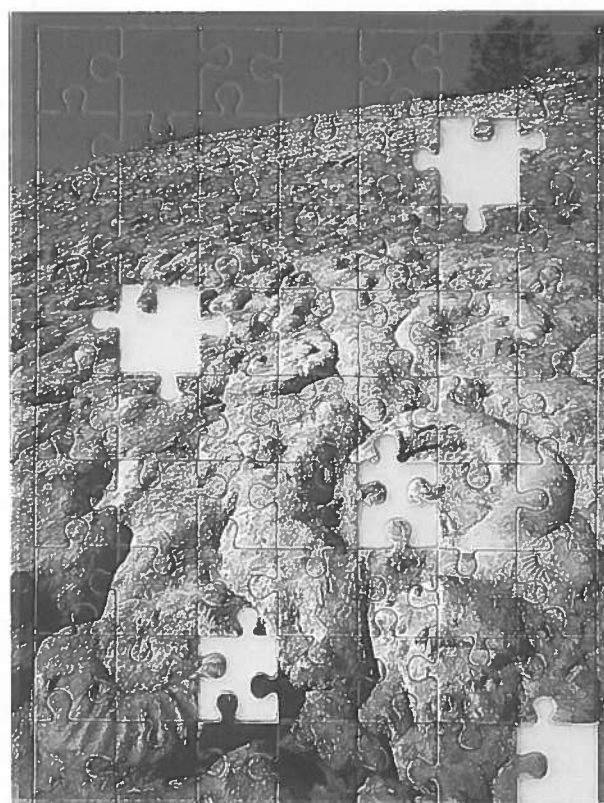


Fig. 3 - Un puzzle rappresenta, meglio di ogni altra immagine, l'azione concettuale che dobbiamo riprodurre in un processo di interpretazione. Ri-comporre singole tessere in una immagine che sveli il reale significato di ciò che stiamo osservando. (La dalle à ammonites de Digne les Bains, cortesia della Réserve Géologique de Haute-Provence, Francia).

Managerial Realities

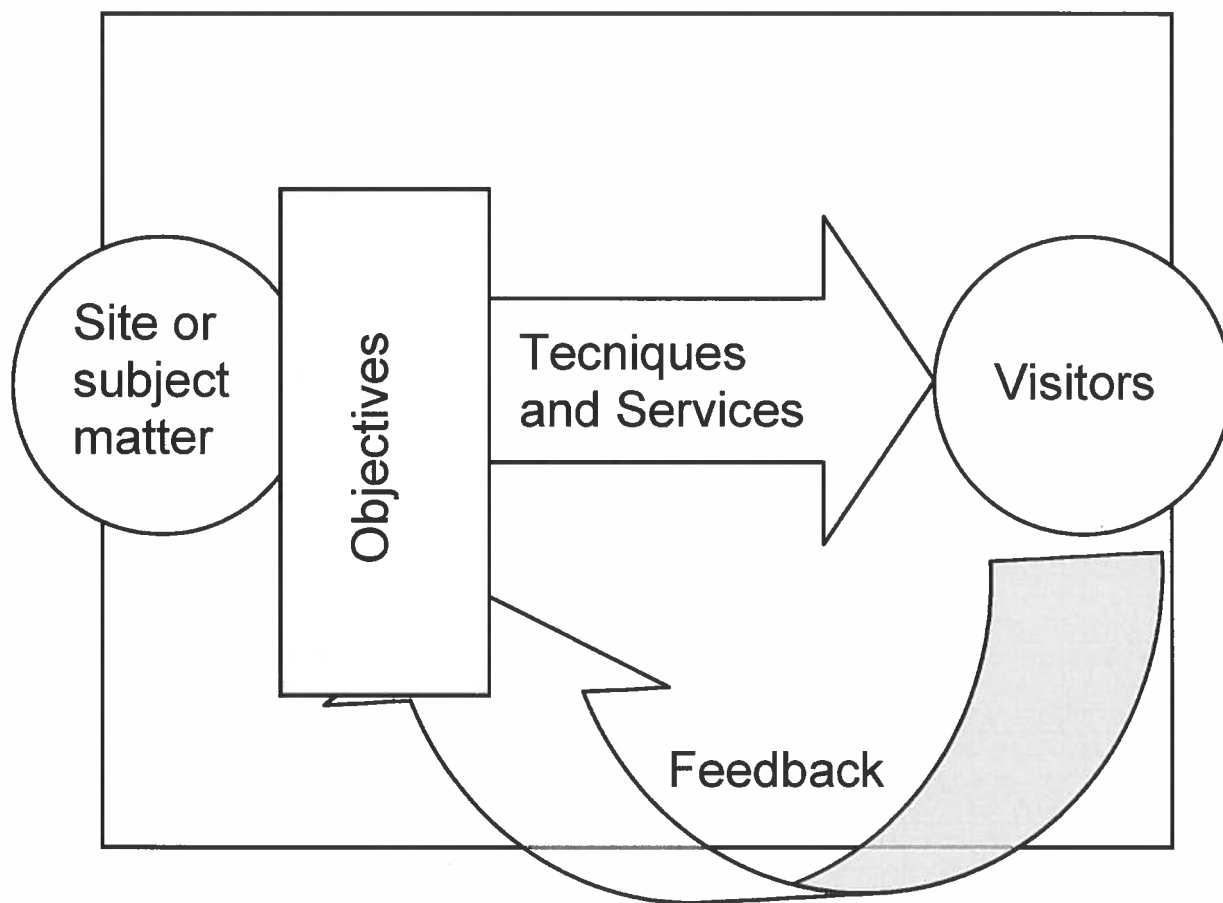


Fig.4 - Modello di Interpretazione (da Cherem, 1977).

merito dei problemi evolutivi.

- per **EVENTI** (estinzioni, orogenesi, glaciazioni, crisi di salinità...), approfondisce tutti gli aspetti reattivi ad una "fase di cambiamento" e consente di leggere nei diversi campi e nei diversi luoghi tutto ciò che è in relazione con quell'evento, dà un'idea delle implicazioni e delle relazioni tra i diversi campi non solo all'interno delle Scienze geologiche, ma anche con gli altri settori della scienza e della vita. Non colloca, però, l'evento nell'ambito di una storia più ampia non permette di vedere un prima ed un dopo;

- per **PROCESSI** (forme generate dall'attività vulcanica, sismica, dai cicli erosivi e deposito...), spiega dettagliatamente un fenomeno in tutte le sue parti consentendo di capire tutti i fattori che lo influenzano e viceversa come il processo interagisce con tutti i fattori esterni. Ma non colloca il processo nel contesto temporale e spaziale in cui è inserito;

- per **TIPi** (i laghi, le cascate, le dune, i vulcani...), permette di approfondire le ragioni delle similitudini e le differenze tra le varie tipologie associate ad uno stesso fenomeno, consente di mettere in relazione diversi stadi di vita di una tipologia, dà indicazioni sul prevedibile sviluppo futuro. Ma non colloca il tipo

nell'ambito nello sviluppo cronologico dell'area in cui è inserito, lascia l'elemento un po' avulso rispetto allo specifico contesto areale nel quale è inserito.

Per quanto precedentemente detto si potrà scegliere la metodologia più idonea in base al target di fruitori, in funzione degli obiettivi che ci prefiggiamo di raggiungere e ovviamente in base alle opzioni che ci consente il sito o i siti che avremo a disposizione per sviluppare il nostro processo di interpretazione.

Altrettanto fondamentali per raggiungere gli obiettivi che ci siamo prefissati risultano i supporti per la diffusione delle conoscenze al grande pubblico.

Tra gli strumenti più idonei o comunque più utilizzati si ricordano:

- le Guide;
- le Carte, i Depliant e le Cartoline;
- gli Itinerari (tematici e cronologici);
- i Parchi geologici e Paleontologici;
- i Romanzi;
- i Testi Scolastici e Scientifici;
- le Trasmissioni televisive;
- gli Audiovisivi, i Film e i Documentari;
- le Mostre, gli Eventi ed i Cataloghi;
- i Musei Geologici, Paleontologici e Naturalistici;
- le Aule ed i Laboratori Didattici all'aperto;

- le Cave e gli Scavi Scientifici musealizzati;

- i Gadget, le Mostre Mercato, i Supporti Multimediali, ecc.

Anche in questo caso, l'uso di uno o più di questi strumenti, anche in combinazione tra loro, è funzionale all'obiettivo che ci siamo prefissati ed al target di fruitori che vogliamo raggiungere con la nostra iniziativa.

La utilizzazione consapevole dei geositi costituisce tuttavia l'elemento irrinunciabile per sviluppare e concretizzare la loro conservazione ed una valorizzazione sostenibile del territorio. La Terra è il nostro passato, il nostro presente, il nostro futuro, essa custodisce innumerevoli storie che attendono solamente di essere raccontate attraverso i geositi.

BIBLIOGRAFIA

S. BARCA, F. DI GREGORIO, PAESAGGI E MONUMENTI GEOLOGICI DELLA PROVINCIA DI CAGLIARI, SARETIT SRL (1999).

G. J. CHEREM, THE PROFESSIONAL INTERPRETOR: AGENT FOR AN AWAKENING GIANT, ASSOCIATION OF INTERPRETIVE NATURALIST JOURNAL, VOL. 2, (1977).

G. POLI, GEOSITI, TESTIMONI DEL TEMPO. FONDAMENTI PER LA CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO GEOLOGICO, EDIZIONI PENDRAGON, BOLOGNA (1999).

R. THREADGOULD, TRA L'INCUDINE E IL MARTELLO, IN GEOSITI, TESTIMONI DEL TEMPO (1999).

J.A. VEVERKA, INTERPRETATIVE MASTER PLANNING ACORN NATURALISTS, TUSTIN, CALIFORNIA (1998).

I GEOSITI NELLE AREE MARINE PROTETTE ITALIANE

VALORIZZAZIONE, SALVAGUARDIA ED OPPORTUNITÀ TURISTICO-EDUCATIVE PER UNA "GESTIONE CONSAPEVOLE".

BEATRICE BARILLARO
GEOLOGO

Parole chiave: geosito, pianificazione, educazione ambientale, rilevamento, valorizzazione.

RIASSUNTO

Il presente studio, incentrato sui temi del Patrimonio geologico, ha come ambito d'interesse il territorio delle 16 Aree marine protette italiane attualmente esistenti e gli ambienti che ivi si trovano, sia sottomarini sia costieri prospicienti. L'esito dello studio potrà, per i suoi contenuti, divenire estensibile a tutte le aree marine da proteggere, individuate dal ministero dell'Ambiente, la cui istituzione è prossima o in itinere. L'intento del lavoro è stato, quello di prendere conoscenza della considerazione in cui sono tenuti i "monumenti naturali", della presentazione degli stessi al pubblico e del livello d'interesse che l'argomento geologico in generale riscuote. L'analisi, svolta attraverso un particolare percorso di raccolta ed elaborazione dati, dimostra che non esiste in atto alcun riconoscimento della presenza dei geositi come tali, all'interno delle riserve naturali marine considerate che, per legge (L. 979/82) riguardano solo «omissis... tratti di costa prospicienti che presentano un rilevante interesse per le caratteristiche naturali, geomorfologiche, fisiche...omissis». Oltre ai geositi emersi in tale limitata fascia di territorio, dovranno essere individuati i geositi sommersi i quali, nascosti alla vista dei più, custodiscono sotto il livello del mare i segni della storia dell'evoluzione geologica del Mediterraneo. Il censimento sistematico, che dovrebbe precedere l'istituzione di tutte le aree protette, fino ad oggi non è stato attuato che in pochi casi, ed anche nel presente lavoro d'indagine, si registra come il processo conoscitivo si sviluppi ancora in senso inverso, partendo in pratica dall'esame del territorio delle aree marine protette istituite, si è cercato di stabilire la presenza di monumenti geologici a valenza scientifica, tracciandone le caratteristiche principali. Questi ultimi sono, tra gli elementi naturali (viventi e non), contemporaneamente i più evidenti ed i meno osservati e riconosciuti, che dovranno pertanto, essere inderogabilmente ed opportunamente inseriti nei processi di gestione, educazione ed interpretazione ambientale (ambiente geo-

logico) e di turismo consapevole e sostenibile (turismo geologico), alla stregua di tutti gli altri elementi a valenza naturalistico-ambientale, già considerati in tali importantissime località.

PREMESSA

L'intento del presente lavoro è stato, non già di censire "a regola d'arte" i singoli monumenti naturali, cioè con il metodo scientifico che richiede l'utilizzo della scheda ufficiale prodotta dal "Centro documentazione dei geositi italiani" ma, piuttosto, quello di acquisire conoscenze riguardo alla considerazione in cui sono tenuti laddove se ne sia verificata l'esistenza, delle eventuali modalità di presentazione dei medesimi al pubblico e del livello d'interesse che l'argomento geologico in generale riscuote all'interno di tali

realità. La ricerca, elaborata partendo dalle conoscenze attuali sull'argomento, si colloca all'interno di un lavoro d'equipe, che prende in esame i vari aspetti naturalistico-turistico-didattici e pianificatori-gestionali delle Amp istituite, sulla base dei dati raccolti utilizzando una complessa scheda di check-up. Un filo logico e molto robusto lega, infatti, il Patrimonio geologico alle altre tematiche in discussione, poiché le caratteristiche assunte dalle località oggetto di studio, sono la risultante della natura della crosta terrestre e dell'ubicazione geografica, su cui le azioni antropiche dirette o indirette hanno agito e agiscono determinando le caratteristiche, il valore e la potenzialità dei luoghi stessi. Ciò che va certamente sottolineato è che l'argomento trattato per la sua particolarità, non si presta ad una facile divulgazione, seppure, gli oggetti



Fig. 1. - Isola di Ustica (Sicilia): "lave a pillow" foto di Serena Palermi.

(1) Il presente lavoro è stato tratto dall' "Indagine comparativa sulla gestione delle aree marine protette", nell'ambito del check-up sulle aree marine protette del W.W.F. Italia, redatta dai liberi professionisti Geol. Beatrice Barillaro, Arch. Pasquale Giofrè, Geol. A. Serena Palermi, Arch. Donatella Tavemiti



Fig. 2 - Isola di Ustica (Sicilia): panoramica della costa (foto di Serena Palermi).

d'interesse racchiudono elementi di fascino naturale, così come gli esemplari di flora o di fauna, un fossile o un minerale piuttosto che un uccello, un fiore, un pesce o un corallo. Gli organismi viventi, suscitano comunque, nell'osservatore, una sensazione immediata e vitale, per capire l'importanza e l'immensa dimensione naturalistica ed ambientale dell'elemento geologico invece, lo stesso dovrà essere portato all'apprezzamento attraverso un percorso di conoscenza graduale e mirato, invitando preliminarmente l'individuo ad entrare in una dimensione "elastica" del tempo, non paragonabile ai tempi vitali dell'uomo, ed a comprendere la situazione spazio-temporale e l'irripetibilità delle condizioni per la creazione di quel capolavoro naturale che la Madre terra ha forgiato in miliardi d'anni. Superata tale fase fondamentale, il fruitore del luogo sarà pronto ad aprire i Libri di pietra, e a "leggere" il significato e la storia delle forme, dei colori e delle strutture tracciate nella roccia, segni della travagliata e meravigliosa creazione ed evoluzione della crosta terrestre, e supporto delle biocenosi che si sono allocate su tale substrato.

I GEOSITI NEI CASI IN STUDIO: PRESENZA E CARATTERISTICHE

(2) Il lavoro di nota (1), di cui si è fatto cenno nel testo, è stato prodotto come tesi di specializzazione di un Master in "Conduzione di aree protette" dal gruppo di liberi professionisti, prima di aver conoscenza del progetto "UNESCO Geopark" - destinato a quei territori aventi elementi di grande pregio dal punto di vista geologico in senso lato, nei quali si attuano strategie di gestione partecipate finalizzate alla conservazione del patrimonio geologico, contestualmente allo svolgimento di attività di ricerca e di divulgazione scientifica, di ricreazione turistica e di educazione ambientale. L'esistenza di un tale importantissimo progetto ha, pertanto, fornito un'ulteriore conferma della giusta direzione intrapresa nella conduzione di tale ricerca che, pur presentando limiti e lacune, ha ottenuto lo scopo di legare tra loro gli aspetti che concorrono alla permanenza in vita di una qualsiasi area protetta.

Al fine di acquisire un quadro esaustivo dell'attuale situazione gestionale delle Amp italiane, è stata inviata a tutti gli enti conduttori, una scheda contenente i quesiti sugli elementi più significativi nei vari settori di attività dell'area, in modo da potere proporre "linee guida" che tengano conto delle risultanze e delle valutazioni emerse dai singoli lavori sui temi della gestione integrata, dell'educazione e interpretazione ambientale, del turismo sostenibile e del patrimonio geologico. Per quanto riguarda l'ultimo tema, la modalità di rilevamento dati scelta, è stata quella di allegare alla scheda principale di check-up prodotta dal Wwf Italia, una scheda di rilevamento della presenza dei geositi, semplificata rispetto al modulo ufficiale SIGEA, nella consapevolezza delle difficoltà cui i compilatori sareb-

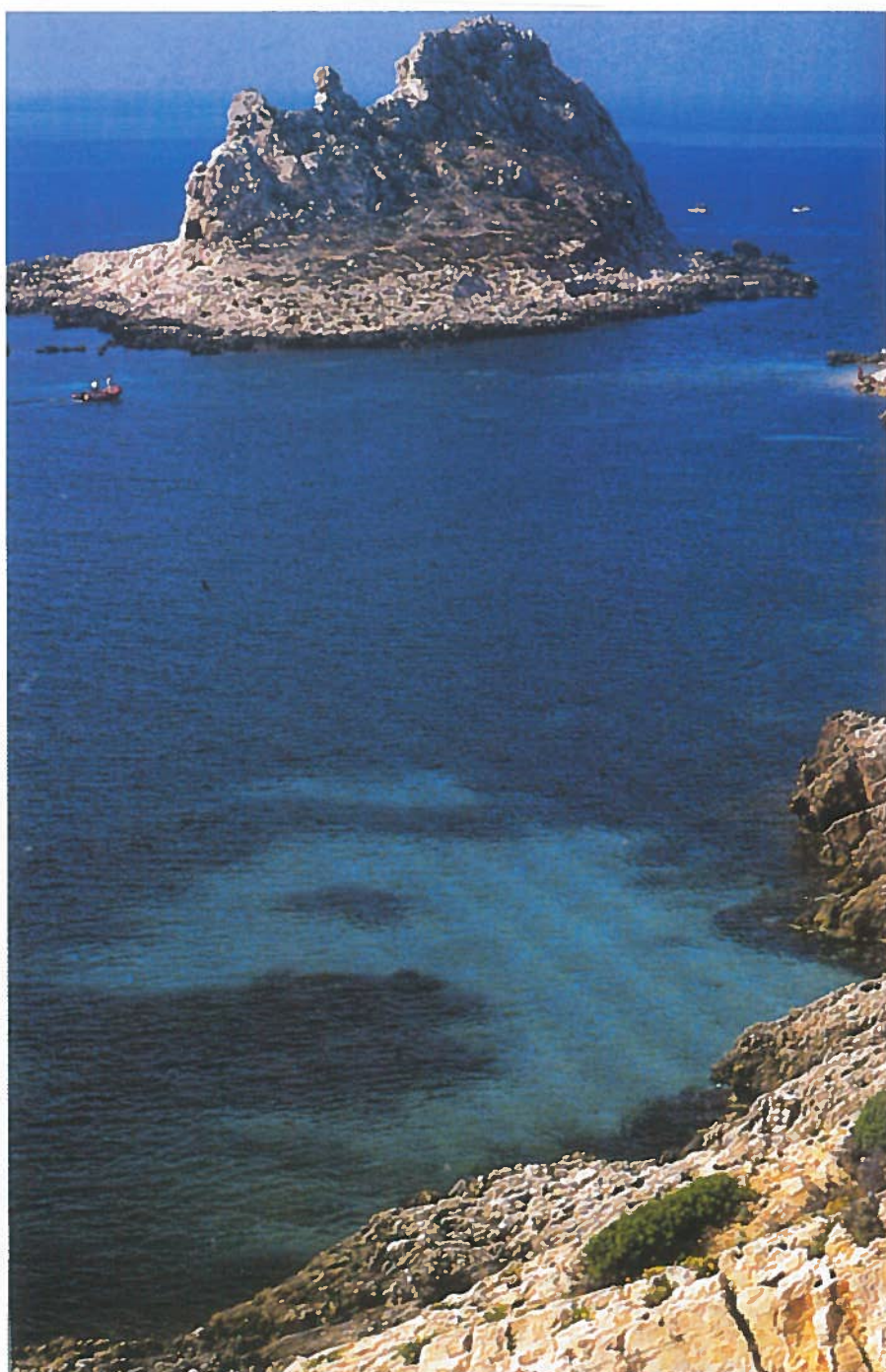


Fig. 3. - Isole Egadi (Sicilia): "faraglione di levanzo" foto di Alfio Garozzo.



Fig. 4. - Isole Egadi (Sicilia): "grotta bombardata a marettimo" foto di Alfio Garozzo.

bero andati incontro, per la mancanza all'interno delle strutture, di personale in grado di rispondere ai quesiti posti. Anche in tal forma, la scheda non è stata comunque compilata nella quasi totalità dei casi, a conferma dello scarso interesse rivestito dall'argomento. La metodologia adottata si è basata dunque su ricerche bibliografiche, studio di carte geologiche, valutazione schede check-up, restituite o compilate direttamente durante la visita nell'area (nei tre casi della Sicilia), la visione e lo studio del repertorio d'immagini disponibile (cd rom, fotografie e videocassette) di tutte le 16 riserve istituite. Si descrivono quindi di seguito le caratteristiche rilevate, con l'individuazione di siti d'interesse geologico s.l., localizzati in un solo punto o costituenti interi paesaggi all'interno delle Amp (2)

CALABRIA
CAPO RIZZUTO

La riserva si estende lungo un tratto di costa d'alcuni chilometri, comprende ben quattro promontori, con basse scogliere dolcemente degradanti verso il mare che presentano anche particolari forme d'erosione, spiagge lunghe e sabbiose con dune. La litostratigrafia dell'area è costituita da una formazione di «argille siltose grigio-azzurre con intercalazioni di sabbie e silts del Pliocene», su cui poggiano, in discordanza, i terreni del quaternario, sabbie, ghiaie e conglomerati bruni, intercalati da arenarie biancastre bioclastiche a stratificazione spesso incrociata, in forma di terrazzo. Sono stati individuati più geositi d'in-

teresse geomorfologico e paleontologico, con molti caratteri di valore scientifico, a scala regionale e nazionale.

CAMPANIA
PUNTA CAMPANELLA

La riserva comprende il promontorio più alcuni scogli, è denominato anche "arceipelago delle Sirene". La costa di natura calcarea, facente parte delle «successioni carbonatiche della piattaforma Campano-Lucana», ha scogliere sub-verticali che fanno sì che popolazioni coralligene risalgano fino a profondità minime. Tipicamente interessate da grosse faglie e fenomeni di carsismo, che hanno creato numerosissime grotte, le falesie presentano, oltre cinquantacavità che si trovano sotto il livello del ma-

re, costituendo uno dei sistemi di grotte sommerse più ricco del Mediterraneo in cui sono ospitati organismi rari e particolari. Si trovano inoltre, lungo il litorale, grandi cale e baie poco profonde. Sono stati individuati più geositi d'interesse geomorfologico e geologico, con molti caratteri di valore scientifico, a scala regionale e nazionale.

FRIULI VENEZIA GIULIA
RISERVA MARINA DI MIRAMARE

La riserva marina, è delimitata da una costa alta formata da «successioni carbonatiche di piattaforma, e dai flysch collegati permo-mesozoici». I fenomeni carsici hanno in questa regione la loro espressione massima. Non sono stati rilevati, nel corso dello studio, elementi d'importanza tale da definire la presenza e l'ubicazione d'eventuali geositi nella parte sommersa della riserva o nella fascia costiera prospiciente, un'attenta verifica si renderà necessaria per formulare il giudizio finale.

LAZIO
ISOLE DI VENTOTENE E SANTO STEFANO

Le due isole sono edifici vulcanici affioranti dal Mar Tirreno, formate da «vulcaniti di margine di bacino, magmi in prevalenza "mediterranei": sistema tosco-laziale-campiano, Isole Ponziane, ed I. Eolie p.p.» a tratti ben stratificati. L'«Isola di Ventotene», si presenta lunga e tabulare nella parte a nord mentre, sul lato opposto, a «Punta dell'Arco» promontorio modellato dall'azione del vento e del mare, si erge fino a circa 139 m.s.l.m. L'«Isola di S. Stefano» turriforme, alta fino a 70 metri, presenta falesie intorno tutto il perimetro sub-circolare. Sono stati individuati più geositi, d'interesse geologico e geomorfologico, valutabile con



Fig. 5. - Isole Ciclopi (Sicilia): "faraglione".

(3) Le immagini fotografiche sono tratte dai testi: Coste & Mari d'Italia, Fabbri Editori, 2000- L'Isola di Ustica, Murzio Editore - Isola Lachea e Faraglioni dei Ciclopi, Giuseppe Maimone Ed. - Egadi perle del Mediterraneo, Ed. Affinità Elettive - Lettera del Centro Studi e Docum. Isola di Ustica.



Fig. 6. - Isole Ciclopi (Sicilia): "Isola Iachea".

molti caratteri di valore scientifico a scala nazionale ed internazionale.

SECCHIE DI TOR PATERNO

Si tratta di una riserva marina intorno ad una secca, posta a circa cinque miglia dalla costa, il cui fondale si sviluppa dai - 20 m. di profondità in giù. Non è stato individuato nell'area alcun elemento d'interesse geologico, un'attenta verifica si renderà necessaria per formulare il giudizio finale.

LIGURIA CINQUE TERRE

L'area protetta marina, comprende un tratto costiero prospiciente a picco, lungo circa 18 chilometri, le coste sono alte e frastagliate sistemate per mezzi di stretti terrazzamenti agricoli; minuscole spiagge si trovano allo sbocco dei torrenti. Litologicamente l'area è costituita in generale dalle formazioni di «Argille scagliose autoctone del Complesso Liguride». Di grandissimo rilievo l'aspetto geologico paesaggistico, già Patrimonio Mondiale dell'Umanità, riconosciuto dall'UNESCO nel 1997. Si trovano in quest'area molti geositi d'interesse geomorfologico-antropico, di particolare importanza paesaggistica, con valore scientifico di bellezza naturale a scala internazionale.

PORTOFINO

Si tratta di un promontorio dalle caratteristiche geologiche abbastanza complesse, essendo in parte, costituito da argilloscisti e marne calcaree «Calcari del Monte Antola» ed in parte da una puddinga detta «Conglomerato di Portofino». Il contatto tra queste due litologie è tettonico, con numerose linee di faglia che s'intersecano. Così come per le Cinque Terre, di grandissimo rilievo l'aspetto geologico paesaggistico già Patrimonio Mondiale dell'Umanità, riconosciuto dall'UNESCO nel 1997. Esistono quindi nell'area, geositi d'interesse geolo-

gico e geomorfologico con particolare importanza paesaggistica con valore scientifico di bellezza naturale a scala internazionale.

PUGLIA ISOLE TREMITI

Si tratta di un arcipelago di quattro isole e un discreto numero di scogli: "Isola di S. Nicola e Scoglio del Cretaccio"; "Isola di S. Domino", "Isola Capraia e Isola di Pianosa", a dodici miglia dal promontorio del Gargano. L'area è costituita principalmente dalla roccia calcarea friabile cretacea



Fig. 7. - Punta Campanella (Campania): "le grotte" foto di Antonio Coppola.



Fig. 8. - Punta Campanella (Campania): "il promontorio" foto di Antonio Coppola.

stratificata e inclinata, delle «unità carbonatiche di piattaforma della Puglia, mesozoiche», sottoposta a processi erosivi profondi. Le coste alte fino a 70 m.s.l.m sono impervie e frastagliate, traforate da molte grotte carsiche ed arricchite da archi naturali. Si ricordano nell'isola di S. Domino, la "grotta delle Viole", la "grotta del Bue Marino", la "grotta delle Rondinelle", lo "scoglio dell'Elefante" e lo "scoglio dell'Architetto". Sono stati individuati numerosi geositi, sia in superficie sia sommersi, d'interesse geologico, geomorfologico e paleontologico, con valore scientifico molteplice a scala regionale e nazionale.

TORRE GUACETO

Si tratta di un lungo tratto di costa articolato con promontori e baie, spiagge, dune sabbiose e stagni retrodunali, che culminano in una baia a mezzaluna protetta dagli "Scogli di Apani". Litologicamente costituita da roccia calcarea friabile cretacea, stratificata e inclinata delle «unità carbonatiche di piattaforma della Puglia, mesozoiche», sottoposta a processi erosivi profondi su cui poggiano i depositi sabbiosi del Quaternario. Sono stati individuati quindi nell'area numerosi Geositi d'interesse geologico, geomorfologico con valore scientifico molteplice a scala regionale e nazionale.

PORTO CESARE

La riserva marina si allunga su un tratto di costa bassa sabbiosa o rocciosa di circa 24 chilometri. La litologia dell'area è costituita principalmente dalla roccia calcarea friabile cretacea, delle «unità carbonatiche di piattaforma della Puglia, mesozoiche», stratificata e inclinata, sottoposta a processi erosivi profondi. Sono presenti dune costiere e lagune, grotte marine sommerse o semisommerse, si ammirano curiosità morfologiche quali le dune e le "spunnula-

te", doline originate dai fenomeni carsici. Sono stati individuati numerosi geositi d'interesse geologico, geomorfologico con valore scientifico molteplice a scala regionale e nazionale.

SARDEGNA

TAVOLATA - PUNTA CODA CAVALLO

La riserva marina, comprende la fascia costiera da cui si allunga il promontorio di Capo Coda Cavallo, e a nord di questo si trovano la sagoma allungata dell'"Isola di Tavolara" che si erge fino a 565m.s.l.m., la più piccola "Isola di Molara e lo scoglio del Molarotto", che costituiscono la parte emersa della riserva. Tavolara è litologicamente costituita da una potente «formazione calcarea-dolomitica» che poggia sui graniti del «Massiccio sardo-corso», ricca di grotte, crepacci e falesie alte fino a 100m. Le strutture create dai fenomeni erosivi agenti sulla roccia granitica mostrano figure spettacolari ed archi rocciosi. Accanto al promontorio esiste uno stagno separato dal mare per mezzo di una striscia di sabbia bianchissima. Interessanti anche le cavità sommerse del calcare a profondità di circa -20m. Si conferma l'esistenza nell'area una varietà di geositi, sia in superficie sia sommersi, d'interesse geologico e geomorfologico di valore scientifico notevole a scala nazionale ed internazionale.

PENISOLA DEL SINIS- ISOLA DI MAL DI VENTRE

Nell'area, sono incluse le coste prospicienti il tratto di mare compreso entro i limiti del parco, per una lunghezza di parecchi chilometri lungo la "Penisola del Sinis", si trovano qui un promontorio, dune costiere, coste alte e basse sabbiose. Nella parte a mare sono compresi l'"Isola di Mal di Ventre" e lo "scoglio del Catalano", tutta la fascia costiera è costituita dagli affioramenti del «Massiccio granitico sardo-corso», nu-

clei cristallini pre-permiani che affondano in mare con basse scogliere granitiche e frastagliate. Sono stati individuati nell'area una varietà di geositi d'interesse geologico e geomorfologico di valore scientifico notevole a scala nazionale ed internazionale.

CAPO CARBONARA

Nell'area sono inclusi Capo Carbonara con le spiagge attigue come "Cala Junco", zona di rifugio e d'approdo sulla costa, l'"Isola dei Cavoli" e l'"Isola di Serpentara". La litologia è costituita da graniti «Massiccio sardo-corso» artisticamente modellati dall'erosione. Importantissima è l'attività del "Parco Geomarino di Villasimius e Capo Carbonara", istituito per motivi geologici e biologici, sull'isola di Serpentara. Di rilievo nell'ambiente sommerso, i fondali con "tafoni" dalla cui presenza si evince il fenomeno di rapida risalita del mar Mediterraneo negli ultimi 10.000 anni. Esiste nell'area una grande varietà di geositi sia in superficie sia sommersi, d'interesse geologico e geomorfologico di valore scientifico notevole a scala nazionale ed internazionale.

SICILIA

ISOLE CICLOPI

Si tratta di un piccolo arcipelago d'origine vulcanica, antistante l'abitato di Acirezza, intorno al quale si estende la riserva marina. L'"Isola Lachea", cui si accompagnano numerosi scogli come il "faraglione di S. Maria", il "faraglione di Mezzo" e il "faraglione degli Uccelli", è caratterizzata da curiose forme erosive dette "Marmitte dei pigmei", buche profonde circa un metro e larghe poco meno, dalla "Grotta del monaco" e numerose grotte artificiali. L'arcipelago rappresenta ciò che resta delle prime eruzioni sottomarine nel golfo pre-etneo risalenti a circa 500.000 anni fa. L'aspetto paesaggistico principale è tratteg-

giato da alte pareti di neri "basalti colonnari prismatici" tipici delle lave etnee, in più punti sormontate da argille marnose pleistoceniche metamorfosate dal contatto con i basalti. Tali elementi, possono essere definiti complessivamente, geosito di valore scientifico a scala internazionale.

ISOLE EGADI

Grande arcipelago formato da tre Isole maggiori, "Favignana", "Levanzo e Marettimo" e dagli "isolotti di Formica e Maraone". La litologia presente nell'area è calcareo-dolomitica, si tratta, infatti, delle «successioni pelagiche di piattaforma dell'Appennino centromeridionale e della Sicilia», sovrastate a tratti da formazioni marine e continentali mio-plio-pleistoceniche. Tutte le isole sono interessate da scogliere frastagliate, interessanti cave antiche, grotte artificiali squadrate per attività di cava, grotte naturali sommerse ed emerse, resti fossili ecc... A "Marettimo" in zona "A" della riserva, abbondano pure falesie e grotte marine; l'isola è ritenuta geologicamente più antica di Favignana con i suoi rilievi dolomitici fino a 400 metri s.l.m. interessati dal carsismo dove si trovano anche sorgenti d'acqua dolce. Notevolissima la Grotta delle Colonne o Cattedrale semisommersa, con colonne allineate di stalattiti e stalagmiti, sicuramente individuabile come geosito. L'"isola di Levanzo" è caratterizzata dalla "Grotta del Genovese", emersa, d'interesse mondiale per le sue pareti su cui si trovano antichissimi disegni.

USTICA

La riserva comprende soltanto la parte marina intorno all'isola che ha, nella sua totalità, valenza scientifica di geosito, per le caratteristiche dovute alla formazione che abbracciano vari settori della geologia e della geomorfologia. L'isola è costituita prevalentemente da «rocce vulcaniche, basalti alcalini e trachiti», risalenti ad oltre 100.000 anni fa, a cui si associano rocce sedimentarie sia di origine marina che continentale, creando così accanto a strutture geomorfologiche tipiche di ambiente vulcanico, terrazzi marini di I, II, III, IV e V ordine. Interessanti anche le numerose grotte semi-sommerse e sommerse tra cui la "Grotta Azzurra" e la "Grotta di S. Francesco". Sono presenti ancora manifestazioni vulcaniche tardive, che consistono nell'emissione di gas e vapori; per le peculiarità sopra accennate ed il valore scientifico delle ricerche che ancora possono essere condotte nel sito, l'isola può essere definita un laboratorio a cielo aperto, «una sentinella affacciata sul margine meridionale del Tirreno, pronta a cogliere ogni segno delle trasformazioni in atto in questo mare». Sono stati quindi individuati preliminarmente nell'area circa 22 geositi sia in superficie sia sommersi, d'in-

teresse geologico e geomorfologico, e di eccezionale valore scientifico a scala nazionale ed internazionale.

CRITERI DI GESTIONE E VALORIZZAZIONE DEI GEOSITI

Da quanto su illustrato si evince che, nelle località individuate come "riserve marine", sottoposte a tutela per stringenti motivi di necessità di conservazione, imposte dalla comunità internazionale, occorre ancora un grande lavoro, per fare in modo che ogni area protetta, rappresenti di per se un vero laboratorio naturale non solo dal punto di vista scientifico ma anche educativo e di sensibilizzazione in cui, per mezzo di strutture idonee, fare sentire la responsabilità che ciascun essere umano, capace di azioni positive o negative, di protezione o di degrado, ha nei confronti dell'ambiente. Se l'interesse del turista è di godere le bellezze naturali per un tempo limitato, lo scopo finale e l'utilità di quelle visite per l'Ente gestore, deve essere invece concretizzato nell'educare al rispetto di tutto ciò di cui si è usufruito, a cominciare della singola scultura della roccia, facendo possibilmente divenire il soggetto un divulgatore di cultura

e di tutela ambientale. Sarà necessario quindi creare le condizioni per la migliore presentazione al pubblico dei geositi che, dovranno trovare come tali il giusto riconoscimento fin dall'"Esame della situazione ambientale" passaggio questo che - permette di individuare i dati scientifici ed i parametri di valutazione dell'ambiente naturale, relativi a numerose discipline, anche riguardanti più strettamente l'ambiente terrestre, per gli stretti legami e le interazioni esistenti con quello marino- (Diviacco G., 1999), nella Fase Conoscitiva per l'Istituzione di un'area protetta. La gestione di un monumento naturale, successivamente ad una prima rilevazione, non necessita di monitoraggi continui ed onerosi, come avviene per l'osservazione degli organismi biologici, rendendo quindi più semplice il compito del controllo stesso.

LINEE GUIDA

Al fine di realizzare quanto sopra esposto, si possono accennare alcune semplici ma fondamentali indicazioni per la gestione razionale dei geositi nelle Amp

- Personale istruito e qualificato: per la presentazione del bene al pubblico,



Fig. 9. - Torre Guaceto (Puglia): "accumuli di posidonia sulla scogliera" foto di Luigi Cantoro.

con conoscenza specifica delle caratteristiche della risorsa, in grado di trasferire le informazioni ad una grande varietà di utenti;

- **Attrezzature e strutture:** adeguatamente disposte e concepite per facilitare all'utente la comprensione della risorsa naturale che si osserva. Indispensabile l'utilizzo di cartelloni e pannelli che riportino la cartografia opportuna con spiegazioni in linguaggio semplice e divulgativo. Per l'esaltazione di quel monumento, che nella maggior parte dei casi costituisce un paesaggio, si potrà ricorrere al posizionamento di grandi cornici ubicate in maniera ottimale, per mezzo delle quali indirizzare l'attenzione dell'osservatore su uno spazio eloquente e definito; mezzi nautici con fondo trasparente per l'osservazione dei fondali senza immersione, ecc...

- **Libretti-guida:** contenenti le informazioni in maniera più dettagliata e compiuta, di facile consultazione, dedicato agli specialisti della materia e/o ai neofiti.

- **Turismo geologico:** percorsi sulla terraferma e sottomarini segnalati e visite guidate da accompagnatori esperti; divulgazione e segnalazione degli itinerari turistico-geologici ed educativi;

- **Programmi d'Educazione geologica:** ottimizzazione ed ampliamento della proposta di interpretazione ed educazione ambientale all'interno delle aree stesse anche su argomenti riguardanti la Geologia;

- **Sorveglianza:** adeguamento dei sistemi di salvaguardia all'elemento geologico, soprattutto nei casi in cui sia possibile il danneggiamento o l'asportazione di parti del bene;

- **Norme di comportamento,** da applicare durante la fruizione dell'area da parte del pubblico, che possano prevedere anche eventuali limitazioni o delle visite, soprattutto in cave, grotte ed aree particolarmente sensibili.

CONCLUSIONI

Non è stato semplice riunire i tasselli di questo puzzle, lungi dal volere essere studio propriamente didattico-scientifico, è stato piuttosto questo, un excursus conoscitivo sul vasto mondo dei geositi e sull'interesse da questi riscosso in aree protette di primaria importanza. Si può cercare di ristabilire più facilmente il feeling tra Uomo e Terra quando l'immersione in natura, ed il rapporto diretto con i suoi ambienti, compreso quello geologico, offre all'essere umano, avvolto dalla sua modernizzazione, le condizioni ricreative e di benessere per ritrovare quest'imprescindibile legame. All'interno del lavoro transdisciplinare, dove ogni singolo argomento dell'indagine, serve



Fig. 10. - Torre Guaceto (Puglia): "torre saracena vista dal canale reale" foto di Luigi Cantoro.

a supportare gli altri, i "Geositi" in generale rappresentano senza dubbi elementi importanti, il valore da aggiungere, poiché questi, costituiscono tra le "attrazioni" della natura (viventi e non), gli esemplari più evidenti e contemporaneamente i meno osservati e valutati. Il quadro emerso dallo studio, abbastanza sconcertante per la realtà riscontrata, potrebbe facilmente mutare in meglio inserendo, finalmente a pieno titolo, i monumenti geologici nei processi di gestione e pianificazione, d'educazione ed interpretazione ambientale (educazione geologica) e di turismo consapevole e sostenibile (turismo geologico), alla stregua di tutti gli altri elementi a valenza naturalistico-ambientale già considerati.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. - SECONDO CONVEGNO INTERNAZIONALE SULLA CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO GEOLOGICO: I GEOTIPI, ESPERIENZE INTERNAZIONALI E ITALIANE. MEMORIE DESCRITTIVE DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA VOL. LIV, ROMA, 20-22 MAGGIO 1996
- BRANCUCCI G. - BURLANDO M. (2001): LA SALVAGUARDIA DEL PATRIMONIO GEOLOGICO. SCELTA STRATEGICA PER IL TERRITORIO. L'ESPERIENZA DELLA LIGURIA. - FRANCO ANGELI EDITORE, MILANO
- DIVIACCO G. (1999): AREE PROTETTE MARINE, FINALITÀ E GESTIONE. ED. COMUNICAZIONE, FORLÌ
- ARNOLDUS-HUYZENDVELD A., GISOTTI G., MASSOLI-NOVELLI R., ZARLENGA F. (1995): I BENI CULTURALI A CARATTERE GEOLOGICO: I GEOTIPI. UN APPROCCIO AL PROBLEMA. GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE, ROMA, N°4, 35-48
- BORTONE U. (1996): INDAGINE SU ALCUNE STRUTTURE SEDIMENTARIE GIACENTI SUI FONDALI DI TORRE OVO (TA): UN GEOTOPO SOTTOMARINO. - GEOL. AMBIENTE, 2, 13-15
- BURLANDO M. (2001): PARCHI E PAESAGGIO: TUTELA E SVILUPPO SOSTENIBILE. - GEOL. AMBIENTE, 2/2001, 12-14

CICOGNA F., RUSSO G.F. (1996): IL PARCO MARINO DI PUNTA CAMPANELLA: UN STORIA INFINITA. UOMO & NATURA, TRIMESTRALE DELLE AREE PROTETTE MEDITERRANEE ANNO I N.°1,

FABBRI M., ZARLENGA F. (1996): I BENI CULTURALI GEOLOGICI. VERDE AMBIENTE, 1/1996

LAURETI L. (2001): CAVE E PAESAGGIO. GEOL. AMBIENTE, 2, 30-35

MANNINO G. (2000): DUE GROTTI UN COMPLESSO - LETTERA, DEL CENTRO STUDI E DOCUM. ISOLA DI USTICA. ANNO II, N.4

MANIGLIO CALCAGNO A. (2001): UN FUTURO PER I NOSTRI PAESAGGI - GEOL. AMBIENTE, 2, 22-24

MAZZINO F. (2001): CARATTERI GEOMORFOLOGICI NELLE ANALISI VISIVE DEL PAESAGGIO - GEOL. AMBIENTE, 2, 24-29

MASSOLI-NOVELLI R. (2001) - GEOSITI E PAESAGGIO. GEOL. AMBIENTE, 2, 36-40

MASSOLI-NOVELLI R. (2001) - INVENTARI DI GEOSITI IN ITALIA: STATO DELL'ARTE. GEOL. AMBIENTE, 1, 10-13

POLI G. (2001) - UN PIANO PER IL CAMBIAMENTO - GEOL. AMBIENTE, 2, 41-48

PIZZONIA V. (1999) - L'INTEGRAZIONE DEGLI ASPETTI AMBIENTALI NEI PROCESSI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE: PROSPETTIVE DI VALORIZZAZIONE DEI GEOTIPI - MEM. DESCR. CARTA GEOL. D'ITALIA, VOL. LIV PP. 41-42

TUCCIO G. (1999) - TUTELA GIURIDICO- ISTITUZIONALE DEI BENI GEOLOGICI. RELAZIONE TEMATICA - MEM. DESCR. CARTA GEOL. D'ITALIA, VOL. LIV PP. 29-35

ZARLENGA F. (1996) - I GEOTIPI, DALLA RICERCA SCIENTIFICA ALLA PIANIFICAZIONE, CONTROLLO E GESTIONE. GEOL. AMBIENTE, 2, 3-6

DOCUMENTAZIONI VIDEO ESAMINATE (CASSETTE E CD)

COSTE E MARI D'ITALIA - LINEABLU, RAIUNO, FABBRI VIDEO, 2000: LA COSTA DEGLI ETRUSCHI; CAPRI E LA PENISOLA SORRENTINA; IL FASCINO DEL MAR LIGURE; LE ISOLE PONTINE; SAN TEODORO E LE SUE PERLE: TAVOLATA E MOLARA; CAGLIARI E LA SUA COSTA; L'ARCIPELAGO DELLA TREMITI; LE ISOLE EGADI E USTICA.

CUTGANA - ISOLE DEI CICLOPI- SICILIA SISTEMI

WWF - IL PARCO MARINO DI MIRAMARE - VIDEO SUB IMAGO, ROMA, 1988

MINISTERO DELL'AMBIENTE, SERVIZIO DIFESA MARE - OLTRE IL BLU, VIAGGIO NELLE RISERVE MARINE ITALIANE - MEDIA TOUCH 2000.

ALDINO BONDESAN

ALESSANDRO FONTANA

MIRCO MENEGHEL

DIPARTIMENTO DI GEOGRAFIA - UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI PADOVA

BARBARA BERTANI

CONSORZIO VENEZIA NUOVA

GIANCARLO BIOTTO

MAGISTRATO ALLE ACQUE

PAOLA FURLANETTO

ARCHEOLOGA LIBERO PROFESSIONISTA

SANDRA PRIMON

PROVINCIA DI VENEZIA

SETTORE DIFESA DEL SUOLO

CARTOGRAFIA, GIS E PALEOAMBIENTE: LA CARTA DELLA FOTOINTERPRETAZIONE E DEI SITI ARCHEOLOGICI DELLA PROVINCIA DI VENEZIA TRA I FIUMI LIVENZA E TAGLIAMENTO

Parole chiave: GIS, fotointerpretazione, telerilevamento, paesaggio, archeologia.

RIASSUNTO

Lo sviluppo dell'archeologia del paesaggio e la crescente necessità di una pianificazione territoriale consapevole del patrimonio culturale e ambientale richiedono anche l'utilizzo di carte che forniscano dati di tipo geomorfologico e archeologico. Questi elaborati devono servire da documenti di partenza con cui progettare strategie d'intervento sul territorio ed eventuali studi di maggior dettaglio. La carta descritta è il prodotto del confronto tra le informazioni ottenute tramite un telerilevamento alla scala 1:10.000 di tutte le tracce riconosciute in foto aerea e il catalogo di 188 siti archeologici già editi. Lo studio ha riguardato il territorio provinciale di Venezia compreso tra i fiumi Livenza e Tagliamento, per un'area di circa 500 km². La carta è stata informatizzata e inserita in un CD-Rom contenente anche il data base dei siti archeologici. Il supporto informatico consente una facile e rapida consultazione dei dati e un loro agevole aggiornamento.

ABSTRACT

Recent development of Landscape Archaeology and territorial planning, conscious of historical and environmental heritage, leads to the large use of archaeological and geomorphological maps. These items are often related and they have to be used as basic documents for territorial planning. The map here introduced is the result of a complementary study of remote sensing and archaeological information of the area between Livenza and Tagliamento rivers in province of Venice (ca. 500 km²). In the map all the traces recognised

in the aerial pictures have been drawn at scale 1:10.000 and 188 published archaeological sites have been considered and plotted. The whole map and the data base of the archaeological sites have been implemented in a CD-Rom allowing a broad diffusion and an easy upgrading of data set.

INTRODUZIONE

Nel corso degli ultimi anni la ricerca archeologica territoriale e lo studio dei paleoambienti connessi ai paesaggi del passato hanno subito un notevole impulso anche grazie al loro impiego nella pianificazione territoriale. Sono molti gli esempi della ricchezza e precisione dei dati acquisiti attraverso la stretta integrazione fra metodologie archeologiche e geomorfologiche in cui lo strumento di partenza è una mappa delle evidenze ambientali e culturali su cui decidere studi di maggiore dettaglio (ad esempio, Wagstaff, 1986; Bernardi, 1992; Marchetti, Dall'Aglio, 1998; Cremaschi, 2000). Per motivi economici, tempi di realizzazione e obiettivi scientifici, spesso le aree sottoposte ad indagini territoriali sono limitate a pochi km² oppure, per zone più estese, vengono considerati solo gli elementi geomorfologici più evidenti o si restringe l'analisi ad un unico periodo cronologico del passato. La carta qui descritta, per la vastità dell'area considerata (circa 500 km²) e per la precisione con cui i dati sono stati riportati, si pone come uno strumento va-

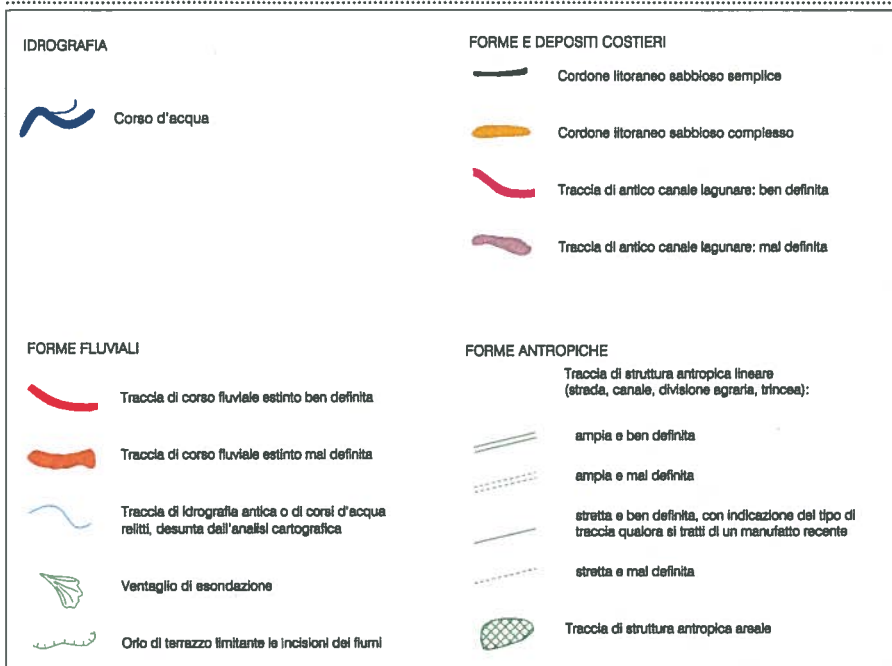
lido e indispensabile per il riconoscimento dei paesaggi attuali e soprattutto per la ricostruzione di quelli antichi esistenti tra i fiumi Livenza e Tagliamento. Infatti l'elaborato rappresenta alla scala 1:10.000 tutti i lineamenti riconoscibili da foto aerea e i siti archeologici già editi, presenti entro il territorio nord-orientale della provincia di Venezia. Già in fase di progettazione si è ritenuto fondamentale realizzare la carta come un sistema informativo geografico (Gis) al fine di rendere più facilmente consultabili e aggiornabili i dati.

Nella carta sono riportate:

- 1- Le tracce naturali, legate alla morfologia fluviale e costiera;
- 2- le tracce antropiche antiche e moderne;
- 3- i siti archeologici; inoltre, nel CD-Rom è allegato il data base delle schede relative ai siti archeologici.

Gli elementi sono stati classificati secondo una legenda realizzata ad hoc, appositamente studiata per un utilizzo scientifico e tecnico della carta, in particolare per quanto concerne le tracce di natura antropica antiche e recenti.

Hanno aderito al progetto il Gal Venezia Orientale, la Provincia di Venezia, la Soprintendenza Archeologica del Veneto (responsabilità scientifica del progetto: L. Fozzati), il Comune di S. Stino di Livenza (comune capofila di una decina di altri comuni) e il Consorzio Venezia Nuova - Magistrato alle Acque.



a sinistra: Fig. 1 - Legenda, elementi naturali ed antropici.

Fig. 2 - Legenda, siti archeologici.

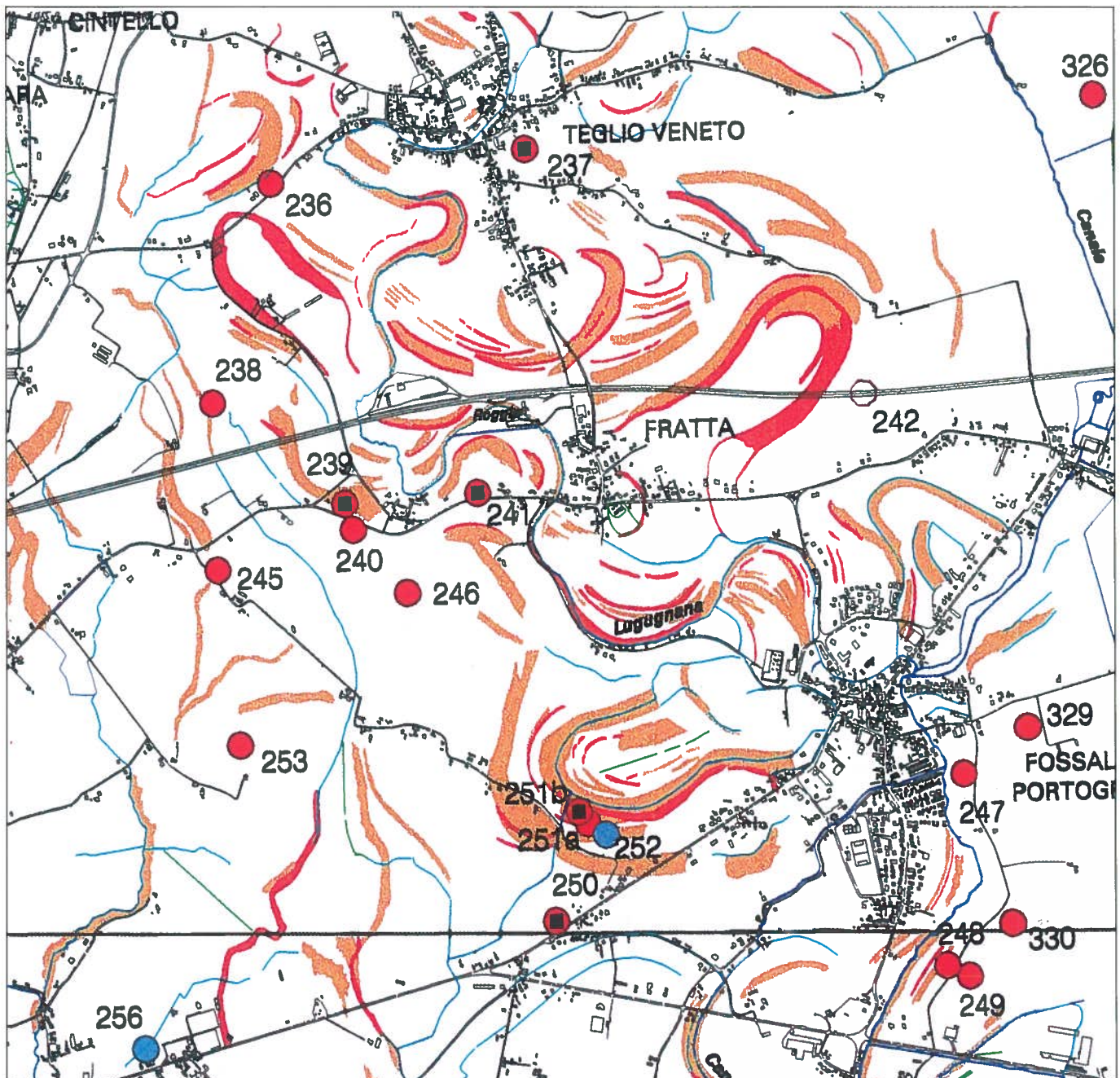
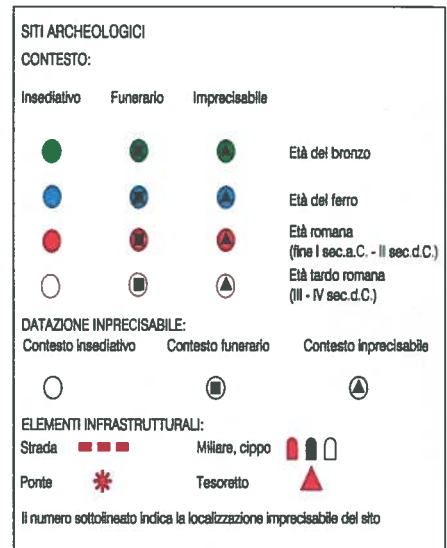


Fig. 3 - Stralcio della carta nell'area di Tegli Veneto - Fossalta di Portogruaro.

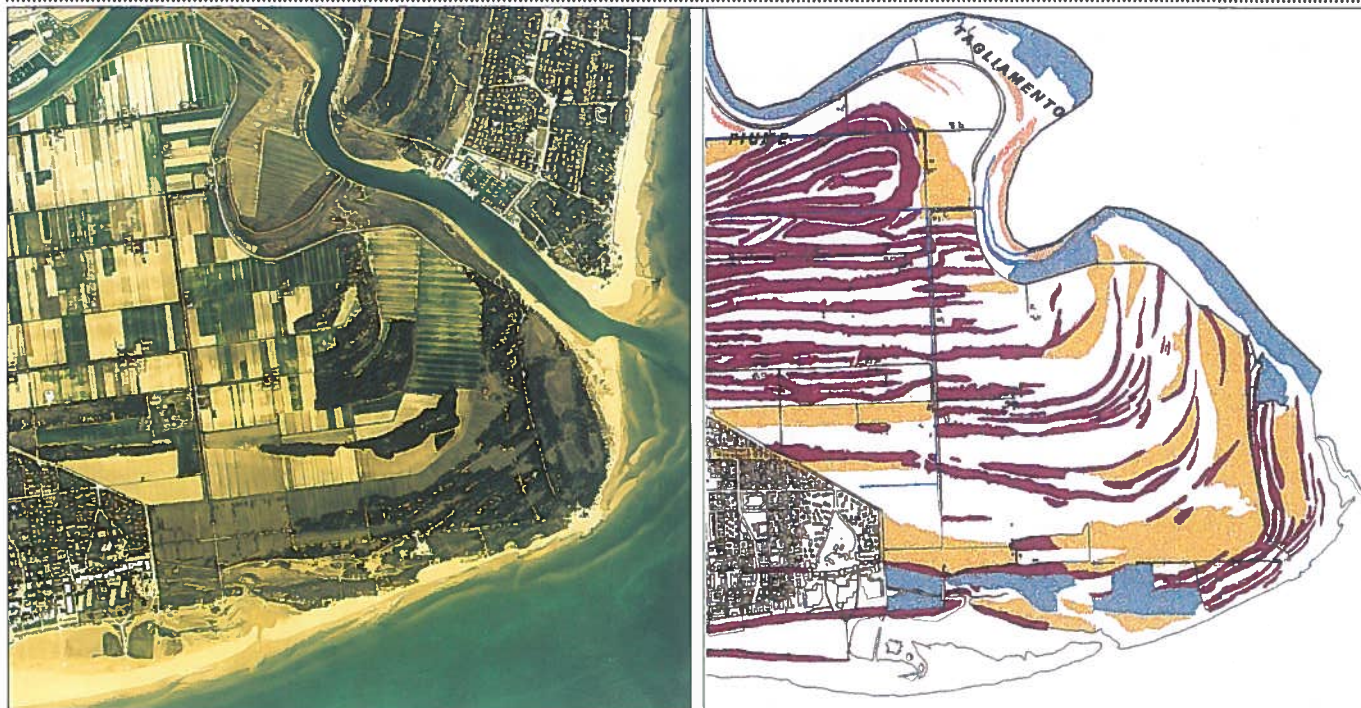


Fig. 4 - Confronto tra foto aerea e restituzione cartografica dell'area di Bibione.

METODOLOGIE DI LAVORO IL TELERILEVAMENTO

La carta è stata ottenuta dalla fotointerpretazione delle coperture aerofotografiche zenitali disponibili per l'area considerata (voli dagli anni '40 e successivi fino al 1999). Il lavoro è stato condotto disegnando manualmente sulla Carta Tecnica Regionale (scala 1:10.000) le tracce riconosciute; successivamente gli originali d'autore sono stati digitalizzati con la stessa precisione.

L'ampiezza dell'area considerata e il confronto tra fonti fra loro diverse per età e banda cromatica di acquisizione ha consentito di confrontare situazioni molto differenti per grado d'antropizzazione e visibilità delle tracce antiche; si è potuto così riconoscere e contestualizzare tracce altrimenti poco o nulla evidenti, spesso di difficile interpretazione (ad es.: divisioni agrarie moderne non più utilizzate). La fotointerpretazione è stata integrata dall'analisi della cartografia attuale e di alcune immagini satellitari. Nella redazione del documento l'interpretazione cronologica e genetica delle tracce è stata ridotta al minimo e, inoltre, sono stati riportati tutti i segni individuati, compresi quelli relativi ad elementi antropici moderni e a linee di servizi come elettrodotti, gasdotti e condotte idriche. Molti, infatti, sono visibili in foto aerea ma spesso, non essendo riportati sulla cartografia, potrebbero generare confusione poiché alcuni loro tratti sono simili a lineamenti territoriali antichi. Gli elementi moderni, quando sono stati riconosciuti tali, sono stati identificati da una scritta, mentre negli altri casi non è stata proposta una datazione per gli elementi morfologici e le tracce antropiche, in quanto solo in limitate situazioni erano presenti

dati bibliografici e sondaggi cui riferirsi con certezza.

Le forme appartenenti allo stesso gruppo, (ad es. paleoalvei, canali lagunari, cordoni dunali) sono state rappresentate con lo stesso simbolo, sebbene in foto aerea siano evidenti numerose varietà cromatiche, morfometriche e dimensionali dello stesso tipo di forma. Invece, le tracce più chiaramente visibili sono state evidenziate rispetto a quelle meno leggibili riservando loro un tono più acceso.

Per mantenere l'oggettività dei dati, le tracce di antichi alvei sono state raccordate fra di esse solo nei casi in cui era evidente una loro appartenenza alla medesima asta fluviale. Negli altri casi, per evitare un'interpretazione dei dati non oggettiva, sono stati tenuti separati anche tratti probabilmente congiunti, in attesa che ulteriori verifiche sul terreno forniscano sicuri elementi di conferma. Sono stati rappresentati i paleoalvei intesi come paleo-canali in cui scorreva l'acqua, senza segnalare anche gli eventuali argini naturali e le tracce di dosso fluviale correlato al canale. Anche per le tracce lagunari sono stati seguiti gli stessi criteri di rappresentazione.

Nella carta i cordoni sabbiosi litoranei sono stati separati in semplici e complessi, basando la suddivisione sulla visibilità delle tracce, indipendentemente dalla loro evidenza attuale. Le aree in cui i cordoni dunali sono ancora ben conservati possono avere una carente rappresentazione in carta, in quanto nelle foto aeree la presenza della pineta non permette una adeguata visibilità della topografia. Molto difficoltoso e talvolta quasi impossibile è risultato lo studio delle forme nelle aree costiere molto urbanizzate (ad es. Bibione e Caorle), in cui i

rimaneggiamenti antropici del terreno e la cementificazione hanno fortemente compromesso o mascherato la morfologia originaria. Per molte zone sarebbero necessari alcuni rilevamenti sul terreno.

La fotointerpretazione ha messo in luce la presenza di tracce antropiche sepolte antiche e moderne. In tutta l'area analizzata sono numerosissimi i segni appartenenti a divisioni agrarie di epoca recente dovute al periodico cambio dell'orientazione delle scoline e delle strade confinarie. Generalmente queste non sono state segnalate, mentre si è posta particolare attenzione alle tracce appartenenti a divisioni territoriali e infrastrutture antiche. Così sono stati riportati in carta solo i segni antropici rilevabili nelle foto aeree, di cui è stato possibile effettuare un controllo puntuale e che risultavano con buona certezza riferibili al disegno centuriato, alla rete stradale di epoca romana o a divisioni agrarie antecedenti l'epoca moderna.

L'ANALISI ARCHEOLOGICA

L'elaborazione della carta dei siti archeologici ha preso avvio dallo spoglio sistematico della bibliografia sia scientifica che non specialistica a carattere locale, regionale e nazionale aggiornata al 2001 e relativa ai dati archeologici e alle ricostruzioni storiche, archeologiche e topografiche dell'area tra Livenza e Tagliamento. L'ambito cronologico considerato è compreso tra le più antiche fasi di popolamento attestato nell'area: dal Neolitico (V millennio a.C.) all'età romana (I a.C.-V secolo d.C.). La carta archeologica è stata ottenuta posizionato puntualmente i siti, che non sono stati semplicemente sovrapposti, ma "letti" e confrontati con i dati ottenuti dal telerilevamento.

L'esigenza di avere a disposizione informazioni il più possibile precise ed omogenee ha reso necessaria la verifica puntuale di tutti i dati archeologici. Per ogni sito si è cercato di risalire, ove possibile, alla fonte di prima mano, di controllare e recuperare la localizzazione e il contesto e infine di definire, attraverso lo studio dei reperti, la datazione. Tutti i dati relativi ad ogni rinvenimento sono stati registrati in una scheda informatizzata riportante varie voci che comprendono: numero e nome del sito, coordinate, definizione geomorfologica, modalità di rinvenimento, dati di scavo, contesto, materiali, datazione, bibliografia aggiornata. Le schede compilate sono 188 e sono raccolte in un archivio informatizzato allegato alla carta.

I siti archeologici vengono rappresentati nella carta attraverso una simbologia specifica che definisce il contesto (insediativo, funerario, incerto) e un colore che indica la datazione. È stato possibile, soprattutto grazie alle informazioni del Gruppo Archeologico del Veneto Orientale, identificare la localizzazione dei siti, 105 casi, attraverso le coordinate Gauss-Boaga. Nel caso di localizzazione imprecisa o per il momento imprecisabile, dove cioè non è stato possibile recuperare o verificare le coordinate, il numero a fianco del bollino è stato sottolineato.

Le informazioni sui siti archeologici hanno consentito in molti casi la lettura e l'identificazione delle tracce messe in luce dall'indagine geomorfologica: infatti, attraverso l'analisi e il confronto tra i dati archeologici e geomorfologici è stato possibile riconoscere e datare il tracciato di antiche strade e di alcuni *limites* della centuriazione romana. Nella banca dati è presente anche la bibliografia relativa ai siti archeologici, aggiornata al 2001.

L'INFORMATIZZAZIONE

Il Servizio Informativo del Consorzio Venezia Nuova ha curato la digitalizzazione della carta e la realizzazione di un CD-Rom che raccoglie la cartografia in versione digitale ed il data base archeologico. La versione informatizzata rispecchia fedelmente la scala e la precisione degli originali d'autore e, quindi, consente anche eventuali studi più specifici e dettagliati, permettendo l'analisi dei dati originali, senza perdita o degrado delle informazioni. Nel CD-Rom si può visionare la carta scegliendo la scala di visualizzazione e accedendo alle schede riguardanti i siti archeologici direttamente dalla maschera della cartografia. L'informatizzazione è stata effettuata con il software Microstation® di Intergraph.

VALENZE SCIENTIFICHE E APPLICATIVE

La carta costituisce un valido esempio di studio territoriale ottenuto attraverso l'integrazione fra metodologie archeologiche e geomorfologiche. Infatti, il metodo adottato unito all'alto grado di risoluzione e all'estensione dell'area considerata forniscono un valido e poliedrico strumento per la conoscenza della storia del territorio, delle scelte insediative e del rapporto uomo-ambiente, offrendo così un ausilio prezioso per una pianificazione territoriale conscia del valore del paesaggio antico.

L'elaborato finale può anche fornire informazioni dettagliate sulle granulometrie sub-superficiali (0-3 m di profondità) e su altri parametri fondamentali per un corretto uso delle risorse e delle potenzialità del territorio (ad es.: ubicazione di discariche, cave e siti industriali, messa in opera d'irrigazione e drenaggio sotterraneo). Ovviamente la carta non è il prodotto di un rilevamento di campagna e possiede quindi

in sé i difetti propri di un elaborato prodotto "a tavolino". Infatti, per varie zone la carta fornisce già un ottimo palinsesto dell'evoluzione geomorfologica mentre, per altre aree, il rilevamento diretto e il confronto con il microrilievo topografico potrebbero notevolmente aumentare la qualità del prodotto finale. Però, questi sono già traguardi più tipici di uno studio geomorfologico, cui la carta della fotointerpretazione serve comunque quale insostituibile documento di partenza.

La versione informatizzata rispecchia fedelmente la scala e la precisione degli originali d'autore e costituisce un atlante completo e dettagliato dei segni visibili naturali, antropici e archeologici nella bassa pianura veneto-friulana. La carta così concepita consentirà la realizzazione di studi futuri più specifici e dettagliati, permettendo l'analisi dei dati originali senza perdita o degrado delle informazioni.

BIBLIOGRAFIA

BERNARDI M. (A CURA DI) (1992): ARCHEOLOGIA DEL PAESAGGIO, QUADERNI DEL DIPARTIMENTO DI ARCHEOLOGIA E STORIA DELLE ARTI, SEZIONE ARCHEOLOGICA, UNIVERSITÀ DI SIENA.

BONDESAN A., BERTANI B., FONTANA A., FURLANETTO P., PRIMON S. (2002): CARTA DELLA FOTINTERPRETAZIONE E DEI SITI ARCHEOLOGICI DELLA PROVINCIA DI VENEZIA TRA I FIUMI LIVENZA E TAGLIAMENTO, CD-ROM EDITO DAL MAGISTRATO ALLE ACQUE-CONSORZIO VENEZIA NUOVA.

CREMASCHI M. (2000): GEOARCHEOLOGIA, LATERZA..

MARCHETTI M., DALL'AGLIO P.L. (1998) ATTIVITÀ ANTROPICHE E ASSETTO FISICO DEL TERRITORIO NELL'ANTICHITÀ NEL SETTORE CENTRALE DELLA PIANURA PADANA, ATTI 2° SEMINARIO INTERNAZIONALE "IL SISTEMA UOMO-AMBIENTE TRA PASSATO E RECENTE", RAVELLO, 3-6 GIUGNO 1994, EDIPUGLIA, BARI, 72-83.

WASTAFF J.M. (A CURA DI) (1986) LANDSCAPE & CULTURE, GEOGRAPHICAL AND ARCHAEOLOGICAL PERSPECTIVES, BASIL BLACKWELL.

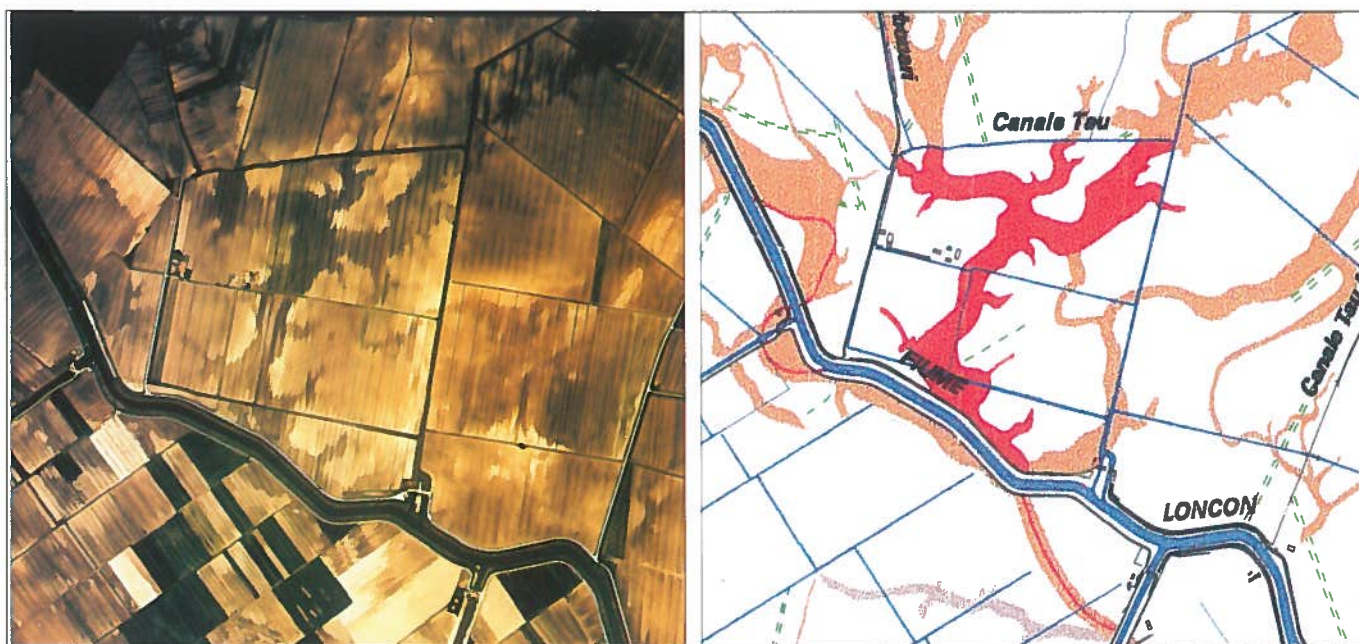


Fig. 5 - Confronto tra foto aerea e restituzione cartografica dell'area palustre, ora bonificata, a sud di Loncon.

IL BACINO CARBONIFERO DI SAN GIORGIO (SARDEGNA SUD- OCCIDENTALE). PROPOSTE DI TUTELA E VALORIZZAZIONE

ELISABETTA BENEDETTI

RICCARDO DESSI

PROGEMISA SPA (SOCIETÀ SARDA
VALORIZZAZIONE GEORISORSE)

FRANCESCO MUNTONI

GIAN LUIGI PILLOLA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI
(DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA TERRA)

Parole chiave: geosito, valorizzazione, tutela, pianificazione, Sardegna.

INTRODUZIONE

Attualmente è sempre più avvertita l'esigenza di una migliore conoscenza dei beni geologici che, insieme alle altre valenze naturalistiche (paesaggistiche, floristiche, faunistiche), costituiscono un inestimabile patrimonio naturale e culturale. La comunità scientifica e l'associazionismo internazionale hanno coniato il termine geosito per definire "parti di territorio, dotate di un elevato valore geologico in senso lato, che meritano di essere protetti contro le aggressioni che potrebbero nuocere alle loro funzioni, alla loro forma e alla loro evoluzione naturale". Con questo spirito è stato intrapreso lo studio dell'area di affioramento dei depositi del Carbonifero superiore del cosiddetto "Bacino di San Giorgio" (localizzati nei pressi di Iglesias) in quanto riveste simultaneamente un elevato valore scientifico, singolarità nel contesto della geologia sarda e, sfortunatamente, un esempio di distruzione dovuta all'attività antropica. Infatti tali affioramenti, già conosciuti alla fine dell'Ottocento con un'estensione di circa 3 kmq, attualmente non superano l'estensione di 0,3 Km². (Gambera 1897).

Tra le azioni di tutela e valorizzazione del geosito gli Autori propongono, con l'auspicio di contribuire al Progetto di Conservazione del Patrimonio Geologico Italiano, sia la progettazione di un'itinerario tematico a carattere didattico-divulgativo che conduce ai più interessanti punti di affioramento segnalati, sia la progettazione di un sito web contenente la sintesi del progetto e le proposte di valorizzazione.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E AMMINISTRATIVO

Il geosito è ubicato nella Sardegna Sud-Occidentale a pochi chilometri a sud ovest dall'abitato di Iglesias in un'area fortemente connotata dalla presenza di importanti miniere dismesse (Campo Pisano, Monteponi, San Giovanni, Genna Luas, etc.) interessate attualmente da interventi di ripristino e recupero ambientale da parte della Società Concessionaria. Amministrativamente l'area ricade nel comune di Iglesias e fa parte della Comunità Montana XIX e dista da Cagliari circa 50 Km. Gli affioramenti d'interesse geologico ancora visibili sono facilmente raggiungibili dalla SS n°130 "Iglesiente" che collega Cagliari al centro minerario.

ASSETTO ATTUALE, GEOLOGIA, STRATIGRAFIA E DISTRIBUZIONE AREALE DELLE UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE

L'area, occupata dai sedimenti del Carbonifero è ubicata nella valle del Rio San Giorgio (Iglesias) e, benché di ridotta estensione, riveste una significativa importanza dal punto di vista scientifico e didattico. Gli affioramenti d'interesse sono ubicati nelle vicinanze ed in corrispondenza di una discarica mineraria in cui a partire dalla prima metà degli anni settanta e per alcuni decenni sono stati conferiti i residui di lavorazione delle vicine miniere metallifere di Campo Pisano, San Giovanni, Monteponi. Il geosito è rappresentato da un corpo geo-



Fig. 1 - Arachnida, Anthracomartida, esemplare pressochè completo, lievemente compresso, unità b del Bacino di San Giorgio, (Carbonifero superiore).

logico depositatosi in ambiente continentale posteriormente all'Orogenesi Ercinica e di età attribuita con certezza al Carbonifero superiore (Westphaliano - Stefaniano) grazie al ritrovamento di numerosi taxa vegetali, macroflora e palinomorfi, di rarissimi icnofossili, aracnidi (fig. 1) e blattoidi. Le sezioni più rappresentative sono evidenti lungo un tratto canalizzato del Rio San Giorgio e nel taglio della vecchia ferrovia e mettono in evidenza l'intera successione del Carbonifero superiore e i rapporti stratigrafici e strutturali con i depositi della Formazione di Cabitza (Cambro-Tremadociano).



Fig. 2 - Rappresentazione aerofotogrammetrica del 1967, prima della realizzazione della discarica mineraria.

La successione della "formazione di San Giorgio" (non ancora istituita formalmente) è costituita, dal basso verso l'alto, da breccie che passano ad arenarie e dolomie più o meno siltose e siltiti, spesso finemente stratificate, per chiudersi infine con il conglomerato poligenico a ciottoli ben arrotondati e lenti arenaceo conglomeratiche. La zona è attraversata da diverse faglie con andamento NE-SW che presumibilmente appartengono alla fase distensiva post-ercinica e che in alcuni casi dislocano gli strati quasi orizzontali del Carbonifero. Dal punto di vista paleogeografico e paleobiologico il Bacino di San Giorgio, rappresenta un esiguo tassello che testimonia l'appartenenza del blocco Sardo-Corso al dominio Euroamericano. Sulla base degli studi precedenti risultano segnalati i seguenti taxa (Cocozza 1967; Del Rio 1973; Fondi 1980; Del Rio & Pittau 1999; Barca & Costamagna 2001; Benedetti et al., 2002; Muntoni 2002, Tesi inedita):

ARTHROPHYTA: *Annularia pseudostellata* H. Pot. 1899, *Annularia stellata* (Schl.) ex Wood 1860, *Asterophyllites* sp., *Calamites cisti* Brgt., *Calamites gigas* Brgt. 1828, *Calamites* cfr. *leociderma* Gutb. 1849, *Calamites suckowi* Brgt. 1828; **PTEROPHYTA** et **PTERIDOSPERMOPHYTA:** *Pecopteris arborescens* Schl. 1905, *Pecopteris polymorpha* Brgt. 1844, *Callipteridium pteridium* Schl. 1890, *Neuropteris* cfr. *flexuosa* Sternb., *Neuropteris planchardii* Zeill. 1888, *Dicksonites plauckeneti* (Schl.) f. Sterzeli Zeill. 1881; **CONIFEROPHYTA:** *Cordaitales*; *Cordaites borassifolius* Sternb., *Cordaites* cfr. *foliolatus* Gr.Eu., *Cordaites* cfr. *Lingulatus* Gr.Eu. 1877, *Cordaites* cfr. *principalis* Germ., *Coniferales*; *Walchia* (*Lebachia*) *piniformis* (Schl.), *Walchia* (*Ernestiodendron*) *filiciformis* (Sternb.), *Walchiostrobus* sp.; **SEMENA:** *Rhabdocarpus* ovoi-

deus Goepp & Berg, *Trigonocarpus* sp.; **PALINOMORFI:** *Leiotriletes* sp., *Calamospora pallida* (Loose) Schopf, Wilson & Bentall, 1944, *Microreticulatisporites microreticulatus* (Knox) Potonié & Kremp, 1954, *Pustulatisporites pustulatus* Potonié & Kremp, 1954, *Triquitrites articulatus* Wilson & Coe, 1940, *Triquitrites bransonii* Wilson & Hoffmeister, 1956, *Triquitrites sculptilis* Balme, 1952, *T. verrucosus* Alpern, 1958, *Savitrisporites cingulatus* (Alpern) Bharadwaj, 1962, *Lycospora orbicula* (Potonié & Kremp) Smith & Butterworth, 1967, *Vestispora fenestrata* (Kosanke & Brokav) Spode in Smith & Butterworth, 1967, *Florinites florini* Imgrund, 1960, *Florinites pellucidus* (Wilson & Coe) Wilson, 1958, *Florinites parvus* Dybová & Jachowicz, 1957, *Wilsonites kosankei* Bharadwaj, 1957, *Potonieisporites novicus* Bharadwaj, 1957, *Pityosporites westphalensis* Williams, 1955, *Pityosporites reticulatus* Hennesly, 1959, *Laevigatosporites vulgaris* Ibrahim, 1933, *Punctatosporites minutus* Ibrahim, 1933, *Punctatosporites granifer* Potonié & Kremp, 1956; **MOLLUSCHI:** segnalati da Barca S. & Costamagna L.G., 2001 p.19-20; **ICNOFOSSILI:** *Salichium heringi*, (Geinitz, 1885), Müller, 1962, (Fondi 1980).

LE MODIFICAZIONI ANTROPICHE E LO STATO D'USO ATTUALE DEL SUOLO

L'area in studio è localizzata immediatamente a sud del centro abitato di Iglesias in un contesto periurbano fortemente connotato dalla presenza di grandi aree minerarie, interessata da innumerevoli ed imponenti discariche e scavi minerari. Gli affioramenti d'interesse sono ubicati in corrispondenza di un'area largamente occupata da una discarica mineraria in cui a partire dalla prima metà degli anni settanta e per alcuni decenni, venivano conferiti i residui di lavorazione della vicina miniera di Campo Pisano. È stata eseguita un'analisi storica delle fotografie aeree che ha permesso di analizzare e di evidenziare una netta trasformazione del territorio legata all'attività antropica in un arco temporale trentennale '67-'99 (fig.2 - 3).

PROPOSTE DI TUTELA E VALORIZZAZIONE DEL GEOSITO

È stato studiato un sito geologico di elevata importanza scientifica per le sue peculiarità e singolarità di tipo geologico - stratigrafico e paleontologico, che gli Autori ritengono a forte rischio di scomparsa e che pertanto deve essere oggetto di specifici interventi di tutela, salvaguardia e valorizzazione. Il geosito peraltro, pur non ricadendo in area vincolata, rientra nell'area di interesse denominata "Sulcis-Iglesiente" del Parco Geominerario Storico Ambientale della Sardegna istituito con Decreto 16.10.2001 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio; le finalità del Parco all'articolo 2 comprendono il "recuperare e conservare per fini ambientali, scientifici, formativi, culturali e turi-



Fig. 3 - Rappresentazione aerofotogrammetrica del 1999 in cui sono evidenti i due ampi bacini che costituiscono la discarica mineraria.

stici, i cantieri e le strutture minerarie nonché i siti geologici con particolare riguardo a quelli ambientalmente più compromessi ... omis-sis" mentre l'articolo 3 che regola la "Disciplina di tutela" stabilisce che sono da ritenersi incompatibili con le finalità del Parco una serie di attività all'interno delle aree d'interesse tra cui "qualsiasi mutamento dell'utilizzazione dei terreni e quant'altro possa incidere sulla morfologia del territorio e sugli equilibri paesaggistici, ambientali ... omis-sis". L'articolo 4 del medesimo Decreto stabilisce inoltre che sarà competenza del Consorzio del Parco svolgere le attività di cui all'articolo 2 anche al fine di "garantire e tutelare il contesto geologico-strutturale con le sue peculiarità giacimentologiche, mineralogiche, carsiche e paleontologiche".

La proposta di tutela e valorizzazione consiste nella redazione di un progetto che si articola secondo due tipologie progettuali accomunate dallo stesso obiettivo di tutela e valorizzazione del geosito:

- la progettazione di un percorso pedonale che consenta l'agevole e diretta fruizione del geosito e la conoscenza delle sue peculiarità geopaleontologiche;
- la progettazione di un sito web che consenta, previa segnalazione e autorizzazione da parte degli Enti competenti alla tutela e alla salvaguardia dei beni ambientali, la facile divulgazione delle conoscenze sul geosito e più in generale sulle tematiche inerenti i "beni a carattere geologico".

IL PERCORSO

Il progetto prevede la realizzazione di un percorso ad anello (fig. 4) della lunghezza complessiva di circa 4,5 Km disegnato su un sentiero sterrato già esistente, facilmente percorribile a piedi e con una durata di percorrenza di circa 2 h.

Il percorso prevede un ingresso dalla strada statale 130 "Iglesiente" che conduce ad un'area parcheggio, primo stop previsto dal percorso. Nelle figure viene riportato su una base topografica in scala 1:10.000 il percorso, il suo equipaggiamento, la descrizione degli stop, e l'ubicazione dei principali interventi progettuali meglio specificati nel seguito.

LA SISTEMAZIONE DEL PIANO DI CAMMINAMENTO

Gli interventi di recupero e di sistemazione della viabilità comprendono la ripulitura del sentiero dalla vegetazione infestante e l'esbosco del materiale da risulta nonché la regolarizzazione del piano di camminamento che avverrà con le seguenti modalità:

- per i tratti pianeggianti gli interventi minimali consistiranno nel riempimento dei piccoli fossi presenti lungo l'intero piano di camminamento;
- per i tratti in leggera pendenza gli interventi consistiranno nel posizionare nel piano di camminamento un sottofondo composto da due strati da 10 cm di ghiaia grossa e fine;
- per i tratti in forte pendenza gli interventi consistiranno nel realizzare dei gradini con paletti in legno posti di traverso fermati da picchetti in ferro infissi nel terreno.

E' prevista inoltre la realizzazione di cunette di attraversamento del sentiero che convogliano verso valle l'acqua proveniente da monte evitando che l'azione erosiva possa scavare il piano di camminamento.

L'EQUIPAGGIAMENTO DEL PERCORSO

Il sentiero, nei tratti più pericolosi e acclivi, sarà inoltre dotato e delimitato, da una staccionata in legno con paletti di castagno.

Il percorso prevede inoltre n°6 stop in corrispondenza dei più importanti affioramenti ed esposizioni; presso ciascuno di essi dovrà essere allestita una struttura in ombra e in legno che consenta l'esposizione di pannelli a carattere divulgativo che illustrino le peculiarità dell'affioramento. Si ritiene necessaria la sistemazione di un'area di sosta opportunamente inserita nell'area e ubicata in corrispondenza di una piazzola già esistente, da attrezzare con panche, tavoli e cestini, collocata in posizione logistica ideale. In corrispondenza dell'affioramento dove risultano meglio esposti gli strati fossiliferi è prevista la realizzazione di una struttura protettiva.

LA SEGNALETICA

La predisposizione di una segnaletica adeguata diventa uno degli interventi prioritari per la fruibilità dell'itinerario. Il progetto prevede la predisposizione di apposita segnaletica esterna da apporre in tutte le strade di accesso all'itinerario e in corrispondenza delle porte (devono indicare l'ubicazione e la direzione da seguire per raggiungere il punto di accesso più vicino) ed interna di informativa generale da apporre in alcuni punti significativi del sentiero (all'ingresso, nelle aree attrezzate per la sosta, in corrispondenza dei percorsi secondari alternativi) con indicazione della località specifica, dei servizi presenti nelle vicinanze, di alcune norme di comportamento. Sono state distinte tipologie differenti di cartellonistica strutturate sia per la segnaletica del geosito e dei principali punti d'affioramento sia per gli scopi didattico divulgativi. La tipologia 1 prevede segnali stradali rettangolari di indicazione turistica da apporre nelle strade di accesso all'itinerario e in corrispondenza della porte d'ingresso. Si tratta di cartelli indicatori eseguito in scatolato di alluminio e finitura in pellicola refrigerante sostenuto e fissato a terra tramite due pali in alluminio. La tipologia 2 è rappresentata da un segnale indicatore in legno idoneamente trattato e fissato a terra tramite un blocco in calcestruzzo da apporre all'ingresso delle aree attrezzate per la sosta e nelle località di maggior interesse. La tipologia 3 è identifi-

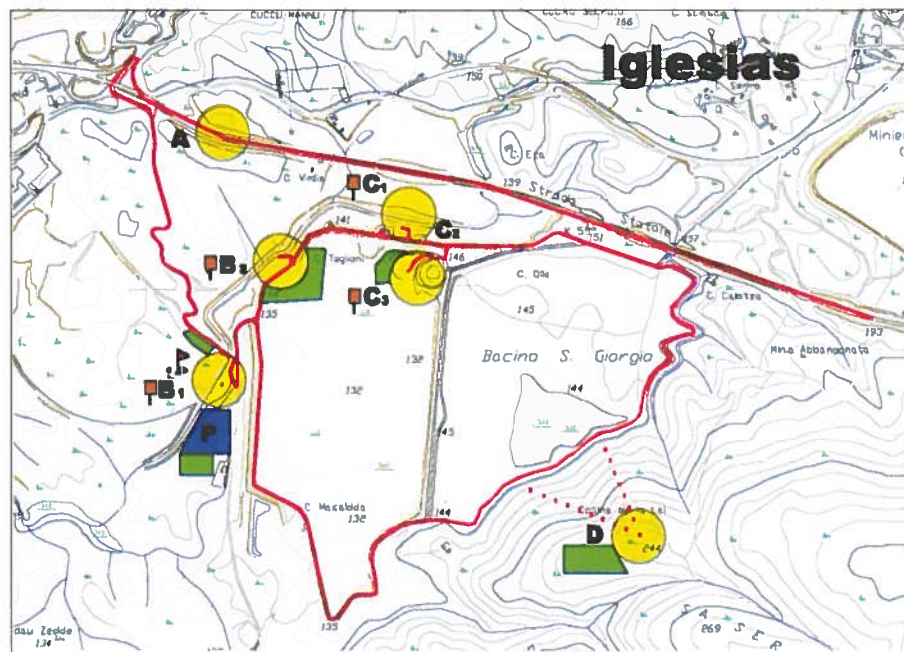


Fig. 4 - Carta schematica del percorso e del suo equipaggiamento (Rappresentazione in scala grafica).

cata da un segnale indicatore in legno idoneamente trattato e fissato a terra tramite un blocco in calcestruzzo da apporre in corrispondenza dei crocevia. Sono previsti inoltre alcuni cartelli indicatori in legno con struttura in acciaio zincato idoneamente trattato da apporre in corrispondenza dei siti di maggior attrazione riportante la descrizione degli elementi più significativi e la posizione del visitatore rispetto all'itinerario.

IL PARCHEGGIO

È prevista la realizzazione di un parcheggio all'ingresso dell'area con una disponibilità di circa 10 posti auto/2 posti autobus.

L'ANALISI DEI COSTI

È stata effettuata una preliminare analisi dei costi i cui risultati vengono riportati sinteticamente nella scheda. I costi applicati si riferiscono ad un elenco prezzi riferito alle tipologie d'intervento adottate e precedentemente individuate. Il quadro economico fornisce una stima complessiva dei costi stimati pari a circa 31.000 Euro.

LA PROGETTAZIONE DI UN SITO WEB COME METODOLOGIA DI DIVULGAZIONE

Il sito web è stato realizzato utilizzando come software Macromedia Dreamweaver UltraDev 4, per l'elaborazione delle immagini si è ricorso a Macromedia Fireworks 4, sono stati utilizzati anche software come CorelDRAW e Adobe Photoshop, in casi dove si è resa necessaria una elaborazione maggiore delle immagini. La risoluzione data a quest'ultime è intorno ai 100dpi avendo così dei file con buone definizioni ma di dimensioni ridotte in modo da non appesantire il sito rendendo più semplice e veloce la sua consultazione.

Per le immagini utilizzate si è ricorso al

PROPOSTA DI TUTELA E VALORIZZAZIONE DEL SITO GEOPALEONTOLOGICO DI "SAN GIORGIO"						
ITINERARIO GEOPALEONTOLOGICO						
Stima preliminare dei costi						
PERCORSO PEDONALE						
Lunghezza mt 4500			Interesse GEOPALEONTOLOGICO			
Tempo di percorrenza 120 minuti			Piano di camminamento FONDO NATURALE			
			Percorribilità AGEVOLE			
quantità	misura	Euro/unità di misura	Lit/Unità di misura	TOTALE (EURO)	TOTALE (Lire)	
a) Ripristino eantiero						
sistemazione piano di camminamento	450	ml	9,8	19.000	4.416	8.550.000
pulizie canali di guardia	800	ml	3,1	6.000	2.479	4.800.000
canalette di scolo	50	ml	11,4	22.000	568	1.100.000
staccioni e in legno	250	ml	35,6	69.000	8.909	17.250.000
pulizie arbusti	450	ml	2,6	5.000	1.162	2.250.000
				sommario	17.634	33.950.000
b) Realizzazione aree di sosta attrezzate						
pulizie aree	300	m ²	3,9	7.500	2.324	2.250.000
costruzione strutture ombrate	4	n°	309,9	600.000	1.239	2.400.000
panche	4	n°	258,2	500.000	1.033	2.000.000
cestini	5	n°	103,3	200.000	516	1.000.000
tavoli	2	n°	309,9	600.000	620	1.200.000
				sommario	6.733	8.850.000
c) Segnaletica e cartellonistica						
segnale indicatore in legno (tipo1)	2	n°	154,9	300.000	310	600.000
segnale indicatore in legno (tipo2)	4	n°	232,4	450.000	930	1.800.000
segnale indicatore in legno (tipo 3)	4	n°	671,4	1.300.000	2.686	5.200.000
				sommario	3.925	7.600.000
d) Parcheggio						
	1	n°	4.131,7	8.000.000	4.132	8.000.000
				sommario	4.132	8.000.000
				Totale (a+b+c+d)	31.323	58.400.000

Fig. 5 - Tabella riepilogativa dell'analisi preliminare dei costi dell'intervento progettuale.

formato jpg, alcuni file creati con Autocad sono stati elaborati e trasformati in immagini, in questo modo si sono potuti alleggerire ed è stato possibile metterli in rete, alcuni di quest'ultimi sono stati trasformati in formato pdf, utile spesso per ottenere ingrandimenti anche di immagini in rete, senza che la qualità ne risenta in modo eccessivo.

Data la vastità del sito web, le varie sezioni di approfondimento, i link, la galleria fotografica, la scheda tecnica sperimentale del Dstn-Progeo per l'inventario dei geositi, della quale si riporta uno stralcio la mole di immagini e di testo il tempo di realizzazione è stato di circa sei mesi, anche perché si sono rese necessarie modifiche continue durante la sua realizzazione.

BIBLIOGRAFIA

BARCA S. & COSTAMAGNA L.G., 2001 - THE S. GIORGIO LATE CARBONIFEROUS SUCCESSION (SW SARDINIA, ITALY): STRATIGRAPHY, DEPOSITIONAL FRAME AND EVOLUTION OF A POST-HERCYNIAN MOLASSIC BASIN STRATIGRAPHIC AND STRUCTURAL EVOLUTION ON THE LATE CARBONIFEROUS TO TRIASSIC CONTINENTAL AND MARINE SUCCESSIONS IN TUSCANY (ITALY). REGIONAL REPORTS AND GENERAL CORRELATION ABSTRACT VOLUME, APRIL 30 - MAY 7, 2001 SIENA, ITALY.

COCOZZA T., 1967 - IL PERMO-CARBONIFERO DEL BACINO DI SAN GIORGIO (IGLESIENTE, SARDEGNA SUD OCCIDENTALE), MEM. SOC. GEOL. IT., VI, PAGG. 607-642.

DEL RIO M. & PITTAU P., 1998 - SAN GIORGIO - CIMP SUMPOSIUM AND WORKSHOP FIELD TRIPS, SARDINIA 16-19 SEPT. 1998, UNIV. STUDI CAGLIARI, DIP. SCIENZE DELLA TERRA

DEL RIO M., 1973 - PALINOLOGIA DI UN LIVELLO "PERMO-CARBONIFERO" DEL BACINO DI SAN GIORGIO (IGLESIENTE, SARDEGNA SUD OCCIDENTALE), SOC. GEOL. IT., 93, PAGG. 113-124

FONDI R. 1980 - ORME DI MICROSAURI NEL CARBONIFERO SUPERIORE DELLA SARDEGNA, MEM. SOC. GEOL. IT., 20, 1979, PAGG. 347-356.

GAMBERA V., 1897A - RELAZIONE SULLA SCOPERTA DI FAUNA E FLORA FOSSILE NELL'IGLESIENTE, ASS. MIN. SARDA, 2 (2), PAGG.5-6.

GAMBERA V., 1897B - SULLA SCOPERTA DI NUOVE ZONE DEL CARBONIFERO E SULLA STRATIGRAFIA DELL'IGLESIENTE, 5 Pp., TIPOGRAFIA COMMERCIANTE CAGLIARI.

MUNTONI F., 2002 - IL BACINO CARBONIFERO DI SAN GIORGIO (IGLESIENTE - SARDEGNA SUD - OCCIDENTALE) PROPOSTA DI TUTELA E VALORIZZAZIONE, Tesi INEDITA, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI.



Fig. 6 - Pagina iniziale di presentazione del Sito Web.

I GEOSITI DELL'UOMO NEL PARCO GEOMINERARIO STORICO AMBIENTALE DELLA SARDEGNA: ALCUNI ESEMPI DEL SULCIS- IGLESIENTE (SARDEGNA SUD-OCCIDENTALE)

JO DE WAELE
FELICE DI GREGORIO
ROBERTO FOLLESA
GIUSEPPE PIRAS

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA -
CAGLIARI
GEOAM@UNICA.IT

Parole chiave: *Sardegna sud-occidentale, Parco Geominerario Storico ed Ambientale della Sardegna, Geosito, Archeologia Industriale, Grotta di Santa Barbara.*

RIASSUNTO

I Geositi, come noto, rappresentano risorse non rinnovabili, di valore scientifico, culturale o educativo, che consentano di riconoscere, interpretare e studiare l'evoluzione della storia geologica della Terra e dei processi che l'hanno interessata. Alcuni di essi hanno anche un'importanza notevole in quanto siti testimonianza di eventi storico-tecnologici o insediamenti particolari del passato.

Tra questi ultimi rivestono un ruolo fondamentale in Sardegna i siti minerari che, aggregati o dispersi nel territorio dell'Isola, sono stati raggruppati in otto aree che costituiscono nel loro insieme il Parco Geominerario Storico Ambientale della Sardegna, di recente istituzione, inserito dall'Unesco nella lista dei geositi-geoparchi che sono patrimonio dell'umanità per l'alto valore scientifico, storico-culturale e tecnologico.

Tra le otto aree individuate nel Parco Geominerario la maggior concentrazione di miniere, circa 120, ormai in stato di completo abbandono, è concentrata nel Sulcis-Iglesiente (Sardegna sud-occidentale). Queste miniere, molte delle quali già sfruttate nel periodo fenicio-punico, romano e medievale, come denotano tracce di antiche coltivazioni, utensili e resti di rudimentali impianti di eduazione sfruttavano giacimenti ricchi soprattutto in Pb, Zn, Ag, contenuti in ammassi e filoni prevalentemente negli affioramenti calcareo-dolomitici del Cambriano inferiore ("Metallifero" Auct.).

In questa nota vengono descritti tre dei geositi minerari più rappresentativi della Sardegna che sono stati di recente recuperati alla fruizione turistico-culturale: Porto Flavia, un innovativo sistema di carico del minerale realizzato nelle viscere della falesia modellata nel calcare ceroide del Cambriano di Masua (Iglesias) costruito nel 1924, la Galleria Henry, un singolare tunnel minerario che collega il giacimento piombo-zincifero di Pranu Sartu alla laveria Lamarmora (o Malfidano) di Buggerru, con numerosi affacci al mare sulla falesia e, infine, la Miniera di S. Giovanni (Iglesias), con la ben nota grotta di S. Barbara caratterizzata dalla presenza, oltre che di interessanti spe-

leotemi carbonatici policromi (stalattiti, stalagmiti, colonne, vele ecc.), anche da una eccezionale disseminazione di cristalli tabulari rossastri di barite a nido d'ape che ne fanno un geosito più unico che raro.

Tali geositi esprimono, dunque, strutture create dall'uomo nel sottosuolo o incontrate nel corso degli scavi per lo sfruttamento dei giacimenti metalliferi. Attualmente rappresentano straordinari elementi simbolici dell'attività mineraria del passato, alla cui valenza come testimonianze storico-tecnologiche si aggiunge a quella conferita dal particolare interesse geologico-giacimentologico (discordanza cambro-ordoviciana, formazioni del Cambriano, dell'Ordoviciano e del Siluriano con ricche e interessanti associazioni di fossili, trasgres-

sione mesozoica e cenozoica, differenti tipi di mineralizzazioni, ecc.) e geomorfologiche (cavità carsiche, canyons, valli sospese, falesie ecc.) delle rocce entro cui sono contenuti che ne fanno un riferimento scientifico, archeologico industriale e didascalico di estremo interesse nel contesto europeo.

INTRODUZIONE

In base alla definizione di Barca & Di Gregorio (1991) vengono definiti "geositi" o "monumenti geologici" quegli elementi del paesaggio i quali possiedono qualità particolari corrispondenti a tratti significativi di tipo genetico (litologico, morfologico, strutturale, ecc.) o, comunque, ca-

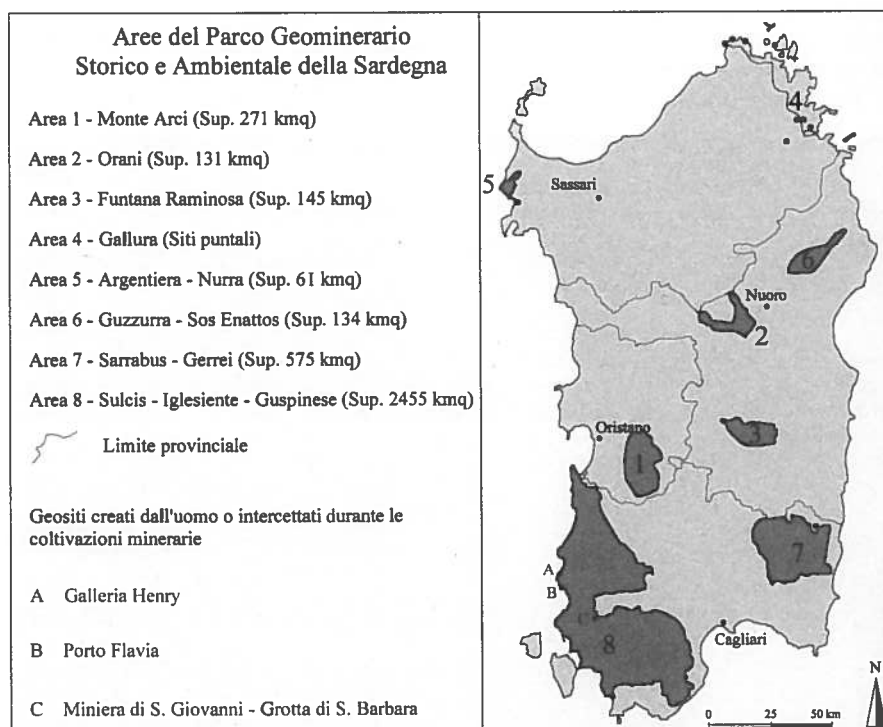


Fig. 1 - Localizzazione delle aree del Parco Geominerario Storico ed Ambientale della Sardegna, istituito con Decreto Ministeriale 16 Ottobre 2001 ed inserito nella Lista dei Geositi-Geoparchi dell'UNESCO con l'ubicazione dei siti di interesse geologico descritti.

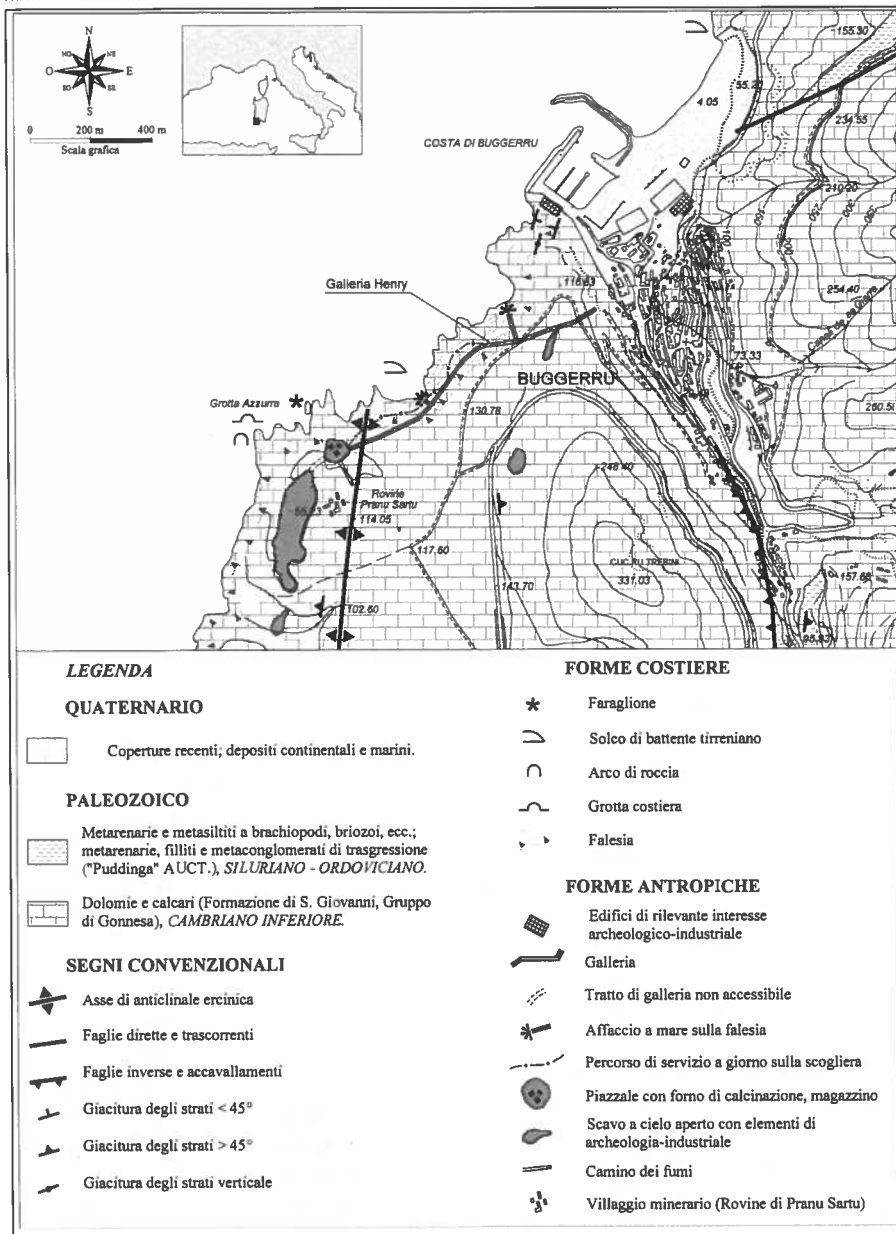


Fig. 2 - La Galleria Henry a Buggerru, di recente messa in sicurezza e aperta alla fruizione turistica. Ha un elevato interesse geominerario ed archeologico industriale, oltre che geomorfologico per i suoi affacci a mare su una falesia a strapiombo. Lo schema geologico dell'area è tratta da Carmignani et al. (1981), mentre la pianta della Galleria Henry è stata ripresa da Plaisant (2001).

ratteristiche singolari che gli conferiscono una evidente valenza scientifica, culturale o estetica.

Gli stessi, nella letteratura internazionale vengono anche definiti i geotipi o *land mark*. Nel loro insieme, tali forme del paesaggio, per i loro connotati e per il loro interesse scientifico, didattico, turistico-culturale costituiscono il patrimonio geologico (*geological heritage*) di un determinato territorio o di un'area geografica.

I vari geositi, tuttavia, anche se noti in linea generale in quanto spesso risultano facilmente riconoscibili alla comune percezione, necessitano di essere adeguatamente identificati e classificati nella loro storia evolutiva e nel loro interesse scientifico e didattico. E' necessario, in particolare, mettere in luce il loro significato e l'importanza nella storia della Terra e le potenzialità per una valorizzazione turistico-culturale nel contesto di una gestione integrata delle

risorse naturali e culturali del territorio.

Con decreto ministeriale 16 ottobre del 2001 è stato istituito il Parco Geominerario Storico Ambientale della Sardegna. Il Parco si propone il recupero e la valorizzazione del paesaggio minerario e dell'immenso patrimonio di archeologia industriale venutosi a creare nel corso della lunga storia mineraria della Sardegna che va dalla preistoria, con la coltivazione delle ossidiane del Monte Arci, al periodo romano e medioevale sino ai nostri giorni.

Nel territorio del Parco si rinvennero centinaia di siti minerari nei quali sono ancora perfettamente leggibili, in superficie e in sottoterraneo, mineralizzazioni, strutture geologiche, elementi geomorfologici e testimonianze delle tecniche di lavorazione dell'uomo impresse nei resti fisici e nella organizzazione e nelle forme del paesaggio.

Quello che resta nelle antiche regioni minerarie della Sardegna, tuttavia, non so-

no solo valori e testimonianze storico-tecnologiche, ma anche imponenti scavi, dissesti e gravi fenomeni di alterazione del paesaggio con diffusi e seri problemi di contaminazione delle acque superficiali e sotterranee e del suolo.

Il Piano del parco, che nelle sue linee generali è stato approvato ed è in via di attuazione, prevede numerosi interventi di recupero ambientale e di restauro di edifici, impianti e infrastrutture prevalentemente a fini turistico-culturali. Tra gli interventi di recupero sinora posti in essere, vi sono i tre percorsi in sottoterraneo di Porto Flavia, Galleria Henry e Miniera di S. Giovanni-Grotta di S. Barbara che costituiscono eccezionali esempi di geositi minerari i quali, insieme a interessanti e vari elementi di carattere geologico, geomorfologico, giacimentologico leggibile negli scavi a cielo aperto, sulle gallerie che attraversano intere sequenze geologiche, recano i segni del divenire delle tecniche di coltivazione e gestione dei lavori minerari e meritano quindi di essere tutelati per l'alto interesse storico-culturale e didattico (Di Gregorio, 1994; Massoli Novelli, 1996)

Accanto ai geositi cosiddetti "esposti" dell'Earth Sciences Conservation, che sono esempi emblematici di ciò che può significare il corretto recupero dei siti minerari abbandonati, vi sono all'interno delle regioni minerarie numerosi e vari elementi di interesse in parte studiati (Barca & Di Gregorio, 1999), altri in corso di studio (Progetto Cofin 2001, "I geositi nel paesaggio italiano") che costituiscono probabilmente il più straordinario patrimonio di geodiversità del nostro Paese.

Infatti nelle regioni minerarie coesistono nello stesso contesto geositi naturali integri (sequenze stratigrafiche, geomorfositi, mineralizzazioni, ecc.) accanto a geositi messi in luce dall'attività umana con gli scavi a cielo aperto o nei lavori in sottoterraneo (faglie, pieghe, contatti litologici, filoni, mineralizzazioni, ecc.) e ad altri geositi di pura derivazione dell'uomo come ad esempio le discariche di fanghi rossi di Monteponi (Iglesias), tutelata da anni per l'elevato interesse percettivo e paesaggistico o anche taluni geomorfositi costituiti da resti di scavi del periodo romano o medioevale come ad esempio le Fosse Pisane, sopra al Monte di S. Giovanni di Iglesias (Di Gregorio, 1994). Per questa ragione abbiamo definito geositi dell'uomo le testimonianze storico-tecnologiche, ma anche geologiche e geomorfologiche descritte nel presente lavoro.

I GEOSITI

Nel contesto di una ricerca più vasta sui geositi nella Sardegna, condotta nell'ambito del Progetto Cofin 2001, "I geositi nel Paesaggio Italiano", che comprende molte delle aree minerarie dismesse e facenti par-



Fig. 3 - Ruederi di edifici minerari e camino dei fumi nel "piazzaletto" interno allo sbocco della Galleria Henry.

te del Parco Geominerario Storico ed Ambientale della Sardegna di recente istituito, sono state analizzate e descritte nella Sardegna sudoccidentale (Boi et al., 1996; De Waele et al., 1998; Barca & Di Gregorio, 1999; Arisci et al., 2001).

Tra i geositi umani più significativi dell'Iglesiente-Sulcis sono da citare la Galleria Henry a Buggerru e Porto Flavia e la Miniera di San Giovanni-Grotta di Santa Barbara ad Iglesias (fig. 1).

FALESIE DI PLANU SARTU-GALLERIA HENRY

A Planu Sartu, in un tratto di costa tra Buggerru e Cala Domestica, sono presenti antichi lavori di miniera, sia a cielo aperto sia in sotterraneo, ruderi di un villaggio e di infrastrutture minerarie (fig. 2). In questo settore costiero della Sardegna sudoccidentale affiorano le rocce carbonatiche, in particolare diverse facies dolomitiche delle Formazioni di Santa Barbara e di San Giovanni (Gruppo di Gonnese, Cambriano inferiore, "Metallifero" Auct.) (Bechstadt & Boni, 1996; Pillola, 1989).

Dal punto di vista geomorfologico la zona di Planu Sartu è caratterizzata da un grande tavolato costiero in leggera pendenza verso il mare, correlabile con un'antica e più estesa superficie di spianamento. L'altopiano è inciso da corte valleciole aventi un profilo classico a V stretta che scendono verso il mare, troncate dall'arretramento della falesia.

L'attività mineraria in quest'area ha prodotto, per notevole estensione (oltre 30.000 mq), imponenti scavi a cielo aperto (profondi di oltre 50 m), aventi numerosi ingressi di galleria ubicati a diverse altezze. Queste attività estrattive risalgono alla fine del XIX secolo quando società minerarie straniere (soprattutto la Vieille Montagne del Belgio) vi lavoravano gli ossidati di Zinco (Zn-gossan o Calamine) prodotti dall'alterazione, durante il Mesozoico e il Terziario, di depositi di solfuri di Zn, Fe e Pb (Mezzolani & Simoncini, 1993).

Particolarmente suggestiva è la cosiddetta Galleria Henry, realizzata nel 1865 sulle scogliere a strapiombo sul mare; essa aveva la funzione primaria di consentire

il trasporto del minerale estratto, prima tramite muli e successivamente mediante una linea ferroviaria dai cantieri di estrazione agli impianti di trattamento (Laveria Malfidano e forni di calcinazione) ubicati presso la spiaggia di Buggerru. Nei pressi di questa struttura sotterranea si trovano ancora i resti di vecchi magazzini minerari ed un camino dei fumi (fig.3) mentre sopra il pianoro di Pranu Sartu, accanto ai grandi scavi a cielo aperto, il villaggio minerario abbandonato.

L'inagibilità della galleria, costituita da un doppio sistema di percorsi paralleli, continuamente ostruita da continui cedimenti e frane dopo l'abbandono, avvenuto negli anni 70 del secolo scorso, ha richiesto onerosi interventi di messa in sicurezza e bonifica dei versanti finalizzati al recupero delle strutture minerarie ed alla valorizzazione dell'intero sito Archeologico industriale (Plaisant, 2001). La galleria Henry è caratterizzata da una sezione semi-circolare con piedritti quasi verticali; la larghezza media è di circa 3,20 metri e l'altezza di poco superiore ai 3 metri. L'intervento di recupero della antica opera è stato effettuato, per quanto possibile, rispettando le antiche tecniche di arte mineraria, utilizzando particolari accorgimenti nella ricostruzione delle varie tipologie di armature in legname, anche se in tal senso sarebbe stato apprezzabile un maggiore sforzo per una migliore aderenza ai generali concetti di restauro delle antiche strutture. Per motivi di sicurezza, poi, nei tratti più critici della galleria sono state installate apparecchiature di monitoraggio (celle di pressione, barrette estensimetriche) al fine di rilevare i cedimenti e le deformazioni indotte dal carico sulle armature.

GALLERIA IN SOTTERRANEO E IMPIANTO DI PORTO FLAVIA

L'impianto di Porto Flavia è sorto a servizio della miniera di Masua. Nell'area affiorano i "Calcarei ceroidi" e le "Dolomie gialle" della Formazione di San Giovanni (Grup-

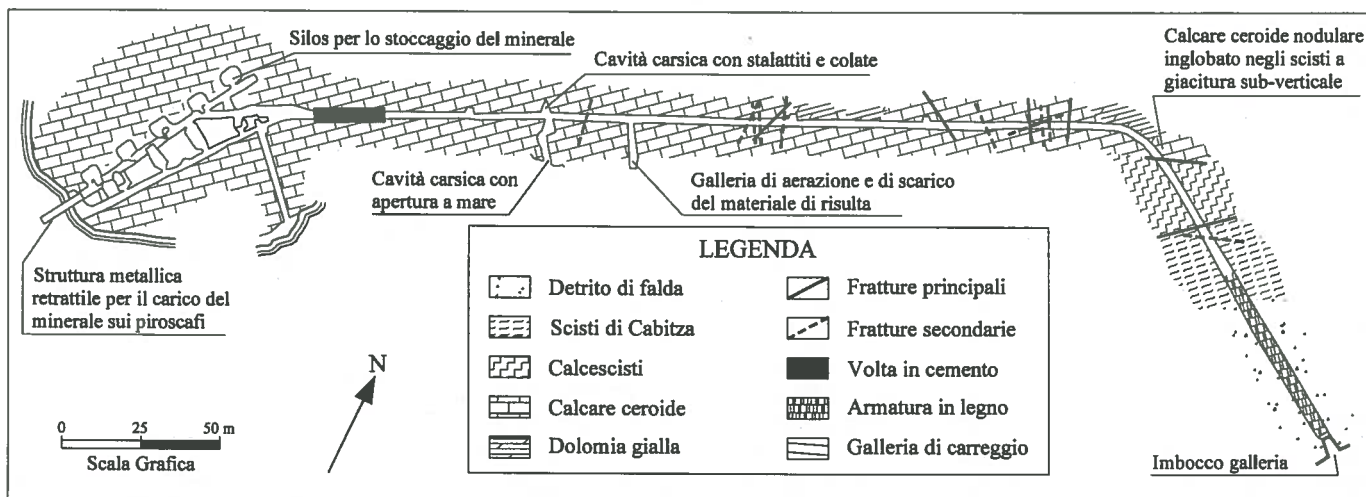


Fig. 4 - Porto Flavia: galleria di carreggio superiore con le sequenze stratigrafiche del Cambriano, silos per lo stoccaggio del minerale e le strutture di carico a mare (modificato da Buosi & Saritzu, 2000).

Fig. 5 - Struttura di carico del minerale di Porto Flavia realizzata nelle pareti verticali della falesia calcarea vista dal mare.



po di Gonnese, Cambriano inferiore, "Metallifero" Auct.) ed i "Calcari nodulari" della Formazione di Campo Pisano facente parte del Gruppo di Iglesias del Cambriano medio (Bechstadt & Boni, 1996; Pillola, 1989), i quali risaltano in netto contrasto con gli argilloscisti della Formazione di Cabitza (Gruppo di Iglesias, Cambriano medio-Ordoviciano inferiore) affioranti nell'attiguo Porto di Masua, caratterizzati da sottili laminazioni policrome (fig. 4) e da una morfologia più dolce. Nel settore in esame il contatto tra queste due Formazioni avviene tramite una faglia avente direzione Est Nord-Est-Ovest Sudovest e con un rigetto verticale di alcune decine di metri. Nei rilievi di Schina 'e Monte Nai, retrostanti la falesia, affiorano, inoltre, le singolari "quarziti", caratterizzate da ammassi quarzosi di colore

grigio che sovrastano generalmente i termini carbonatici cambriani, mentre in prossimità della cala sono presenti limitati banchi di arenarie eoliche quaternarie con la tipica stratificazione a festoni.

La struttura di Porto Flavia venne costruita nel triennio 1922-24 al fine di sfruttare il fondale profondo dell'antistante mare per far avvicinare sin sotto l'imboccatura della galleria imbarcazioni di stazza superiore rispetto alle storiche "bilancelle" (piccole barche a vela da carico generalmente utilizzate per trasferire il minerale arricchito dalle cale della costa sud-occidentale al porto di Carloforte nell'Isola di S. Pietro, in quanto prima il minerale veniva trasferito nei magazzini sulle spiagge, poi ripreso e caricato sulle bilancelle, quindi trasferito e scaricato sui magazzini del porto, e poi ri-

caricato sui piroscafi per la destinazione finale) con un notevole risparmio in termini di costi e sacrifici umani (fig.5).

L'impianto di Porto Flavia (dal nome della figlia dell'ingegner Vecelli che ebbe la geniale intuizione), in particolare, è costituito da una serie di silos interposti tra due livelli di gallerie sovrapposte (fig. 6) realizzati all'interno della falesia calcarea di Masua (Vecelli, 1925).

Nella galleria superiore il materiale, proveniente dai cantieri di estrazione attraverso una linea di carreggio, veniva riversato tramite botole all'interno dei silos, alcuni dei quali potevano contenere fino a 1000 mc; tramite l'apertura delle tramogge il minerale veniva poi riversato dai silos nella galleria inferiore direttamente sopra un sistema di nastri mobili e, quindi, grazie ad un ponte sospeso estraibile, scaricato direttamente nelle stive delle grandi imbarcazioni.

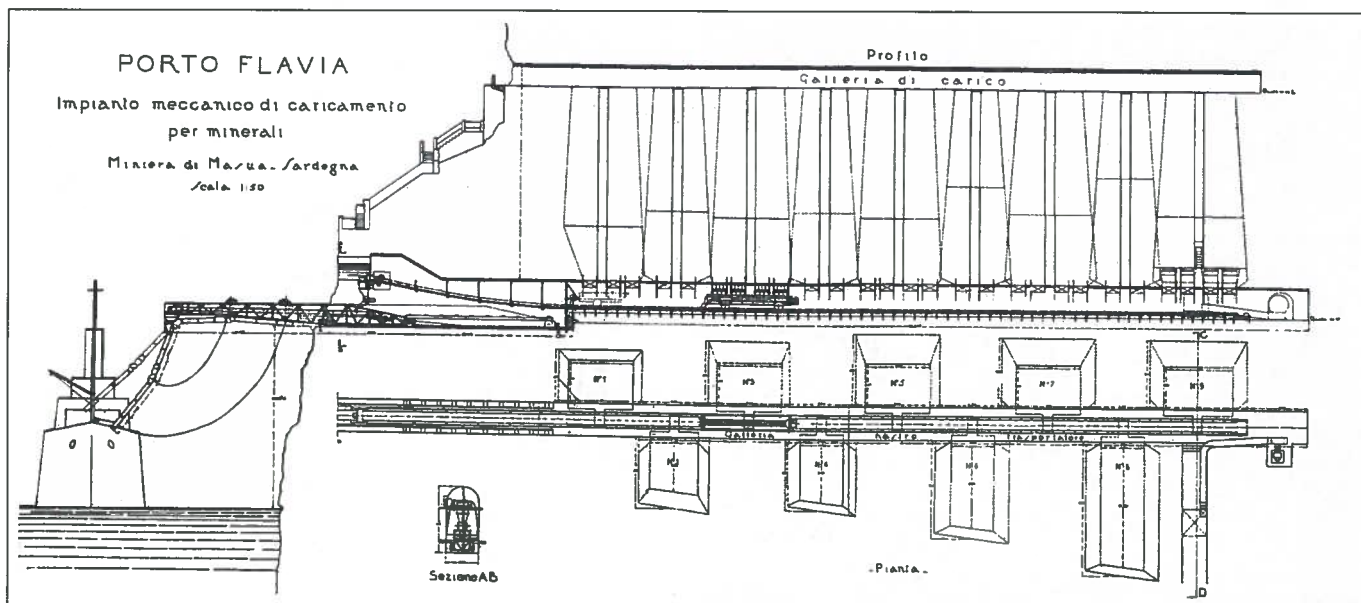
Dal punto di vista didattico lungo il percorso in galleria, oltre ai vari sistemi di armamento, è possibile osservare in bella evidenza, dopo una cinquantina di metri di detrito di falda ed a partire dall'ingresso, gli Argilloscisti di Cabitza, di colore verde-bruno ed a giacitura subverticale, seguiti da una trentina di metri di Calcari nodulari, anch'essi raddrizzati, delimitati verso Nordovest da una faglia chiaramente intuibile grazie ad un importante riempimento di argille. Da questo punto in poi la galleria, che prende direzione Est Sudest, è impostata nei Calcari ceroidi, generalmente massicci, anch'essi localmente interessati da faglie, fratture beanti e cavità carsiche talvolta ben concrezionate (Buosi & Sarritzu, 2000).

Anche Porto Flavia è stata oggetto di una messa in sicurezza ed è attualmente aperta al pubblico gestita dagli operai della Igea. Insieme al Pan di Zucchero (fig. 7) istituito a Monumento Naturale (L.R. 31/1989), che si trova proprio di fronte all'uscita di Porto Flavia, e le tante altre emergenze geomorfologiche, geologiche, naturalistiche ed archeologico-industriali presenti nel territorio, l'area di Masua e di Porto Flavia contiene uno dei più interessanti e vari insiemi di geositi e geomorfositi Sardegna (Bellè et al., 1996).

LA MINIERA DI SAN GIOVANNI E LA GROTTA DI SANTA BARBARA

La Miniera di San Giovanni, ubicata a Sudovest di Iglesias, con le altre due miniere di Monteponi e Campo Pisano, ha costituito per circa due secoli il più importante polo minerario nazionale nel settore del piombo e dello zinco. Nelle vicinanze e nell'interno della miniera vi sono tracce di coltivazione del periodo romano e medioevale (Di Gregorio & Viridis, 1996). Alcune di tale tracce, sopra l'altopiano del Monte San Giovanni, sono ancora perfettamente leggibili nel paesaggio e sono identificate nella cartografia ufficiale e nella toponomasti-

Fig. 6 - Schema dell'impianto di Porto Flavia (Vecelli, 1925): Pianta e profilo dell'infrastruttura che mostrano le due gallerie sovrapposte ed i nove silos interposti per lo stoccaggio del minerale e la struttura di carico in traliccio metallico aggettante sulla falesia.



ca locale come le "Fosse pisane", la cui origine si può ricondurre al periodo della dominazione pisana della Regione (XIII-XIV sec.). Si tratta di geomorfositi di origine antropica di alto interesse storico-tecnologico ed archeologico-industriale. Nella miniera è stato allestito un percorso attrezzato con un trenino elettrico ed un ascensore per l'accesso e la visita di alcuni livelli di coltivazione in sotterraneo e di una nota cavità carsica, la grotta di Santa Barbara. Tale cavità si apre al contatto tra le dolomie della Formazione di Santa Barbara ed i calcari della Formazione di San Giovanni (Gruppo di Gonnese, Cambriano inferiore) del Monte San Giovanni (comuni di Iglesias e Gonnese) ed è stata intercettata durante lo scavo di gallerie minerarie nell'Aprile del 1952 (fig. 8). La grotta, unica nel suo genere, è caratterizzata da una grande sala di forma ovoidale, lunga 70 metri e larga 50, con altezze medie di 25 metri (Fabbri & Forti,

1981). Sul lato sudorientale la parte bassa della cavità era occupata da un laghetto di 15-20 metri di diametro, alimentato dagli stillicidi che è attualmente asciutto a causa di una frattura beante apertasi di recente, che ne ha drenato le acque. Nelle ampie pareti un po' ovunque sono presenti concrezioni di varia grandezza, dalle colonne alte quasi 30 metri fino alle esili eccentriche di aragonite, mentre sul soffitto e sulle pareti sono cresciuti cristalli tabulari di barite rossastra (fig. 9) che rendono questa cavità di notevole interesse scientifico (Rossetti & Zucchini, 1956). La genesi della grotta si può ricondurre ad un ciclo carsico avvenuto durante il Permo-Trias. Si deve alla sensibilità delle Società Minerarie che si sono succedute nella concessione mineraria di San Giovanni se la grotta è potuta pervenire a noi praticamente intatta nonostante i ripetuti tentativi di asportazione delle concrezioni e delle cristallizzazioni. All'inizio

degli anni Ottanta è stato proposto un progetto per la sua turisticizzazione che comprendeva anche un Museo dell'Arte Mineraria e della Speleologia (Forti & Perna, 1981), mentre più recentemente è stato proposto (Di Gregorio & Viridis, 1996) e poi parzialmente installato un sistema di monitoraggio per il controllo dei parametri ambientali nella cavità (temperatura, umidità relativa e concentrazione di CO₂ nell'aria) in vista della sua apertura al pubblico che attualmente avviene in maniera controllata.

RINGRAZIAMENTI

Questo lavoro è stato realizzato nell'ambito del progetto di ricerca nazionale COFIN 2001-2003 "Geositi nel Paesaggio italiano" dall'Unità di Ricerca locale coordinata da Prof. Antonio Ulzega e da Prof. Felice Di Gregorio del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Cagliari.

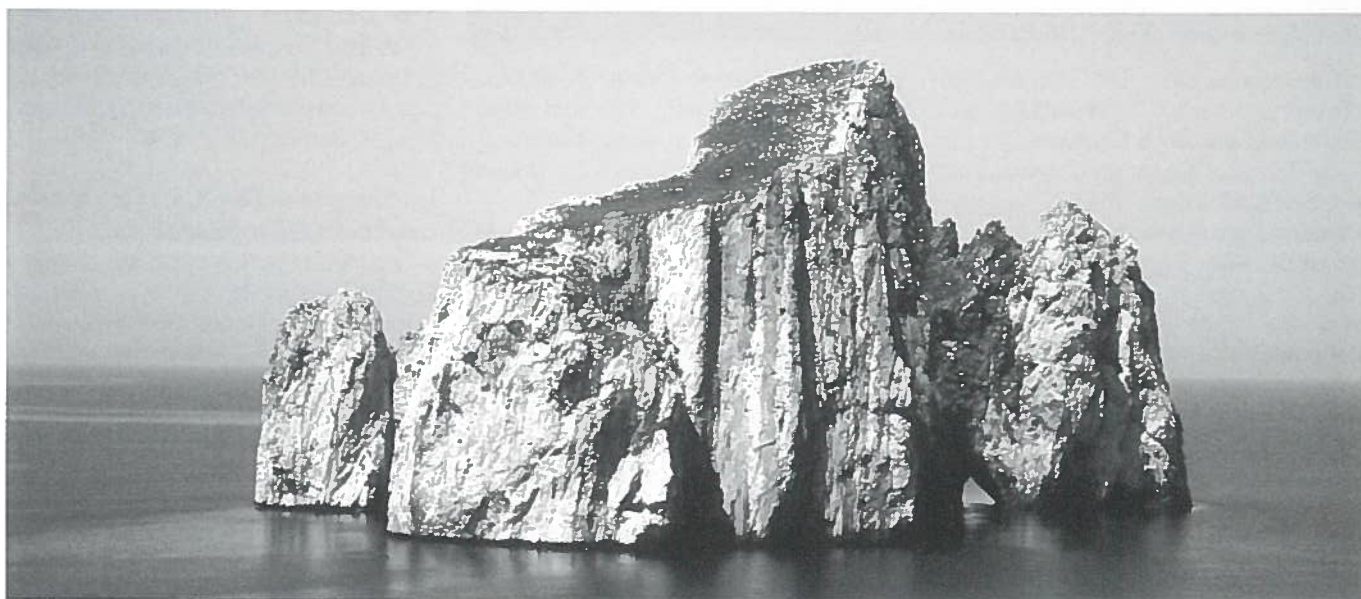


Fig. 7 - Il Monumento di Pan di Zucchero, istituito con Decreto n°706 del 29 aprile 1993, fotografata dall'uscita di Porto Flavia.

Fig. 8 - Pianta e profilo topografico della Grotta di Santa Barbara. La grotta, di recente dotata di un sistema di monitoraggio ed aperta al pubblico, è interessante soprattutto per la presenza di rari cristalli di barite che tappezzano le pareti (modificato da Fabbri & Forti, 1981): 1. Scala d'accesso; 2. Percorso parte alta; 3. Colata superiore; 4. Laghetto; 5. Pozzetto naturale laterale; 6. Gruppo di colonne e stalagmiti; 7. Colata laterale a cascata; 8. Colata inferiore; 9. Cristalli di barite sulle pareti e sul soffitto.

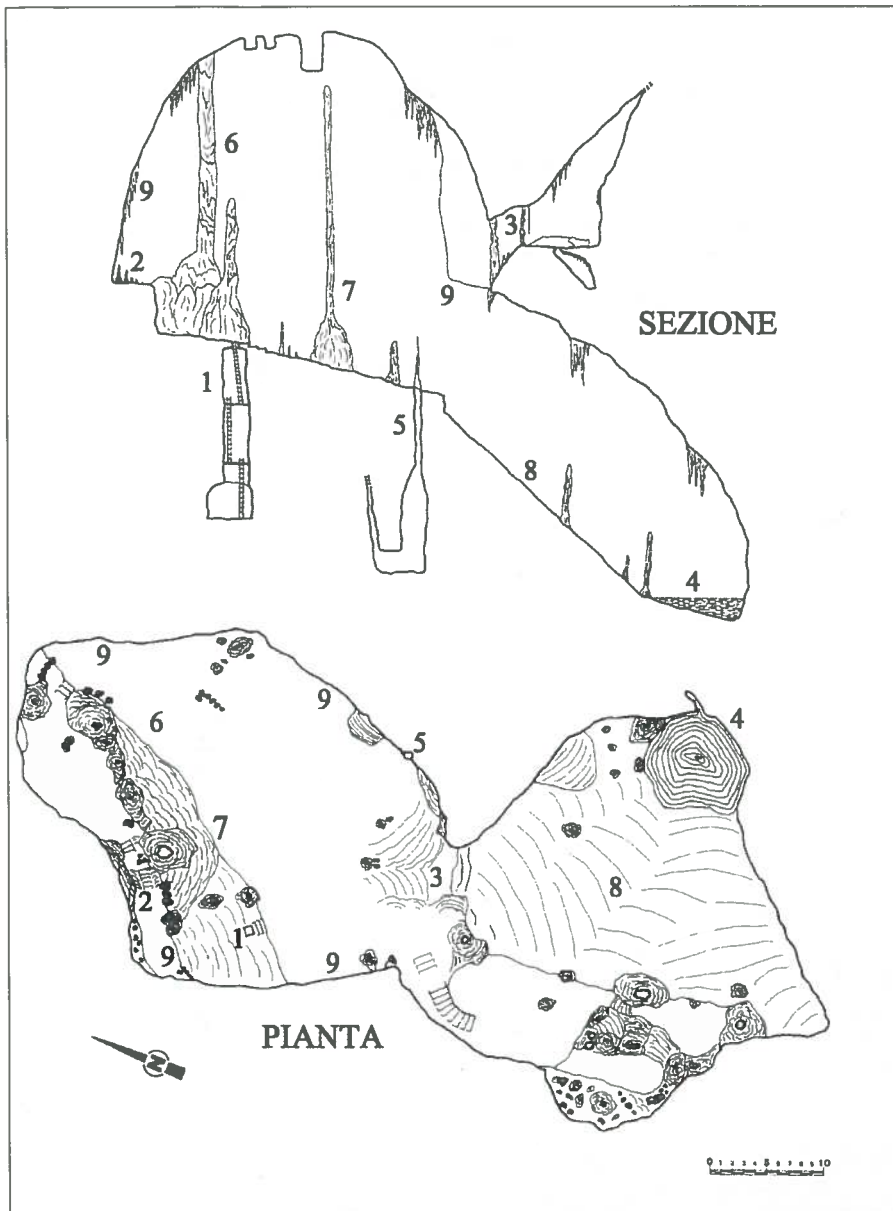


Fig. 9 - Cristalli di barite tabulari rossastri che tappezzano le pareti e parte del soffitto della Grotta di Santa Barbara.

BIBLIOGRAFIA

- ARISCI A., DE WAELE J., DI GREGORIO F., FERRUCCI I., FOLLESA R. (2001) - GEOSITES AND TOURISTIC DEVELOPMENT OF THE KARSTIC COASTLINE OF SOUTHWEST SARDINIA. IN "MEDCOAST 01: PROCEEDINGS OF THE FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE MEDITERRANEAN COASTAL ENVIRONMENT, 23-27 OTTOBRE 2001, HAMMAMET, TUNISIA", E. OZHAN (Ed.), MIDDLE EAST TECHNICAL UNIVERSITY, ANKARA, TURKEY, VOL. 1: 302-314.
- BARCA S. & DI GREGORIO (1991) - CONSERVATION ET VALORISATION DU PATRIMOINE GEOLOGIQUE DE LA SARDAIGNE: UNE PROPOSITION METHODOLOGIQUE. I SYMPOSIUM INTERNATIONALE SUR LA PROTECTION DU PATRIMOINE GEOLOGIQUE, DIGNE-LES-BAINS, 10-16 JUILLET 1991.
- BARCA S. & DI GREGORIO F. (1999) - PAESAGGI E MONUMENTI GEOLOGICI DELLA PROVINCIA DI CAGLIARI, SAREdit SRL, CAGLIARI.
- BECHSTADT T. & BONI M. (1996) - SEDIMENTOLOGICAL, STRATIGRAPHICAL AND ORE DEPOSITS FIELD GUIDE OF THE AUTOCHTHONOUS CAMBRO-ORDOVICIAN OF SOUTHWESTERN SARDINIA. MEMORIE DESCRITTIVE DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA 48: 390 Pp. ROMA.
- BELLÉ O., CHERCHI F., CONCAS M., MARRAS M. (1996) - PROGETTO DI VALORIZZAZIONE MONUMENTO NATURALE PAN DI ZUCCHERO E FARAGLIONI DI MASUA. ATTI DEL CONGRESSO INTERNAZIONALE PER IL CENTENARIO DELL'ASSOCIAZIONE MINERARIA SARDA 1896-1996, SESSIONE IV, Pp. 175-185.
- BOI G., ALBA L., ANGELELLI F., CASTELLI P., DEL BONO G.L., DI GREGORIO F., MELIS R., NAPOLEONE I., NASEDDU A., PINTUS S., SABA F., SANNA C. & TODDE F. (1996) - IL PARCO GEOMINERARIO AMBIENTALE E STORICO DELL'IGLESIENTE-SULCIS - GUSPINESE. ATTI DEL CONGRESSO INTERNAZIONALE PER IL CENTENARIO DELL'ASSOCIAZIONE MINERARIA SARDA, 1896 - 1996, SESSIONE IV, IGLESIAS, 12-13 OTTOBRE 1996: 75-94.
- BUOSI M., SARRITZU R. (2000) - PORTO FLAVIA. RELAZIONE IGEA SPA: 10 P.
- CARMIGNANI L., COCOZZA T., PERTUSATI P.C. (1981) - CARTA GEOLOGICA DEL PALEOZOICO DELL'IGLESIENTE (SARDEGNA SUD-OCCIDENTALE). Scala 1:50.000.
- DE WAELE J., DI GREGORIO F., PIRAS G. (1998) - GEOSITES INVENTORY IN THE PALEOZOIC KARST REGION OF SULCIS-IGLESIENTE (SOUTH-WEST SARDINIA, ITALY). INTERNATIONAL CONGRESS PRO GEO '98, 7-13 JUNE 1998, BELOGRADCHIK, BULGARIA. IN GEOLOGICA BALCANICA 28 (3-4): 173-179.
- DI GREGORIO F. (1994) - ASPETTI METODOLOGICI E GEOLOGICO-AMBIENTALI DEL RECUPERO DEI SITI MINERARI DISMESSI. IN "VALORIZZAZIONE DEI SITI MINERARI DISMESSI", ASS. NAZ. INGEGNERI DELLE GEORISORSE E DELLE GEOTECNOLOGIE. EDIZ. PEI, PARMA.
- DI GREGORIO F. & VIRDIS R. (1996) - METODI DI CARTOGRAFIA GEOAMBIENTALE PER IL RECUPERO DELLA MINIERA DI SAN GIOVANNI (IGLESIAS, SARDEGNA SE). ATTI DEL CONGRESSO INTERNAZIONALE PER IL CENTENARIO DELL'ASSOCIAZIONE MINERARIA SARDA, 1896 - 1996, SESSIONE IV, IGLESIAS, 12-13 OTTOBRE 1996: 151-166.
- DI GREGORIO F. (1994) - ASPETTI METODOLOGICI E GEOLOGICO-AMBIENTALI DEL RECUPERO DEI SITI DISMESSI. ATTI DEL I° CONVEGNO "VALORIZZAZIONE DEI SITI MINERARI DISMESSI", CAGLIARI, 12-17 OTTOBRE 1994: 28-33.
- FABBRIO M. & FORTI P. (1981) - ESPLOAZIONI NELL'IGLESIENTE. SOTTOTERRA 59: 31-35.
- FORTI P. & PERNA G. (1981) - LA TURISTICIZZAZIONE DELLA GROTTA DI SANTA BARBARA NELLA MINIERA DI SAN GIOVANNI E LA CREAZIONE DI UN MUSEO MINERARIO AD ESSA CONNESSO (IGLESIAS - SARDEGNA SUD OCCIDENTALE). LE GROTTI D'ITALIA 4(10): 181-187.
- MASSOLI NOVELLI R. (1996) - GEOTOPICI E SITI MINERARI, GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, ANNO 4, N. 2, 6-9.
- MEZZOLANI S. & SIMONCINI A. (1993) - PAESAGGI E ARCHITETTURA DELLE MINIERE. ARCHIVIO FOTOGRAFICO SARDO. 364 P.
- PILLOLA G.L. (1989) - TRILOBITES DU CAMBRIEN INFÉRIEUR DU SW DE LA SARDAIGNE, ITALIE. PALEONTOGRAPHICA ITALICA 78: 1-174.
- PLAISANT C. (2001) - UN ESEMPIO DI RECUPERO DEI BENI SOTTERRANEI: LA GALLERIA HENRY. CONVEGNO NAZIONALE "PER IL PARCO GEOMINERARIO": AVVIAMENTO, PROGETTI IN ITINERE, PROSPETTIVE, PAU (OR), 17 DICEMBRE 2001 (IN STAMPA).
- ROSSETTI V. & ZUCCHINI A. (1957) - BARITINA DELLA GROTTA DI SANTA BARBARA. RENDICONTI SEMINARIO FACOLTÀ SCIENZE UNIVERSITÀ DI CAGLIARI 26(3-4): 240-255.
- VECELLI C. (1925) - I NUOVI IMPIANTI PER IL CARICO DEI MINERALI A PORTO FLAVIA PRESSO LA MINIERA DI MASUA. RESOCONTI DELL'ASSOCIAZIONE MINERARIA SARDA 30(4): 8-21.

FELICE DI GREGORIO

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI,
DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA TERRA

MOHAMED TALBI

INSTITUT DES RÉGIONS ARIDES,
MEDENINE, TUNISIA

MARIA TERESA MELIS

GIUSEPPE PIRAS

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI,
DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA TERRA

NABIL GASMI

UNIVERSITÀ DI TUNISI

ALBERTO MARINI

JO DE WAELE

ROBERTO FOLLESA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI,
DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA TERRA

PROGETTO DI RICERCA PER L'INVENTARIO, LA TUTELA E LA VALORIZZAZIONE DEI GEOSITI IN AMBIENTE ARIDO E SEMIARIDO NELLE REGIONI DI TOZEUR E DI GAFSA (TUNISIA)

Parole chiave: geosito, Tunisia, ambiente arido, valorizzazione, inventario.

INTRODUZIONE

Vengono presentati i risultati del Workshop che si è tenuto a Tozeur (Tunisia) all'inizio di Giugno del 2002 nell'ambito della Convenzione di collaborazione scientifica tra l'Università degli Studi di Cagliari (Sardegna) (Uni-

ca) e l'Institut des Régions Arides di Médénine (Tunisia) (IRA). Per l'IRA questo lavoro s'inserisce nel quadro delle attività dell'Observatoire Intégré des Zones Arides et Désertiques, mentre per l'Unica fa parte delle ricerche che il Dipartimento di Scienze della Terra svolge in diversi campi per lo studio

ABSTRACT

In this paper the results of the Workshop on Geosites (Tozeur, Tunisia, June 2002) are briefly presented. During this workshop researchers from the Institut des Régions Arides (IRA, Tunisia) and of the Department of Geology of the University of Cagliari (UNICA, Italy) have studied many geosites and geological landscapes in the region of Tozeur and Gafsa (Central South Tunisia), with the purpose of making a first inventory of geological monuments (geomorphosites) in these arid and semi-arid areas. Field work combined with remote sensing techniques have enabled to start preparing thematic maps of these geosites which, together with their description (genesis, evolution, state of conservation, valorisation, etc.) will be useful for obtaining financial aid for their protection and valorisation.

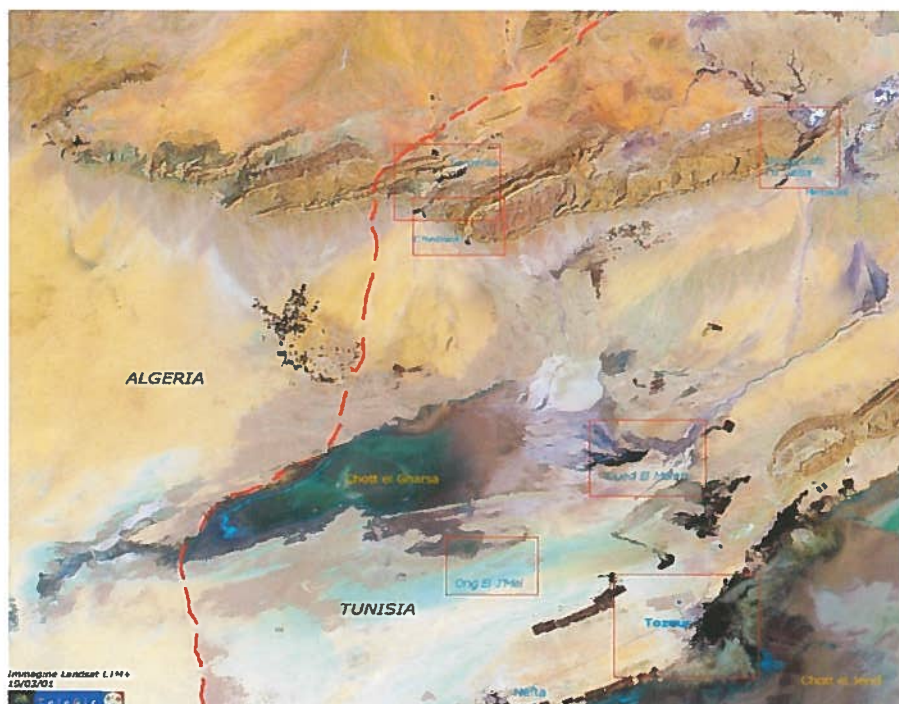
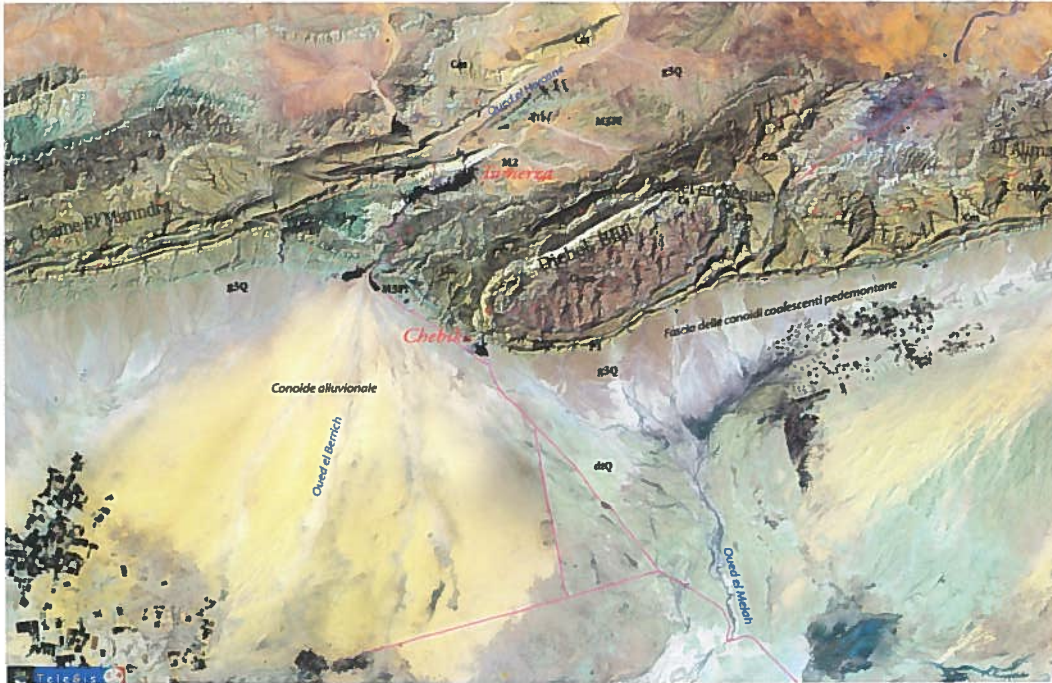


Fig. 1 - Immagine Landsat ETM+ del 19/03/01. Inquadramento generale dell'area di ricerca nell'intorno di Tozeur, al confine con l'Algeria.

Fig. 2 - Immagine Landsat ETM+ del 19/03/01. Nell'immagine sono indicati gli assi delle anticlinali che costituiscono le catene El Mandra, Djebel Bliji ed il settore più occidentale del Djebel Alima. Le pieghe intersecate dal sistema di strutture connesse alle faglia di Negrine sono fortemente incise dai corsi d'acqua che hanno creato valli e cascate spettacolari nei pressi delle Oasi di Chebika e di Tamerza.



delle dinamiche ambientali nei paesi aridi e semiaridi (De Waele et al., 2002; Marini et al., 1999a; 1999b) e sui geositi e la loro valorizzazione (Barca & Di Gregorio, 1999a; 1999b; De Waele et al., 1998; 1999).

Il Workshop di Tozeur segue la visita a Cagliari di un gruppo di ricercatori dell'Ira nel periodo 18-23 maggio 2002. Durante questa visita sono state concordate le mo-

dalità di svolgimento delle ricerche scientifiche riguardanti l'inventariazione e la valorizzazione dei geositi nel Centro-Sud della Tunisia, e più precisamente nelle regioni di Tozeur e di Gafsa (Gorges du Seldja).

Con il termine geositi vengono qui intesi gli elementi del paesaggio che possiedono qualità particolari, corrispondenti a tratti

significativi di tipo genetico (litologico, morfologico, strutturale ecc.) o, comunque, caratteristiche singolari aventi una evidente valenza scientifica, culturale o estetica (Barca & Di Gregorio, 1991).

La presente fase di lavoro, oggetto del Workshop, mira a compilare un primo inventario, classificando e documentando i principali geositi dell'area campione oggetto della ricerca con il fine di applicare e testare anche nuovi approcci metodologici all'analisi geoambientale, all'inventariazione ed al management di tali beni. I risultati progressivamente acquisiti saranno oggetto di pubblicazioni in comune tra i gruppi di ricerca coinvolti su riviste scientifiche, presentazioni in convegni e simposi ed andranno a costituire un archivio specializzato sui siti studiati. Dopo la prima fase di lavoro in campo e di verifica verrà predisposto un programma di più ampie proporzioni che comprenderà lo studio di un'area più estesa, l'approfondimento delle tematiche e l'elaborazione di proposte per la promozione scientifica, culturale e turistica dei geositi più significativi, anche attraverso la predisposizione di un network.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOLOGICO

L'area studiata è compresa nel sistema strutturale dell'Atlas meridionale nella Tunisia centro-meridionale. I sistemi strutturali che hanno determinato l'evoluzione paleogeografica della Tunisia sono disposti da Nord verso Sud secondo due ampie direttrici: quella alpina settentrionale e quella dell'Atlas. La catena dell'Atlas tunisino interessa gran parte del Paese e rappresenta l'estensione verso Est della catena dell'Atlas sahariano-algerino. Si situa tra i due domini della piattaforma sahariana a Sud e dell'Atlas tunisino a Nord (Zargouni, 1986). L'Atlas meridionale è costituito da un sistema di pieghe con direzione prevalente E-W

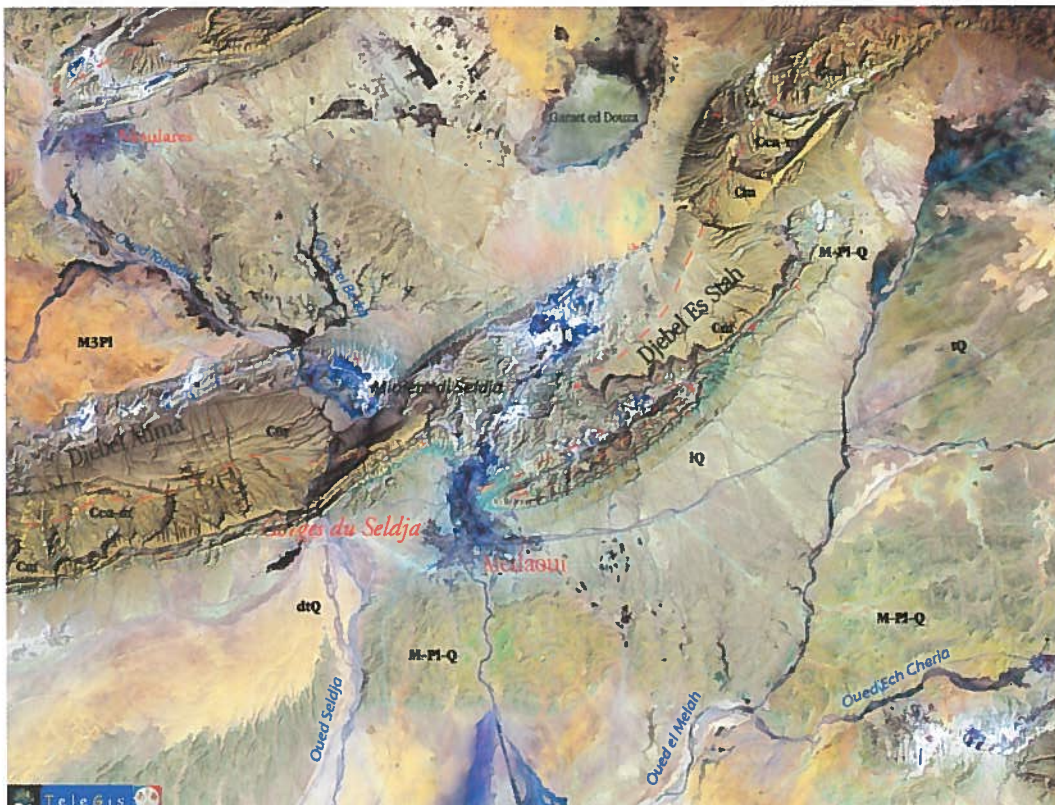


Fig. 3 - Immagine Landsat ETM+ del 19/03/01. La catena del Djebel Alima è interrotta dalla struttura tettonica che ha favorito l'incisione delle valli tra cui le Gorges du Seldja. Le aree in scuro rappresentano gli affioramenti dei fosfati presenti all'interno della formazione di El Haria, del Paleocene inferiore marino, che vengono estratti nelle miniere di Seldja.

interessate da due importanti strutture tettoniche costituite dalla faglia di Gafsa e della discontinuità di Negrine-Tozeur.

Queste strutture sono ben evidenti nelle immagini telerilevate che sono state elaborate con il fine di cartografare i domini strutturali principali nel quadro di una comprensione globale dei fenomeni che si sono succeduti nella regione in studio (fig. 1). I grandi sistemi strutturali riconoscibili chiaramente nelle immagini e di cui si riporta una prima interpretazione sono rappresentati dalle grandi unità a pieghe delle catene di El Mandra, Djebel Bliji e Djebel Alima (fig. 2) e oltre le Gorges de Seldja, presso Metlaoui, la Unità di Djebel Es Stah (fig. 3).

Questi rilievi limitano verso Nord il sistema degli chott, di cui i principali sono lo Chott El Jerid e Fejai e lo Chott El Garsa nel quale confluisce, nella sua porzione orientale, il delta dell'Oued Mellah (fig. 4).

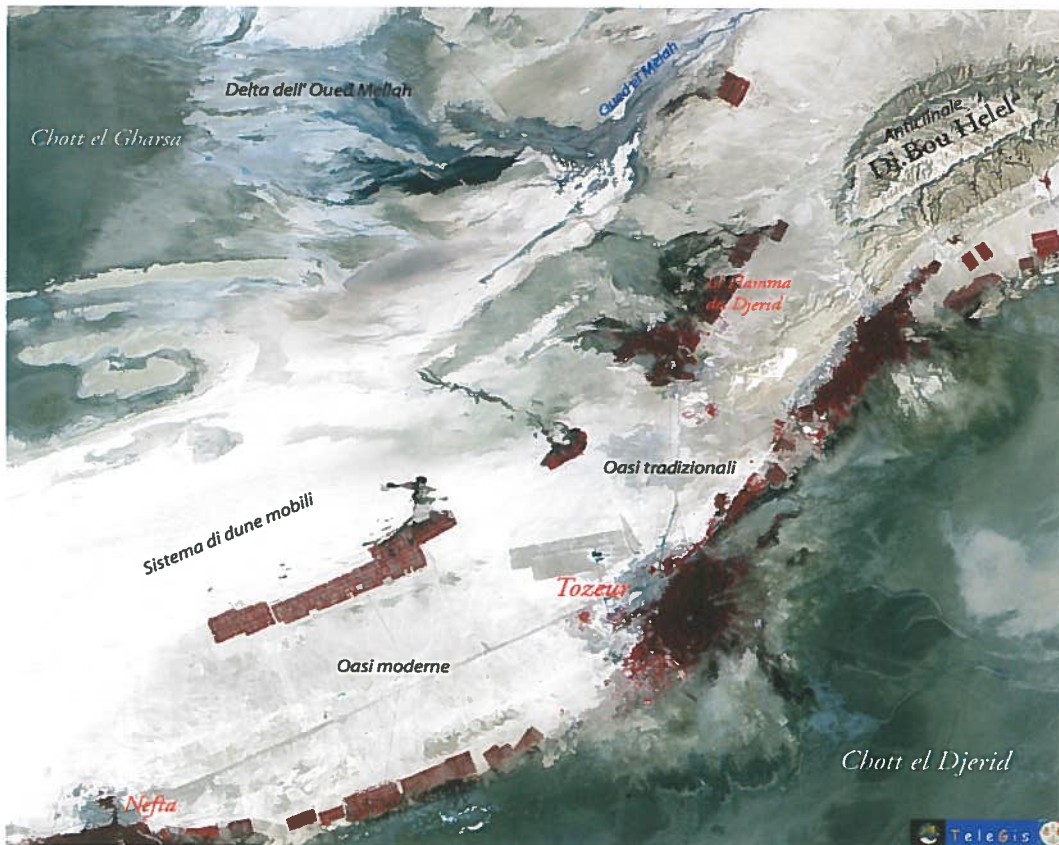
Dal punto di vista stratigrafico (fig. 5) nell'area in studio affiorano formazioni di età compresa tra il Cretaceo superiore (Turoniano-Coniaciano), che costituiscono i nuclei delle anticlinali, e l'Olocene che è rappresentato dalle alluvioni recenti ed attuali e dai campi dunari estesi nelle ampie depressioni allungate nel senso delle sinclinali e nei bordi degli chott.

Di particolare interesse economico, per l'area di Metlaoui, è la formazione marina delle argille verdi e nere del Paleocene inferiore che contiene livelli di fosfati estratti nelle ampie miniere a cielo aperto ben visibili nelle immagini satellitari. Questi depositi si presentano in due insiemi litostratigrafici: la Formazione El Haria alla base e la Formazione di Seldja, di cui fa parte l'unità delle evaporiti e dei calcari a lumachelle di Seldja.

Il Neogene è rappresentato da due unità litologiche continentali: la Formazione di Beglia del Miocene medio e la Formazione di Segui del Plio-Pleistocene. Gli ultimi termini di quest'ultima formazione sono datati come Villafranchiano per la presenza di un livello a Cardium.

I termini più recenti della serie stratigrafica sono costituiti dai depositi alluvionali terrazzati, dai glacis, che vengono distinti in diversi livelli riconoscibili perché disposti in vari terrazzi e all'interno dei quali si distin-

Fig. 4 - Immagine Landsat ETM+ del 19/03/01. L'immagine mostra le oasi moderne e le oasi tradizionali inserite nella piana compresa tra gli Chott el Jerid e Chott el Garsa, dove i sistemi delle dune semi-mobili caratterizzano il territorio; nel settore settentrionale è riconoscibile il delta dell'Oued Mellah che attraversa la strada che da Tozeur porta verso nord ovest in direzione del confine algerino.



guono intercalazioni sabbiose ricche in gesso e lenti di ciottoli che possono essere coperti da croste gessose. Questi depositi sono disposti lungo le fasce pedemontane debolmente inclinate che si estendono verso la piana ove poi vengono interessati dalla dinamica eolica. I depositi eolici vengono distinti in depositi ereditati e sistemi attuali delle dune mobili. I primi sono di colore avorio scuro e debolmente induriti, mentre i secondi comprendono le nebkha e le barcane, raggruppate in campi e ben visibili verso il confine con l'Algeria.

LAVORI INTRAPRESI

I lavori attualmente in corso consistono nell'individuazione e nel rilievo di siti attraverso immagini telerilevate, ricerche bibliografiche, la cartografia di base e tematica esistente e l'analisi in stereovisore di riprese aeree.

Per tutti i siti sinora studiati sono stati raccolti dati sulla posizione geografica, sulle unità di paesaggio che li contengono, sugli aspetti geologici, geomorfologici, l'uso del suolo, le attività economiche e turistiche del territorio circostante, lo stato di conservazione, le pressioni antropiche e i fenomeni di degrado cui risultano esposti e che possono limitare o addirittura rendere impossibile una loro valorizzazione turistico-culturale.

Durante la prima campagna in Tunisia sono stati individuati e studiati vari geositi di

rilevante interesse, e in particolare:

- L'Oasi di Chébika.
- L'Oasi di Tamerza.
- La foce dell'Oued El Mellah.
- Lo Chott El Garsa e la regione di Ong El J'Mel con i relativi grandi campi dunari.
- La zona di Nefta ed in particolare le dune fossili.
- L'Oasi, la vecchia città ed i siti di patrimonio culturale di Tozeur, in particolare Ras El Ain e la collina ove si recava in riflessione il grande poeta tunisino Echabbi.
- La regione dello Chott El Djerid, in particolare il settore adiacente Kébil.
- La regione di Sidi Bou Helel e di Dghoumess.
- Le Gorges de Seldja dal lato di Metlaoui.
- I siti testimoni di paleo-ambienti, relativi agli Chott ("tasche" a Cardium).
- La zona di interfaccia tra le oasi e la regione degli Chott.

In tutti i siti visitati si è constatata una grande diversità geomorfologica, una ricchezza di temi d'interesse scientifico, culturale, didattico e paesaggistico, che possono rendere alcuni di questi luoghi di interesse nazionale e talvolta internazionale.

E' tuttavia stata rilevata la scarsa consapevolezza circa la molteplicità di valenze di tali beni e talvolta l'assenza di misure d'integrazione di essi nei circuiti turisti-

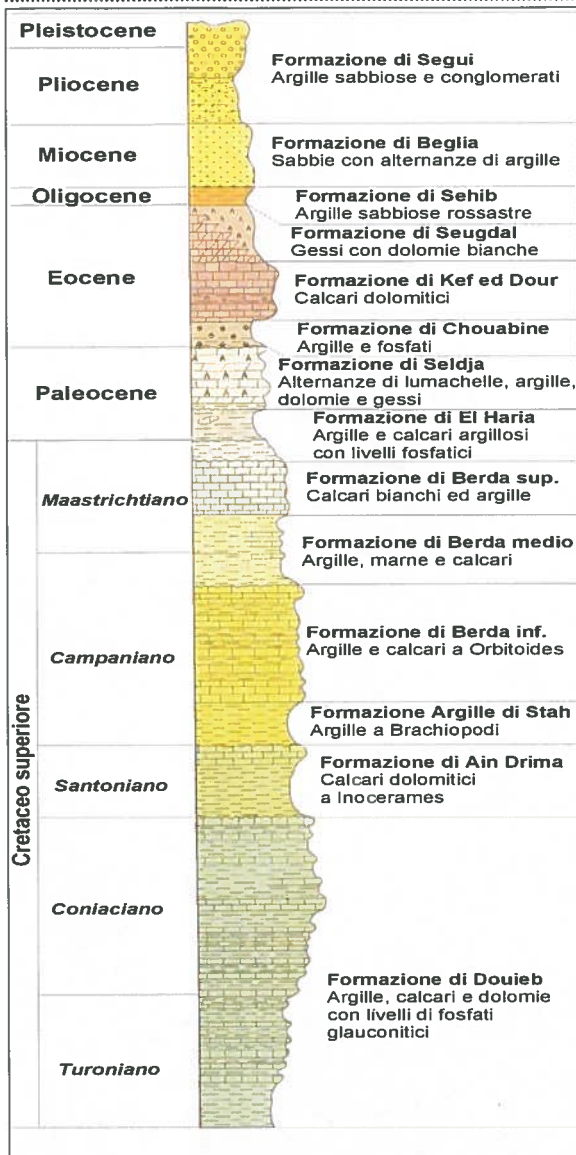


Fig. 5 - Colonna stratigrafica generale dell'area in studio (Carte géologique de la Tunisie, Foglio n°71).

ci e conseguentemente economici, oltre alla mancanza di pubblicazioni scientifiche e divulgative e di misure per la loro valorizzazione integrata nel contesto del patrimonio ambientale e culturale del Paese.

Le osservazioni effettuate sul terreno mostrano, inoltre, per alcuni di questi geositi dei fenomeni di degrado e delle minacce risultanti dalla frequentazione incontrollata dei visitatori a dai raccoglitori di oggetti del patrimonio naturale, in particolare geologico, per la vendita ai turisti (come avviene ad esempio per esemplari di tronchi fossili a Chébika e Tamerza) e per le rose del deserto oggetto di un prelievo sconsiderato.

In altri casi, come nello Chott El Gharsa, la regione di Ong El J'Mel e le dune fossili, il mancato rispetto delle piste da parte di centinaia di fuoristrada che vi circolano quotidianamente e la visita incontrollata dei luoghi di attrazione in terreni pseudo-coerenti costituiscono una seria minaccia per la conservazione di questi luoghi geologici fragili e talora unici nel contesto geografico nord-africano.

In tal senso il geomorfosito di Ong El J'Mel potrebbe

scomparire in pochi anni se non si provvederà ad intraprendere misure urgenti di salvaguardia, tra le quali l'assoluto divieto di ascesa e di calpestio senza opportuni accorgimenti (fig. 6).

Per altri geomorfositi di valore nazionale o internazionale come le Gole di Seldja (fig. 7) è fondamentale trovare una soluzione all'inquinamento provocato dai reflui delle laverie di fosfati che formano correnti di torbida le quali defluiscono verso lo chott più a valle (fig. 8). Questo inquinamento ha un effetto devastante sull'ecosistema fluviale e semiarido adiacente che costituisce l'habitat per numerosi animali selvatici e l'unica fonte per l'abbeveramento di greggi e dromedari. Questa situazione dovrebbe essere affrontata con urgenza al più alto livello, sia politico che tecnico, per salvaguardare un geomorfosito che potrebbe diventare uno dei luoghi più visitati dell'intero Paese, in particolare da un turismo culturale ed ambientale che può trovare nelle gole di Seldja un luogo di alto interesse geologico, geomorfologico, paesaggistico, archeologico-industriale e minerario.

Per altri geositi analizzati, come la sorgente di Ras El Ain e la collina del poeta Echabbi subito a Ovest di Tozeur (fig. 9), che costituisce un riferimento culturale di primaria importanza, è necessario adottare con urgenza misure di conservazione e di restauro ambientale. Al momento sembra di assistere all'agonia di alcuni paesaggi tra i più belli, meglio conosciuti e più carichi di significato storico (tanto per quanto riguarda il Jérid che per il resto della Tunisia e del mondo), in particolare per:

- il prosciugamento delle sorgenti di Ras El Ain e le conseguenze che ne deriva-

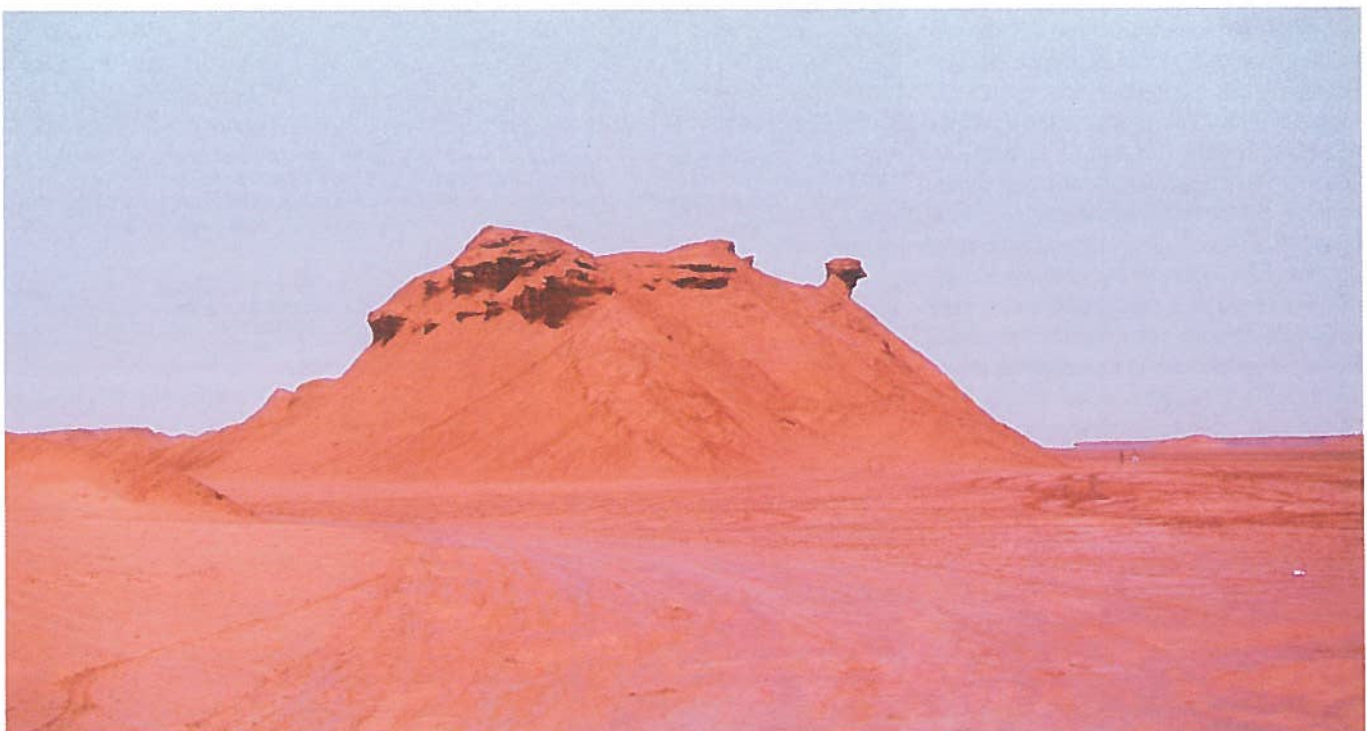


Fig. 6 - La regione de Ong nello Chott el Gharsa presenta caratteristiche forme di erosione come quella ben nota del dromedario, meta di numerosi visitatori fortemente minacciata dalla frequentazione non regolamentata delle sue fiancate costituite da alternanze di limi e argille gessose pseudo-coerenti soggette a rapido disfacimento.

no (rinseccimento e mortalità dei palmeti testimoni della storia del Jérid e della Tunisia);

- la degradazione progressiva della copertura vegetale naturale immediatamente intorno alla sorgente;

- la ripresa del trasporto eolico e sviluppo di dune mobili, anche in seguito alle ultime operazioni immobiliari e allo sviluppo turistico;

- la collina del poeta Tabiat Ras El Ain, che rappresenta un valore culturale universale, è sottoposta a perturbazione di vario genere (lavori poco rispettosi delle caratteristiche e della sensibilità del luogo, pressione da parte dei visitatori, fenomeni di erosione eolica e pseudo-calanchiva, ...).

ATTIVITÀ PROGRAMMATE

I primi risultati della ricerca riguardanti i geositi verranno pubblicati in riviste scientifiche come previsto dalla convenzione stipulata tra l'UNICA (Italia) e l'IRA (Tunisia) nel 1999.

Verrà, inoltre, predisposta una cartografia tematica della rete di geositi identificati e classificati, oltre che una memoria descrittiva. Quest'ultima conterrà tutti i dati necessari alla comprensione della genesi, l'evoluzione, lo stato di conservazione e la valorizzazione dei geositi, in concordanza con gli orientamenti del Gruppo di ricerca internazionale PROGeo, del Progetto Nazionale "Geomorfositi" e quelli dell'UNESCO in materia di geositi.

Verrà altresì elaborato un modello di utilizzazione e di valorizzazione sostenibile per tutti i geositi più significativi della Tunisia centro-meridionale (regioni di Jérid e delle gole di Seldja). Sulla base dei risultati conseguiti verrà predisposto un programma di identificazione, di salvaguardia, di valorizzazione dei paesaggi e dei geositi più rappresentativi delle regioni aride e semiaride della Tunisia. Tuttavia, la qualità e la quantità dei risultati dipenderà in buona parte dalle disponibilità finanziarie che sarà possibile ottenere. Con l'organizzazione di due *Workshop* previsti per settembre e dicembre del 2002 si cercherà di focalizzare meglio gli obiettivi della ricerca e di perfezionare il metodo per la conoscenza, la valorizzazione e la tutela di tali risorse che hanno una valenza strategica in regioni geografiche difficili come quelle pre-desertiche e desertiche.

RINGRAZIAMENTI

Questo lavoro è stato realizzato nell'ambito del Progetto di ricerca comune tra Università degli Studi di Cagliari (UNICA, Italia) e l'Institut des Régions Arides (IRA, Tunisia) finanziato dalla Regione Autonoma della Sardegna (L.R. 11 Aprile 1996, n° 19, Cooperazione con i Paesi in Via di Sviluppo

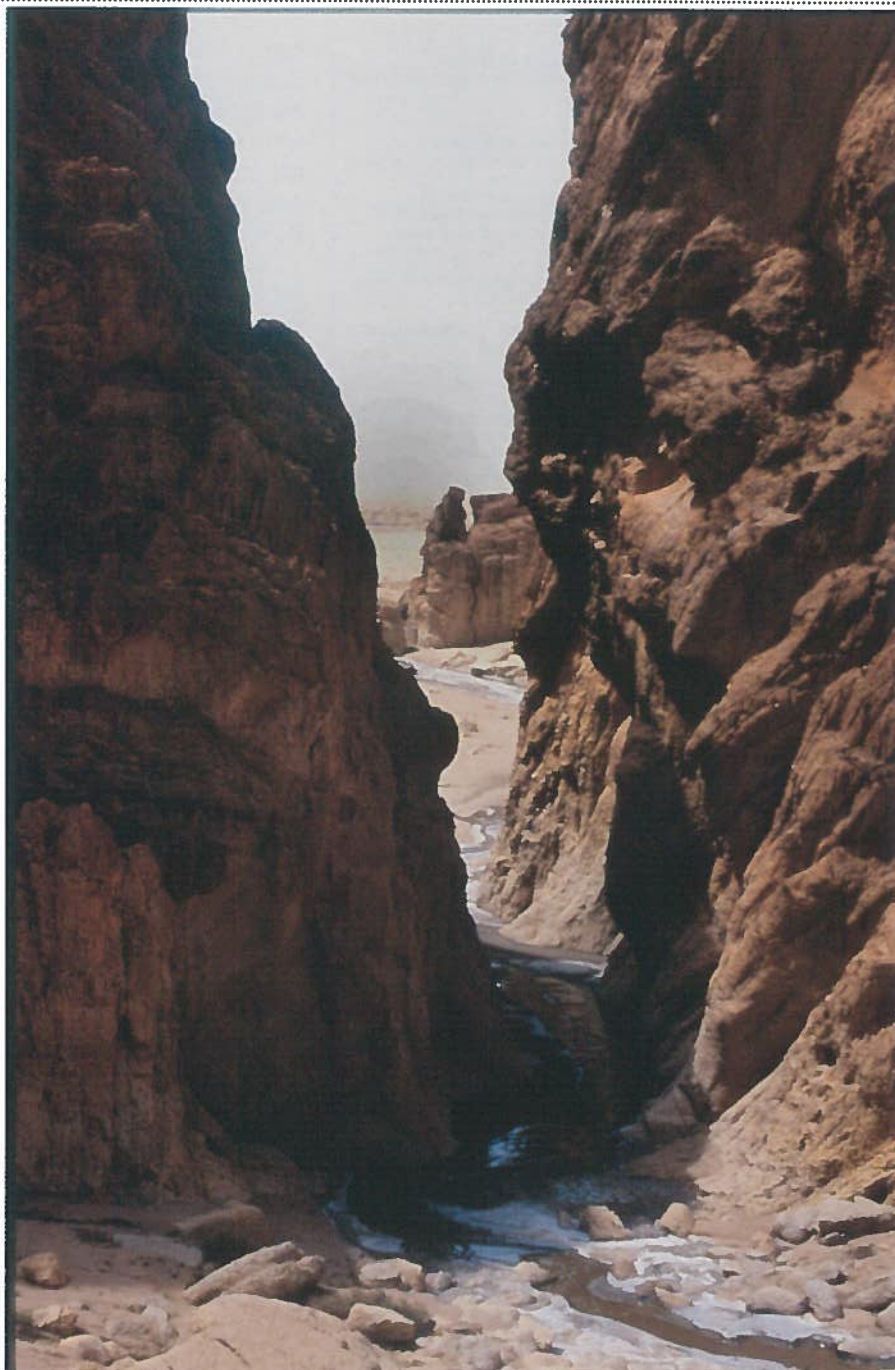


Fig. 7 - La Gorge du Seldja modellata dai processi fluviali a partire dalle rocce più tenere del nucleo di una sinclinale, con i banchi di calcare a lumachella, sullo sfondo, che formano la chiusura della gola entro la quale si snoda il percorso dell'antico treno reale noto come "Lezard Rouge" (lucertola rossa), che giornalmente effettua un percorso turistico alternato ai numerosi treni che trasferiscono i fosfati delle miniere di Redeyef verso la costa.

po, esercizio finanziario 2001), dal titolo "Identificazione, classificazione et valorizzazione dei paesaggi e dei geositi di grande importanza nella Tunisia meridionale" e coordinati dal Prof. Felice Di Gregorio del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Cagliari per la parte italiana e dal Prof. Mohamed Talbi per l'Institut des Régions Arides per la parte tunisina.

BIBLIOGRAFIA

BARCA S., DI GREGORIO F. (1991) - CONSERVATION ET VALORISATION DU PATRIMOINE GEOLOGIQUE DE LA SARDAIGNE: UNE PROPOSITION METHODOLOGIQUE. 1ER SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR LA PROTECTION DU PATRIMOINE GEOLOGIQUE, DIGNE-LES-BAINS, FRANCE 10-16 JUIN 1991.

BARCA S., DI GREGORIO F. (1999A) - CONSERVATION AND ENHANCEMENT OF THE GEOLOGICAL HERITAGE IN SARDINIA (ITALY). TOWARDS THE BALANCED MANAGEMENT AND CONSERVATION OF THE GEOLOGICAL HERITAGE IN THE NEW MILLENNIUM, D. BARETTINO, M. VALLEJO Y E. GALLEGOS (Eds.), Pp. 266-272. MADRID (SPAIN).

BARCA S., DI GREGORIO F. (1999B) - PAESAGGI E MONUMENTI GEOLOGICI DELLA PROVINCIA DI CAGLIARI. SAREEDIT EDITORE, CAGLIARI, Pp. 422.

DE WAELE J., DI GREGORIO F., EL WARTITI M., FADLI D., FOLLESA R., MARINI A., MELIS M.T., CAREDDU M.B. (2002) - GEO-ENVIRONMENTAL RISK IN THE UPPER VALLEY OF THE OUED SEBOU (FÈS, CENTRAL MOROCCO). PROCEEDINGS OF THE 19TH COLLOQUIUM OF AFRICAN GEOLOGY. EL JADIDA, 19-22 MARCH 2002. (IN PRINT).

DE WAELE J., DI GREGORIO F., EL WARTITI M., FADLI D., FOLLESA R., MARINI A., MELIS M.T., CAREDDU M.B. (2002) - GEO-ENVIRONMENTAL RISK IN THE UPPER VALLEY OF THE OUED SEBOU (FÈS, CENTRAL MOROCCO). PROCEEDINGS OF THE 19TH COLLOQUIUM OF AFRICAN GEOLOGY. EL JADIDA, 19-22 MARCH 2002. (IN PRINT).

DE WAELE J., DI GREGORIO F., PIRAS G. (1998) - GEOSITES INVENTORY IN THE PALEOZOIC KARST REGION OF SULCIS-IGLESIENTE (SOUTH-WEST SARDINIA, ITALY). INTERNATIONAL CONGRESS PROGeo '98, 7-13/06/1998, BELOGRADCHIK, BULGARIA. IN GEOLOGICA BALCANICA 28(3-4), Pp. 173-179.

DE WAELE J., DI GREGORIO F., PIRAS G. (1999) - THE TWENTY MOST IMPORTANT KARSTIC GEOSITES OF SARDINIA. IN "TOWARDS THE BALANCED MANAGEMENT AND CONSERVATION OF THE GEOLOGICAL HERITAGE IN THE NEW MILLENNIUM", BARETTINO D., VALLEJO



Fig. 8 - Chott el Gharsa, particolare dei mud crack nelle alternanze di fanghi di laveria e sabbie eoliche di sedimentazione recente, nelle fasce interdunari, con caratteristiche pellicole superficiali di disseccamento.

M. & GALLEGGO E. (Eds.), Pp. 155-161, MADRID.

MARINI A., MELIS M.T., PITZALIS A., TALBI M. (1999A) - ANALISI GEOMORFOLOGICA IN AREE PREDDESERTICHE: LA REGIONE DI MEDENINE (TUNISIA MERIDIONALE). ATTI 3° CONFERENZA NAZIONALE ASITA: INFORMAZIONI TERRITORIALI E RISCHI AMBIENTALI, NAPOLI 9-12/11/1999, Pp. 911-916.

MARINI A., TALBI M., MELIS M.T., PITZALIS A. (1999B) - COMPARISON AND MANAGEMENT OF THE DESERTIFICATION PHENOMENON ON TUNISIA AND SARDINIA. PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL WORKSHOP "WATER MANAGEMENT IN ARID ZONES", MEDENINE, TUNISIA 18-22/10/1999. Pp. 164-172.

OFFICE NATIONAL DES MINES ET LE CENTRE DES SCIENCES DE LA TERRE, INRS, SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL, CARTE GEO-

GIQUE DE LA TUNISIE, ECHELLE 1: 100.000 (Ff. 65, 66, 67, 71, 72, 79).

ZARGOUNI F. (1986) - TECTONIQUE DE L'ATLAS MERIDIONALE DE TUNISIE. EVOLUTION GEOMETRIQUE ET CINEMATIQUE DES STRUCTURES EN ZONE DE CISAILLEMENT. REVUE DES SCIENCES DE LA TERRA, MEMOIRE II, TUNIS, 304 Pp.

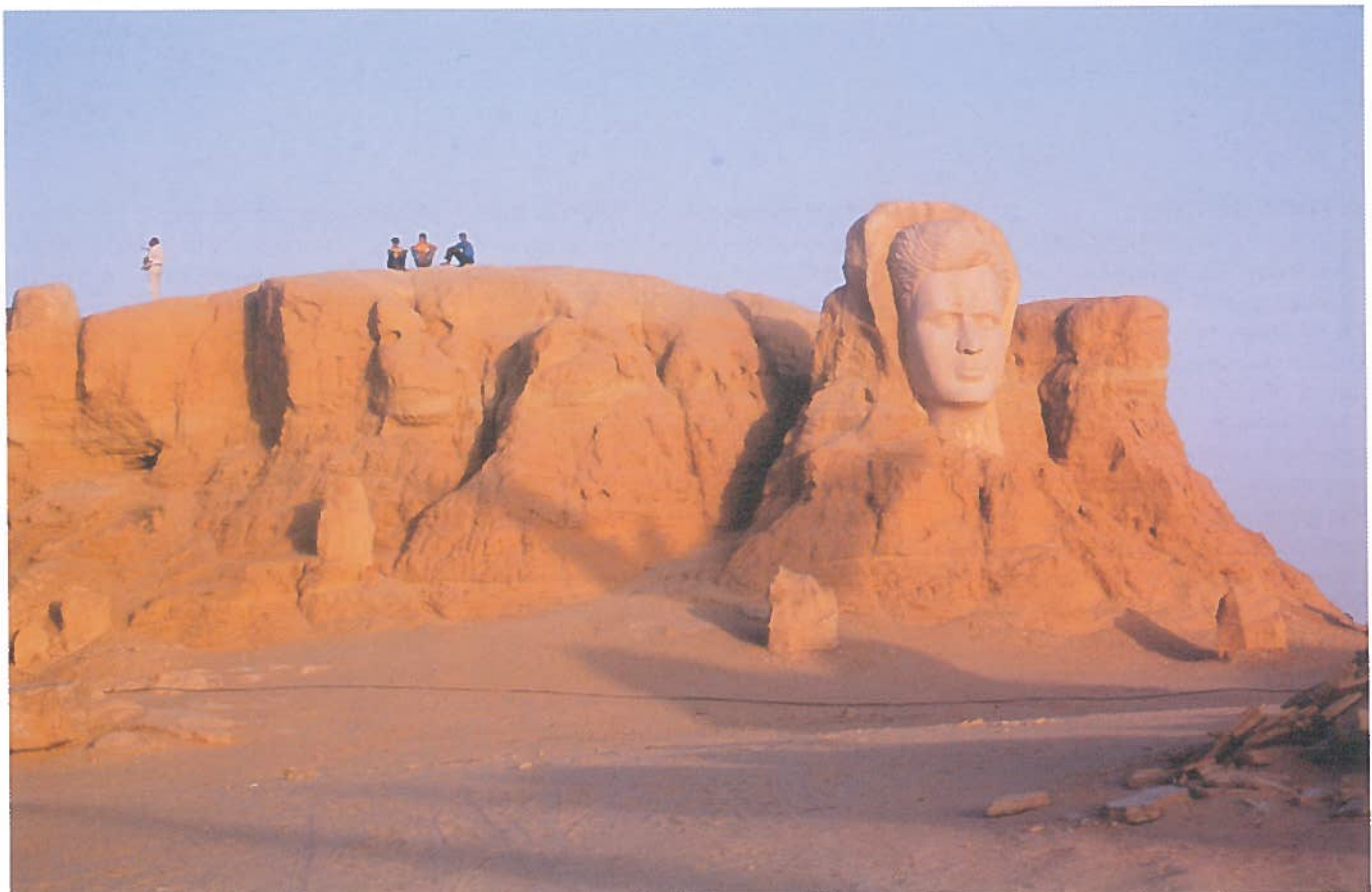


Fig. 9 - Tozeur, rilievo testimone di erosione nei depositi limoso-argillosi con incrostamenti gessosi pseudocoerenti del Miocene superiore divenuto un monumento di rilievo nazionale in quanto scelto come luogo di ispirazione da Ibn Chabbat, il più grande poeta e scrittore della Tunisia. Alcuni interventi di manomissione (incisioni per l'accesso e tagli per l'inserimento di grandi sculture che ricordano l'opera dello scrittore) e la frequentazione non regolamentata rischiano di degradare irreparabilmente il geosito.

I "VULCANELLI DI FANGO" DELLA REGIONE MARCHE: PROPOSTE DI PERIMETRAZIONE, VALORIZZAZIONE, CONSERVAZIONE E TUTELA DI AREE A RISCHIO DI ESTINZIONE

PIERO FARABOLLINI

M. MATERAZZI

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA -
UNIVERSITÀ DI CAMERINO

GIANNI SCALELLA

LIBERO PROFESSIONISTA

Parole chiave: Marche, geosito, salse, gas, idrologia.

INTRODUZIONE

I "vulcani di fango" (o "vulcanelli di fango" o "salse") della Regione Marche, ben rappresentati come tipologia, numero ed estensione, sono stati oggetto, in passato, di numerosi studi da parte di numerosi Autori (Marinelli, 1904; Biasutti, 1907; Bonasera, 1952; Damiani, 1964) i quali hanno trattato l'argomento anche da un punto di vista prettamente morfologico. Per spiegare la genesi di tali fenomeni, che possono presentare aspetti e caratteristiche morfologiche differenti in relazione alle diverse condizioni geologiche ed idrogeologiche (Biasutti, 1907, Scalella, 2000), sono state formulate svariate interpretazioni facendo riferimento all'attività sismica della regione, alla presenza di gas, al regime pluviometrico, alle condizioni sia morfologiche che geoidrologiche delle zone circostanti i vulcanelli di fango, ecc. (Marinelli, 1904; Biasutti, 1907; Bonasera, 1952; Damiani, 1964; Nanni & Zuppi, 1986; Martinelli, 1999; Scalella, 2000). Nella loro configurazione tipica, i vulcanelli di fango sono stati osservati nella regione marchigiana soltanto nei

sedimenti pliocenici; essi sono presenti nelle Marche centro-settentrionali nei pressi di Maiolati Spontini (AN), Castellsellino (AN), Monteroberto (AN) e San Paolo di Jesi (AN); nelle Marche centro-meridionali sono presenti lungo il F.sso Cremona nei pressi di Petriolo e Loro Piceno (MC), nei pressi di Montegiorgio (AP), Falerone (AP), Belmonte Piceno (AP), Servigliano, Monteleone di Fermo (AP), Monterinaldo (AP), Montedivino (AP), Offida (AP) e nelle vicinanze del Monte dell'Ascensione (AP). Ne deriva un ampio panorama di morfologie e tipologie differenti di vulcanelli di fango che, pur non presentando caratteristiche particolarmente eclatanti, tuttavia rappresentano un bene ambientale molto vulnerabile che l'attività antropica sta cercando di cancellare.

IL CONTESTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DELL'AREA A VULCANELLI DI FANGO

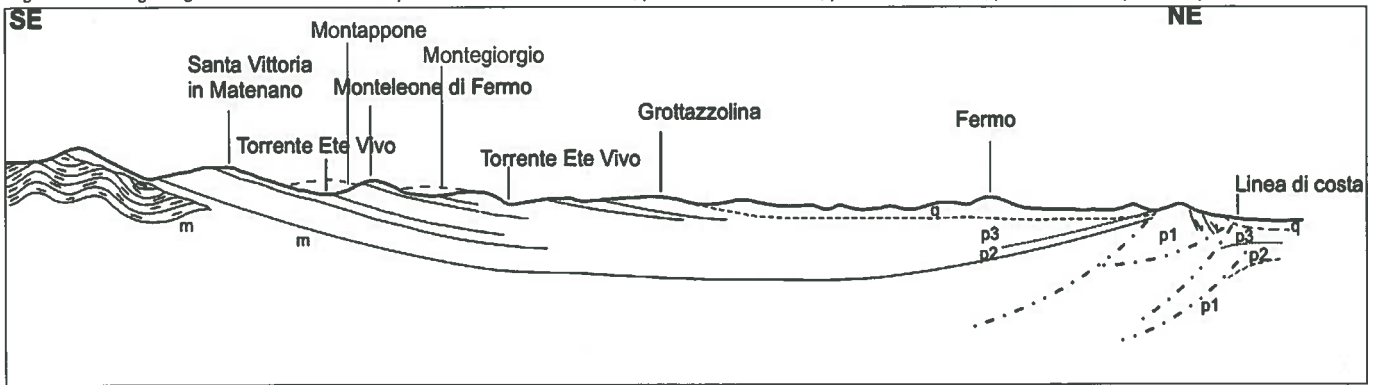
I vulcanelli di fango sono stati osservati solamente nell'area periadriatica, dove affiorano esclusivamente depositi terrigeni

pliocenici-pleistocenici (Fig.1): per citarne solamente i maggiori, si ricordano quelli nelle Marche centro-settentrionali nei pressi di San Paolo di Jesi (AN) e quelli nelle Marche centro-meridionali presenti nei pressi di Petriolo (MC) e Loro Piceno (MC), Montappone (AP), Montegiorgio (AP) e nelle vicinan-



Fig.1 - Ubicazione dei vulcanelli di fango della regione Marche. La linea rossa rappresenta il passaggio stratigrafico Miocene-Plio/Pleistocene.

Fig.2 - Sezione geologica schematica dell'area periadriatica: m- Messiniano; p1- Pliocene inferiore; p2 Pliocene medio; p3- Pliocene superiore; q- Quaternario.



ze del Monte dell'Ascensione (AP). Dal punto di vista geologico l'area periadriatica è caratterizzata da una successione stratigrafica tipica di uno o più cicli trasgressivo-regressivi costituita da alternanze di depositi conglomeratici, arenacei e arenaceo-pelitici, spesso con notevoli variazioni di facies, sia in senso laterale e verticale che longitudinale ed in contatto trasgressivo, con frequenti giaciture onlap, con i depositi pelitici e pelitico-arenacei del Pliocene, che affiorano nelle aree più interne (Centamore & Deiana, 1986; Ori et al., 1991). Gli spessori dei depositi, determinati anche attraverso ricerche petrolifere e idrogeologiche (ENI, 1972), raggiungono i 1500/2000 metri nel tratto più occidentale e i 3500/4000 più ad oriente.

Tale successione sedimentaria rappresenta i sedimenti di riempimento di avanfosse via via migranti verso est o di bacini di tipo piggy-back (Ori et al., 1986; Ori et al., 1991). Essa risulta interessata da sovra-

scorrimenti di piccole dimensioni scollati al tetto della successione carbonatica, se non addirittura all'interno degli stessi depositi pliocenici (Argnani et al., 1991); nella maggior parte dei casi si tratta di sovrascorimenti non affioranti per cui, in superficie, l'assetto è quasi sempre monoclinale (Fig. 2). Sono tuttavia presenti alcune strutture positive come l'anticlinale di Polverigi e la cosiddetta "dorsale costiera" che comprende, tra l'altro le strutture del Conero e di Porto S. Giorgio (Bigi et al., 1995). L'attività tettonica quaternaria è riconoscibile soprattutto nei depositi quaternari di chiusura del ciclo plio-pleistocenico, che oltre a presentare notevoli riduzioni di spessore della serie in prossimità delle strutture anticlinali (Porto San Giorgio), risultano dislocati da faglie sia dirette che inverse.

La morfologia dei vulcanelli di fango risulta estremamente variabile ed in continua evoluzione. Osservazioni a lungo periodo, oltre ad evidenziare una attività più intensa

nei periodi di maggiore piovosità, hanno mostrato che con il passare degli anni si possono aprire nuove bocche lutivome, a volte con formazione di nuovi conetti.

In particolare per la quasi totalità dei fenomeni osservati nella regione Marche la morfologia delle aree a vulcanelli di fango risulta caratterizzata dall'esistenza di una zona dove sono ubicati uno o più punti di emissione (con presenza di fango fuoriuscito) e da uno o più conetti di diversa altezza ed estensione planimetrica, alla cui sommità si ha emissione di fango a diversa fluidità (Fig.3a). Le emissioni fangose avvengono in genere su una superficie pianeggiante, chiamata "piano della salsa"; nella maggioranza dei casi esse risultano presenti sul fondovalle e/o su morfologie sub-pianeggianti che interrompono il pendio.

L'emissione fangosa porta alla formazione del cono, in presenza di superficie topografica di ridotta pendenza, di una buona



Fig. 3a - Vulcanelli di fango in località Monteleone di Fermo: emissione fangosa avvenuta nel gennaio 1996 e relativa morfologia.

velocità di emissione e di una discreta densità del fango emesso: in alcuni casi l'emissione fangosa stessa si trova confinata all'interno di una depressione che impedisce la sua propagazione mentre in altri casi si sviluppa attraverso colate che confluiscono talora nel reticolo idrografico. Spesso le forme originate dal fango fuoriuscito, soprattutto per il loro carattere intermittente, con intervalli di tempo anche di alcuni anni tra una emissione e l'altra, vengono demolite dagli agenti esogeni e soprattutto dall'azione dell'uomo (Fig. 3b). Dal punto di vista idrogeologico, il sistema di pieghe, faglie, sovrascorrimenti e zone di fratturazione che caratterizza tutta l'area periadriatica, dà luogo ad un complesso assetto geologico-strutturale da cui prendono origine differenti strutture idrogeologiche a piccola e a grande scala. Le prime possono dar luogo ad una circolazione idrica di tipo superficiale, notevolmente variabile sia per andamento che per entità, condizionata da fattori locali prevalentemente morfologici e giaciture; le seconde determinano generalmente una circolazione di tipo "regionale", più profonda, uniforme per direzione dei flussi e per entità e regolata principalmente da fattori tettonici e strutturali. Riguardo le sorgenti, nelle sequenze stratigrafiche caratterizzate da intercalazioni di unità arenacee, arenaceo-conglomeratiche, arenaceo-pelitiche e pelitico-arenacee sono presenti numerose emergenze idriche a regime perenne che testimoniano la presenza di acquiferi all'interno delle unità permeabili, ri-

caricati prevalentemente dalle precipitazioni meteoriche (Scalella, 1996; Nanni e Vivalda, 1998). Negli orizzonti arenacei, in relazione all'assetto strutturale, la circolazione idrica può raggiungere anche notevoli profondità e venire a contatto con le acque salmastre e salate presenti nei depositi miocenici e pliocenici (ENI, 1972). Secondo alcuni autori (Nanni & Zuppi, 1986; Nanni & Vivalda, 1998) corpi arenacei appartenenti alla sequenza del Pliocene inferiore e medio sono frequentemente saturi di acqua salmastra e salata, più raramente acqua dolce, mentre quest'ultima prevale nei depositi pleistocenici.

IPOTESI DI PERIMETRAZIONE, GESTIONE E TUTELA DELLE AREE A VULCANELLI DI FANGO

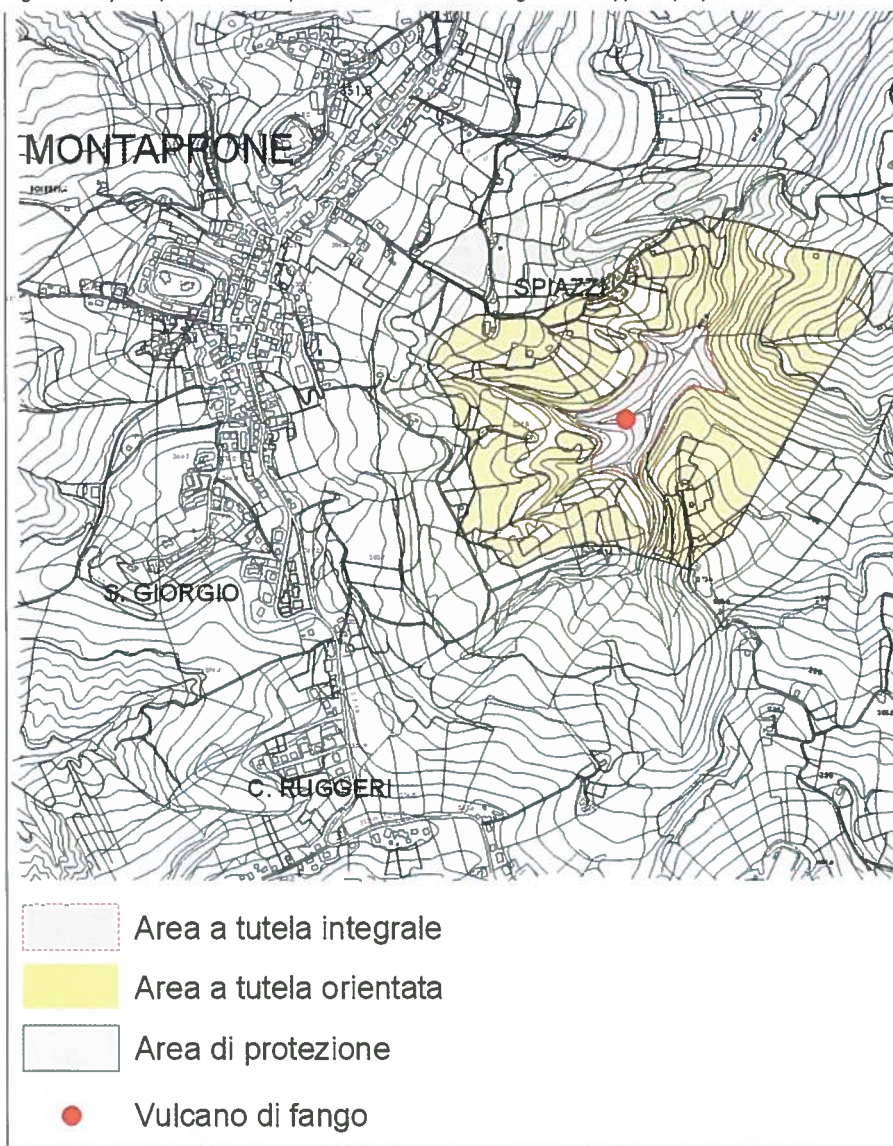
I vulcanelli di fango studiati, come sopra ricordato, oltre a presentare dimensioni varie, sono caratterizzati da una attività intermittente, con intervalli di tempo tra una emissione e l'altra, a volte anche di qualche anno. Tale attività fa sì che ogniqualvolta tale fenomeno si manifesta, esso venga immediatamente rimodellato dall'attività antropica che opera in modo tale da restituire una superficie agricola riutilizzabile in tempi brevi. Infatti, per molte delle situazioni presentate in questo lavoro, gli immediati interventi antropici, hanno da sempre impedito lo sviluppo degli apparati lutivomi, cancellando anche le più piccole evidenze di attività, addirittura non permettendo a volte la

formazione delle nuove emissioni. Data la tipologia estremamente variegata dei vulcanelli di fango presenti all'interno del territorio regionale marchigiano, si vuole in questo contesto, proporre alcune azioni volte alla loro conservazione e tutela, sulla base anche di quanto realizzato per i vulcanelli di fango dell'area nel Comune di Fiorano Modenese, dove attraverso specifica normativa regionale (Decreto Presidente Giunta regionale 29 marzo 1982, n. 178, ai sensi della legge regionale 24 gennaio 1977, n. 2), nel 1982 è stata istituita la Riserva Naturale di Fiorano modenese. La Regione Marche, come la quasi totalità delle regioni italiane, ad eccezione di alcune indicazioni contenute nel cosiddetto PPAR (Del. Amm. N.197 del 03.11.1989 "Piano Paesistico Ambientale Regionale - PPAR. Legge 8 agosto 1985, n.431 e L.R. 8 giugno 1987, n.26"), non è dotata di norme che prevedano in qualche modo azioni di conservazioni e tutela di tali geositi. Tuttavia, sulla scorta della normativa sopra ricordata, la Regione Marche ha realizzato un volume, "Le Emergenze geologiche e geomorfologiche della Regione Marche" (AA.VV., 1991), in cui tali geositi, attraverso schede censimento molto snelle e di facile lettura, sono stati segnalati come un importante elemento caratteristico del paesaggio geologico e geomorfologico marchigiano, e quindi degnò di "rispetto". Oltre alle azioni di caratterizzazione del geosito, della sua importanza a livello di geodiversità (AA.VV., 1999; Farabollini et al., 2002; Sampaolesi & Fara-



Fig. 3b - Vulcanelli di fango in località Monteleone di Fermo: panoramica della stessa zona scattata nel giugno 2002; da evidenziare la notevole attività antropica che ha portato alla scomparsa della morfologia del vulcanello di fango.

Fig.4 - Esempio di perimetrazione per l'area a vulcanelli di fango di Montappone (AP).



bollini, 2002) e della sua divulgazione, risulta prioritario individuare delle specifiche azioni rivolte:

al ripristino delle condizioni naturali dell'affioramento;

alla promozione di attività di conservazione del geosito;

alla definizione di specifiche normative regionali che mirino alla conservazione e tutela di tali geositi. Al fine di arrivare ad un concreto regime vincolistico, necessario alla conservazione di queste singolarità, occorre ovviamente una maggiore consapevolezza della loro importanza ma soprattutto della loro fragilità, non solo da parte di tecnici ed amministratori che operano nel settore della pianificazione territoriale, ma anche della stessa comunità sociale. L'iter procedurale per giungere alla salvaguardia del geosito in esame, dovrebbe prendere inizio dalla fase di analisi del territorio e della sua risorsa, che valuti l'area in base agli aspetti del singolo sito ed alla sua vocazionalità, ne individui le minacce e ne definisca gli obiettivi da perseguire e che, infine, indichi le proposte di fruizione e valorizzazione del geosito, includendo anche la possibilità

di individuare percorsi tematici specifici (sentieristica geologico-geomorfologica) per quelle situazioni particolarmente significative, sia dal punto turistico che didattico-scientifico. Si potrebbe dunque definire per ogni singola area caratterizzata dalla presenza del vulcanello di fango, in zone a diversa tutela ambientale:

Area a tutela integrale: da realizzare esclusivamente in un intorno significativo il vulcanello di fango in oggetto in modo tale che possa evolvere naturalmente; in tale area qualsiasi tipologia di attività deve essere impedita;

Area a tutela orientata: area che racchiude la precedente e dove sono consentite esclusivamente attività inerenti la conservazione, la gestione e la fruizione del geosito;

Area di protezione: comprendenti le aree a tutela integrale ed orientata ed un contorno significativo più esterno in cui possono essere consentite attività agricole non distruttive; risulta inibita l'aratura ed altre attività distruttive del suolo.

La proposta di perimetrazione sopra riportata, implica che i proprietari dei terreni

su cui ricade il geosito e le aree di tutela, debbano tenere incolti degli appezzamenti di terreno più o meno ampi ed eventualmente eseguire delle pratiche agricole aggiuntive rispetto a quelle prima normalmente praticate, (ad esempio una diversa regimentazione delle acque meteoriche), pertanto si potrebbe introdurre nella normativa di tutela dei contributi diretti ai proprietari dei fondi interessati e volti a risarcire eventuali mancati redditi e/o pratiche agricole aggiuntive. In tal modo, anche per i vulcanelli di fango dell'area marchigiana, si sarebbe individuata una specifica normativa mirata ad azioni di tutela e di conservazione, in modo che tale geosito, che per anni ha assunto il ruolo di "fenomeno naturale prodigioso", non scompaia per sempre anche dalla memoria umana.

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. (1991) - LE EMERGENZE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE DELLE MARCHE. REGIONE MARCHE-GIUNTA REGIONALE, ANCONA.

AA.VV. (1999) - I BENI GEOLOGICI DELLA PROVINCIA DI MODENA. ARTIOLI EDITORE MODENA, 103PP.

ARGNANI A., ARTONI A., ORI G.C. & ROVERI M. (1991) - L'AVANFOSSA CENTRO-ADRIATICA: STILI STRUTTURALI E SEMENTAZIONE. STUDI GEOL. CAMERTI, VOL. SPEC. CROP 03, 371-381.

BIASUTTI R. (1907) - LE SALSE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE. MEMORIE GEOGRAFICHE, 2, 7-255.

BONASERA F. (1952) - I VULCANELLI DI FANGO DEL PREAPPENNINO MARCHIGIANO. RIV. GEOGR. IT., LIX, 1, 16-26.

CENTAMORE E. & DEIANA G. (1986) - LA GEOLOGIA DELLE MARCHE. STUDI GEOL. CAMERTI, VOL. SPEC., 210PP.

DAMIANI A.V. (1964) - STUDIO DELLA SALSA DI OFFIDA (ASCOLI PICENO - MARCHE). L'UNIVERSO, XLIV, 3, 473-488.

DECRETO PRESIDENTE GIUNTA REGIONALE N. 178 DEL 29 MARZO 1982.

ENI (1972) - ACQUE DOLCI SOTTERRANEE. INVENTARIO DEI DATI RACCOLTI DALL'AGIP DURANTE LA RICERCA DI IDROCARBURI IN ITALIA. ED. ENI, ROMA.

FARABOLLINI P., MATERAZZI M. & SCALELLA G. (2002) - MUD VOLCANOES IN CENTRAL-SOUTHERN MARCHE (ITALY): PROPOSALS FOR THEIR BOUNDING, ENHANCING, PRESERVATION AND PROTECTION FROM EXTINCTION. ABSTR. WORK. "GEOMORPHOLOGICAL SITES: ASSESSMENT AND IMPROVEMENT", MODENA, 19-22 GIUGNO 2002.

MARINELLI O. (1904) - I BOLLITORI DI SAN PAOLO DI JESI. L'APPENNINO CENTRALE, 1, 9PP.

MARTINELLI G. (1999) - MUD VOLCANOES OF ITALY: A REVIEW. GIORN. GEOL., SER. 3, VOL. 61, 107-113.

NANNI T. & VIVALDA P. (1998) - LE ACQUE SALATE DELL'AVANFOSSA MARCHIGIANA: ORIGINE, CHIMISMO E CARATTERI STRUTTURALI DELLE ZONE DI EMERGENZA. BOLL. SOC. GEOL. IT., 118, 191-215.

NANNI T. & ZUPPI G.M. (1986) - ACQUE SALATE E CIRCOLAZIONE PROFONDA IN RELAZIONE ALL'ASSETTO STRUTTURALE DEL FRONTE ADRIATICO E PADANO DELL'APPENNINO. MEM. SOC. GEOL. IT., 35, 979-986.

ORI G.C., SERAFINI G., VISENTIN C., RICCI LUCCHI F., CASNEDI R., COLALONGO M.L. & MOSNA S. (1991) - THE PLIO-PLIOCENE ADRIATIC FOREDEEP (MARCHE AND ABRUZZO, ITALY): AN INTEGRATED APPROACH TO SURFACE AND SUBSURFACE GEOLOGY. 3RD E.A.P.G. CONF., FLORENCE, 85PP.

SAMPAOLESI S. & FARABOLLINI P. (2002) - LA CONSERVAZIONE E LA TUTELA DEI GEOSITI: L'ESEMPIO DELLA PIRAMIDE DI TERRA NEL PARCO NAZIONALE DEI MONTI SIBILLINI (MARCHE CENTRO-MERIDIONALI). GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, 2, 28-37.

SCALELLA G. (1996) - GEOMORFOLOGIA E GEOLOGIA AMBIENTALE DI UN TRATTO DEL MEDIO BACINO DEL FIUME TENNA: CORRELAZIONI CON IL MEDIO BACINO DEL TORRENTE. TESI DI LAUREA INEDITA - UNIVERSITÀ DI CAMERINO.

SCALELLA G. (2000) - ANALISI GEOMORFOLOGICHE IN AREE INTERESSATE DA NEOTETTONICA: (APPENNINO UMBRO-MARCHIGIANO E FASCIA PERIADRIATICA). TESI DI DOTTORATO INEDITA - UNIVERSITÀ DI PERUGIA.

L'AREA DEL MONTE DELL'ASCENSIONE (MARCHE MERIDIONALI): UN GEOSITO DA TUTELARE E VALORIZZARE

P. FARABOLLINI

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA -
UNIVERSITÀ DI CAMERINO

G. SCALELLA

LIBERO PROFESSIONISTA

Parole chiave: geosito, valorizzazione, Monte dell'Ascensione, Marche, tutela.

INTRODUZIONE

Il Monte dell'Ascensione (in origine chiamato Monte Nero, poi Monte Polesio e infine Monte dell'Ascensione), nelle Marche meridionali, ubicato tra il Fiume Tronto ed il Torrente Tesino, è stato oggetto, già a partire dal secolo scorso, di numerosi studi geologici, in quanto ritenuto significativo per la comprensione dell'evoluzione geologica plio-quadernaria del settore adriatico dell'Italia centrale. Studi successivi hanno ampiamente dimostrato come alle peculiarità propriamente geologiche, se ne presentino altre a carattere geomorfologico e naturalistico che permettono di conside-

rare quest'area di notevole interesse, non solo scientifico ma anche didattico, per diversi settori delle Scienze della Terra (geologico-strutturale, sedimentologico, geomorfologico, idrogeologico, antropico, ecc.). Esso quindi, rappresenta un polo di estrema importanza e attrazione turistica in quanto presenta elementi paesaggistici che difficilmente si rinvergono in un'area di così limitata estensione.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRUTTURALE

Il Monte dell'Ascensione (Fig. 1) costituisce il più elevato rilievo della fascia pe-

riadiatica delle Marche meridionali (1.110 m s.l.m.) e rappresenta l'area in cui il substrato del Pliocene superiore (Napoleone et al., 2002) si trova alle quote più elevate in Europa, se non a livello mondiale.

Il substrato è costituito da un corpo conglomeratico, in cui si riconoscono almeno cinque eventi di sedimentazione, intercalato nelle peliti del ciclo sedimentario plio-pleistocenico, trasgressive sulle sottostanti torbiditi messiniane della Formazione delle Laga (Cantalamesa et al., 1986). La successione litostratigrafica di ciascun livello, consiste nella sovrapposizione, in sequenza, di litofacies conglomeratiche, di li-

Ph. Scalella G., 1999



Fig. 1 - Panoramica del Monte dell'Ascensione.

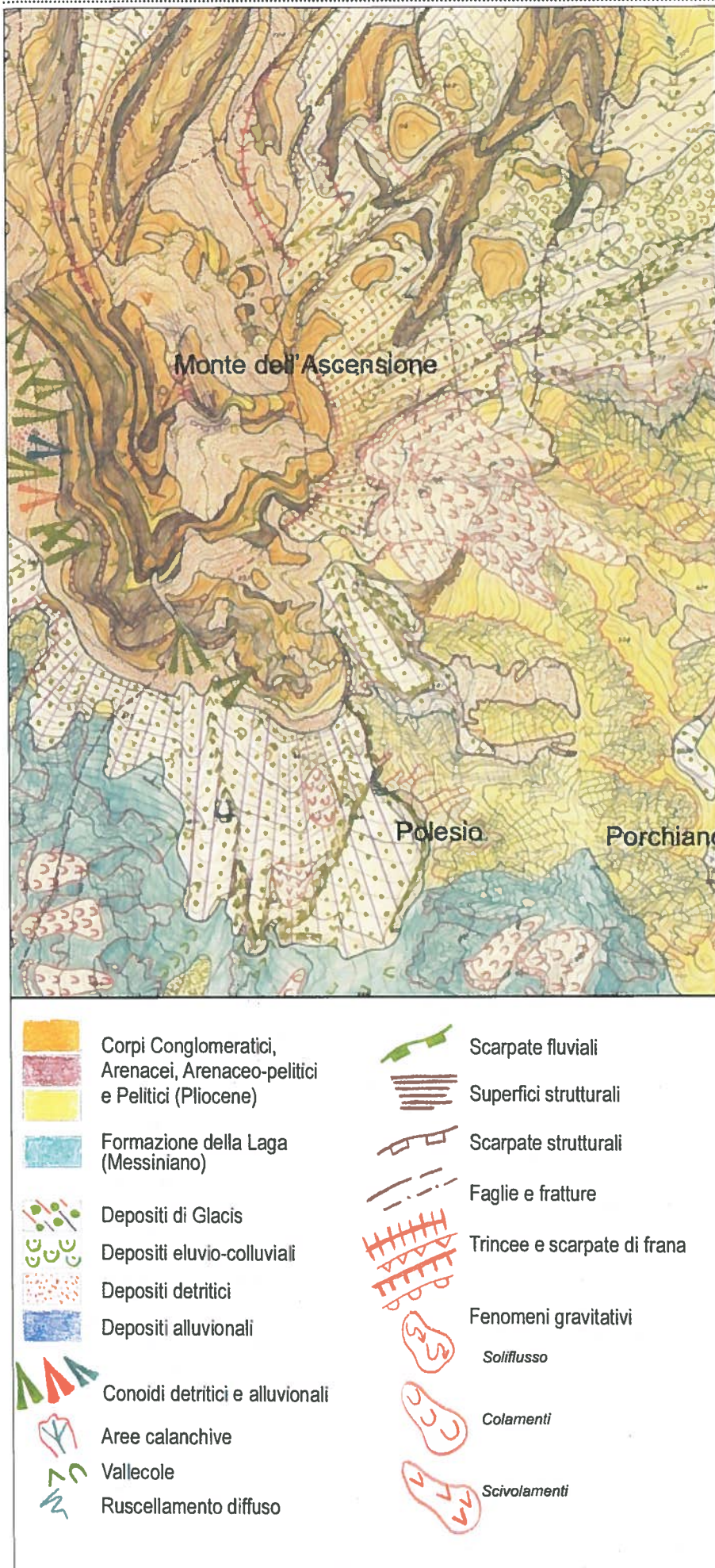


Fig. 2 - Stralcio di cartografia geomorfologica dell'area di studio e relativa legenda.

velli arenacei ed arenaceo-pelitici. La strutturazione del substrato pre-trasgressivo si è realizzata dal Tortoniano al Pliocene inferiore, per effetto di un'attività tettonica compressiva, associata ad un sistema arco-fossa in migrazione dal Tirreno all'Adriatico, mentre al generalizzato ed intenso sollevamento pleistocenico (Ambrosetti et al., 1982), è associata la sua successiva emersione e la disposizione monoclinale, verso oriente, dei depositi post-trasgressivi (Gentili et al., 1995).

CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il controllo lito-strutturale e tettonico dell'area in esame si riflette in maniera netta ed evidente sulla morfologia che caratterizza il comprensorio del Monte dell'Ascensione: alle litologie più resistenti dei livelli conglomeratici ed arenaceo-conglomeratici del substrato corrispondono evidenti scarpate di erosione selettiva con altezze che talvolta superano gli 80 m (Figg.1 e 2). Alle litologie meno resistenti delle peliti plioceniche corrisponde invece una morfologia alquanto articolata legata alla presenza di un reticolo idrografico fortemente gerarchizzato a cui si associa la formazione di estesi e ben sviluppati fenomeni calanchivi. Le principali formazioni calanchive sono presenti alla base dei versanti sud-orientali del rilievo del Monte dell'Ascensione principalmente alla testata dei torrenti Chiaro Morto, Bretta e Chifente e si estendono per diversi chilometri seguendo il loro corso. In particolare tali morfologie, oltre a rappresentare l'elemento dominante del paesaggio dell'area, rappresentano un fattore condizionante dello sviluppo antropico: in molti casi la continua evoluzione ed arretramento delle testate dei calanchi ha portato alla creazione di esigue ed affilate creste spartiacque su cui rimangono isolate strutture ed infrastrutture antropiche (Porchiano e Ripaberarda).

La loro disposizione a "spina di pesce", con una serie di microbacini che si ricongiungono in un collettore principale, ha permesso l'isolamento di un "glacis" che ricopriva i versanti del Monte dell'Ascensione (Figg. 1 e 3), rappresentato da depositi sabbioso-ciottolosi, già segnalato e diversamente interpretato, sia dal punto di vista genetico che cronologico, da numerosi autori (Castiglioni, 1935; Demangeot, 1965; Dramis et al., 1982; Farabollini et al., 1992). Tali depositi, che si incassano al di sotto del Monte dell'Ascensione a quote comprese tra 850 e 650m s.l.m., presentano gli spessori maggiori, in corrispondenza di vallecole la cui disposizione ed andamento testimoniano un reticolo idrografico simile a quello attuale impostatosi durante l'Olocene (Farabollini et al., 1992). Sul lato nord esso è presente in limitatissimi lembi di diffici-



Fig. 3 - Panoramica del glacis che ricopre i versanti del Monte dell'Ascensione. Sullo sfondo l'abitato di Porchiano.

le individuazione probabilmente in conseguenza della sua successiva erosione.

Il deposito, che presenta spessori anche superiori ai 20 metri, poggia sia sui corpi conglomeratici che costituiscono il Monte dell'Ascensione sia sulle sottostanti peliti. In particolare il deposito è costituito da alternanze di livelli sabbiosi e sabbioso-conglomeratici, a geometria prevalentemente lenticolare e con spessori variabili, da poco a mediamente inclinati (10° - 15°) la cui deposizione sembra legata a meccanismi legati ad acque diffuse e/o incanalate; in alcuni casi la presenza di depositi caotici, permette di ipotizzare, oltre ai meccanismi sopra citati, anche meccanismi tipici di eventi di debris flow. All'interno del deposito, oltre alla presenza di uno o più paleosuoli bruni, è possibile riconoscere, soprattutto verso il tetto o sopra la sequenza detritica, numerose superfici di erosione in corrispondenza di canali prevalentemente ghiaiosi (Farabollini, 1995). La base è invece caratterizzata dalla presenza di ammassi abnormi costituiti da clasti cementati, interpretabili come vecchi blocchi di frana. Al tetto della sequenza, con spessori variabili tra 2 e 5 metri, sono presenti potenti accumuli di sabbie fini e finissime, massive, a volte ben cementate, di colore giallastro con all'interno rari ciottoli di natura calcarea e selciosa con dimensioni massime di 2 cm. Procedendo verso sud-est la granulometria di tali materiali diminuisce: in corrispondenza di Ripaberarda e, più avanti, di Appignano del Tronto gli affioramenti sono quasi esclusivamente dati da sabbie fini, nel cui interno si rinvengono diversi paleosuoli bruni. La intensa incisione lineare, che ha interessato soprattutto il substrato pelitico, ha smembrato il glacis di accumulo, di cui lembi isolati sono riconoscibili a Porchiano, Case Ischia, Ripaberarda, Castel di Croce e Poggio Canoso. In particolare a Porchiano, alla base della sequenza detritica è stato rinvenuto un livello sabbioso con spessore di circa 20 cm, ricco in materiali carboniosi, di probabile origine palu-

stre, la cui datazione ha fornito una età > 51.000 yr B.P. (Gentili et al., 1998) che permette di ipotizzare come durante la sedimentazione del glacis si potessero verificare episodi di ristagni d'acqua. Detto glacis di accumulo sembra pertanto che abbia regolarizzato una superficie topografica che si era modellata tra la fine del Pleistocene inferiore ed il Pleistocene medio (Farabollini et al., 1992) successivamente al pediment che avrebbe circondato il rilievo del Monte dell'Ascensione durante il "Villafranchiano", intervallo di tempo a cui è corrisposto anche il più importante sollevamento tettonico dell'area (Ambrosetti et al., 1982). Analisi di dettaglio di sezioni stratigrafiche dei depositi di glacis e le datazioni su materiali carboniosi (Gentili et al., 1998), rinvenuti all'interno degli stessi depositi, permettono di collocare la genesi di tale deposito durante il Pleistocene superiore. Al di sopra di tali materiali, la presenza di sedimenti sabbiosi fini di probabile origine eolica (Farabollini, 1995), evidenziano come durante l'Olocene, l'intensa erosione regressiva, avrebbe favorito l'incisione e lo smantellamento di tale deposito, che data la natura pelitica del substrato, attualmente appare isolato in limitati lembi a quote molto alte sul fondovalle attuale.

CONCLUSIONI

Come sopra accennato, l'area del monte dell'Ascensione rappresenta un insieme di peculiarità geologiche, geomorfologiche e vegetazionali. In particolare la Regione Marche ha classificato il Monte dell'Ascensione come "Area regionale di Emergenza botanico-vegetazionale di eccezionale interesse" ed ha istituito un'area floristica protetta la cui perimetrazione è indicata dal decreto del P.G.R. n. 73 del 24/03/1997. Analogamente, sempre attraverso lo strumento legislativo del PPAR (Del. Amm. N.197 del 3.11.1989 "Piano Paesistico Ambientale Regionale (PPAR) Legge 8 agosto 1985 n.431 e L.R. 8 giugno 1987 n.26), tale area risulta censita come "Emergenza

geologica e geomorfologia". Considerando che gli aspetti normativi tutelano solamente in modo frammentario i singoli elementi costituenti del paesaggio del comprensorio, risulta auspicabile l'inserimento di tale area, da parte del sistema di pianificazione, nel novero dei parchi e/o riserve naturali, in modo tale che questo patrimonio naturale venga tutelato per i suoi importanti significati scientifici, didattici e turistici.

BIBLIOGRAFIA

- AMBROSETTI P., CARRARO F., DEIANA G. & DRAMIS F., 1982 - IL SOLLEVAMENTO DELL'ITALIA CENTRALE TRA IL PLEISTOCENE INFERIORE E IL PLEISTOCENE MEDIO. CONTRIBUTI CONCLUSIVI PER LA REALIZZAZIONE DELLA CARTA NEOTETTONICA D'ITALIA. PUBBL.N°513 DEL P.F. GEODINAMICA-CNR.
- BIGI S., CANTALAMESSA G., CENTAMORE E., DIDASKALOU P., DRAMIS F., FARABOLLINI P., GENTILI B., INVERNIZZI C., MICARELLI A., NISIO S., PAMBIANCHI G. & POTETTI M. (1995) - LA FASCIA PERIADRIATICA MARCHIGIANO-ABRUZZESE DAL PLIOCENE MEDIO AI TEMPI ATTUALI: EVOLUZIONE TETTONICO-SEDIMENTARIA E GEOMORFOLOGICA. STUDI GEOLOGICI CAMERTI, VOL. SPEC. 1995/1, 37-49.
- CANTALAMESSA G., CENTAMORE E., CHIOCCHINI U., COLALONGO M.L., MICARELLI A., NANNI T., PASINI G., POTETTI M. & RICCI LUCCHI F. CON LA COLLABORAZIONE DI CRISTALLINI C. & DI LORITO L. (1986) - IL PLIO-PLEISTOCENE DELLE MARCHE. STUDI GEOLOGICI CAMERTI VOL. SPEC. "LA GEOLOGIA DELLE MARCHE", 61-81.
- CASTIGLIONI B. (1935) - RICERCHE MORFOLOGICHE NEI TERRENI PLIOCENICI DELL'ITALIA CENTRALE. PUBBL. IST. GEGR. UNIV. ROMA, SER.A, 4, 160 PP.
- CENTAMORE & DEIANA (Eds) (1986) - LA GEOLOGIA DELLE MARCHE. STUDI GEOLOGICI CAMERTI, VOL. SPEC., 265PP.
- DEANGEOT J. (1965) - GEOMORPHOLOGIE DES ABRUZZES ADRIATIQUES. MEM. ET DOC. DU CNRS, PARIS, 1965, PP.403.
- DRAMIS F., GENTILI B., COLTORTI M. & CHERUBINI C. (1982) - OSSERVAZIONI GEOMORFOLOGICHE SUI CALANCI MARCHIGIANI. GEGR. FIS. DINAM. QUAT. 5, 38-45.
- FARABOLLINI P. (1995) - EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA QUATERNARIA DELL'AREA PERIADRIATICA TRA ANCONA E VASTO. TESI DI DOTTORATO INEDITA, UNIVERSITÀ DI PERUGIA.
- FARABOLLINI P., GENTILI B. & PAMBIANCHI G. (1992) - CONTRIBUTO ALLO STUDIO DEI CALANCI: DUE AREE CAMPIONE NELLE MARCHE. STUDI GEOLOGICI CAMERTI, VOL.XII, 105-115.
- GENTILI B. & DRAMIS F. (Eds.) (1997) - GEOMORPHOLOGY AND QUATERNARY EVOLUTION OF CENTRAL ITALY. SUPPL. GEGR. FIS. DINAM. QUAT., II, 2, 79-103.
- GENTILI B., MATERAZZI M., PAMBIANCHI G. & SCALELLA CON LA COLLABORAZIONE DI ARINGOLI D., CILLA G. & FARABOLLINI P. (1998) - I DEPOSITI DI VERSANTE DEL MONTE DELL'ASCENSIONE (MARCHE MERIDIONALI, ITALIA). GEGR. FIS. DINAM. QUAT., 21, 205-214.
- GENTILI B., PAMBIANCHI G., ARINGOLI D., CILLA G., FARABOLLINI P. & MATERAZZI M. (1995) - RAPPORTI TRA DEFORMAZIONI FRAGILI PLIO-QUATERNARIE E MORFOGENESI GRAVITATIVA NELLA FASCIA ALTO-COLLINARE DELLE MARCHE CENTRO-MERIDIONALI. STUDI GEOLOGICI CAMERTI, VOL. SPEC. 1995/1, 421-435.
- NAPOLEONE G., ALBIANELLI A., CANTALAMESSA G., DIDASKALOU P., MICARELLI A. & POTETTI M. (2002) - MAGNETOCHRONOLOGIC CORRELATION OF THE MIDDLE AND LATE PLIOCENE HEMIPELAGITES OF THE PERIADRIATIC BASIN WITH THE COEVAL SEDIMENTS OF THE NORTHERN APENNINE INTERMONTANE BASINS. ABSTR. CONV. "ELEMENTI CRONOSTRATIGRAFICI PER UNA CORRELAZIONE FRA SUCCESSIONI MARINE E SUCCESSIONI CONTINENTALI: STATO DELLE CONOSCENZE E NUOVI DATI", BARI, 24-25 GIUGNO 2002.
- SCALELLA G. (2000) - ANALISI GEOMORFOLOGICHE IN AREE INTERESSATE DA NEOTETTONICA: (APPENNINO UMBRO-MARCHIGIANO E FASCIA PERIADRIATICA). TESI DI DOTTORATO INEDITA - UNIVERSITÀ DI PERUGIA.



ALFREDO BINI

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO -
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA

ROSSANA GHIRINGHELLI**STEFANO GUSSONI****LISA SACCHI**

PROVINCIA DI MILANO - SERVIZIO
PIANIFICAZIONE PAESISTICA

ANDREA STRINI

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO -
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA

I GEOSITI NEL PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO DELLA PROVINCIA DI MILANO

Parole chiave: *geosito, PTCP, pianificazione, valorizzazione, paesaggio.*

INTRODUZIONE

Il PTC della Provincia di Milano, attualmente in fase di adozione, pone tra gli obiettivi generali e strategici la valorizzazione paesistica, che trova nel paesaggio la base di valutazione su cui misurare la qualità dello sviluppo insediativo ed economico. In quest'ottica si inseriscono gli indirizzi di tutela, conservazione e valorizzazione dei geositi, contenuti nell'art. 52 delle sue Norme di Attuazione. In collaborazione con l'Università degli Studi di Milano - Dip. di Scienze della Terra, sono stati analizzati tre siti rappresentativi dei principali fenomeni geologici che hanno formato il territorio provinciale; per rilevanza scientifica e paesistica essi possono essere qualificati come geositi, necessitando di particolare attenzione ed eventuale tutela. Per ciascuno di essi, oltre alla descrizione, è stata fatta una breve valutazione degli elementi gestionali atti a migliorarne le condizioni e rendere possibile una fruizione rispettosa e consapevole. La Provincia di Milano attraverso lo strumento del PTC intende realizzare un censimento dei geositi secondo specifiche linee guida e proporre i più significativi quali monumenti naturali da istituire ai sensi della L.R. 86/1983.

IL PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE

Il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) si configura come "piano urbanistico territoriale con finalità di salvaguardia dei valori paesistici e ambientali" ai sensi del D.Lgs. 490/1999 e delle normative regionali n. 18/1997 e 1/2000, nonché "piano di tutela nei settori della protezione della natura, della tutela dell'ambiente, delle bellezze naturali, delle acque e della difesa del suolo" ai sensi dell'art. 57 del D. Lgs. 112/1998.

L'attribuzione della valenza paesistica al PTCP, ai sensi della L.R. 18/1997, implica che lo stesso definisca il sistema paesistico-ambientale come insieme dei fattori ecologici, culturali ed antropici che concorrono a strutturare il contesto territoriale e detti le relative disposizioni di tutela per gli interventi di trasformazione.

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La provincia di Milano, è posizionata nella settore Nord-Ovest della Pianura Padana e comprende sia una fascia di territorio prettamente pianeggiante sia il raccordo tra la pianura e i primi rilievi della Brianza.

A Nord sono lambiti gli anfiteatri morenici del Lambro e dell'Adda, che creano un territorio articolato in cui si giustappongono e si sovrappongono depositi glaciali, fluvio-glaciali e lacustri di età variabili, comprese tra il Pleistocene medio e il Pleistocene superiore. Lungo i solchi vallivi maggiori, e in particolare lungo l'Adda, affiorano potenti successioni di conglomerato che testimoniano fasi di deposizione fluviale precedenti le glaciazioni del Pleistocene medio. Verso Sud, invece, si osserva una maggiore uniformità, con la presenza di ampie superfici corrispondenti a depositi fluvio-glaciali più recenti e alle piane fluviali attuali. Il colle di San Colombano forma un lembo isolato di pertinenza appenninica, con la presenza di rocce mio-plioceniche.

Le Unità paesistico-territoriali del PTCP rappresentano aree omogenee dal punto di vista paesistico, di uso del suolo, vegetazionale e, almeno a grande scala, geomorfologica.

I CONTENUTI PAESISTICI DEL PTC DELLA PROVINCIA DI MILANO

Il PTC della Provincia di Milano, attualmente in fase di adozione, pone tra gli obiet-



Fig. 1 - "Sasso del Guidino" in località Besana Brianza.



Fig. 2 - Cresta di morena presso Camparada.

tivi generali e strategici la valorizzazione paesistica, che trova nel paesaggio la base di valutazione su cui misurare la qualità dello sviluppo insediativo ed economico. Finalità prioritarie risultano essere:

- l'individuazione di ambiti, sistemi ed elementi di valore paesistico, storico e naturalistico;
- la valorizzazione dei luoghi e degli elementi con potenzialità di attrazione turistica, attraverso azioni di tutela e di sensibilizzazione;
- diffusione della loro conoscenza e sviluppo della fruibilità.

In quest'ottica si inseriscono gli indirizzi di tutela, conservazione e valorizzazione dei geositi, contenuti nell'art. 52 delle Norme di Attuazione. A livello prescrittivo la norma prevede:

- il divieto di alterazione o manomissione dei geositi e delle aree su cui essi insistono;
- il divieto di deturpare la superficie con scritte o incisioni;
- di favorire una fruizione compatibile con le caratteristiche del sito.

I GEOSITI RICONOSCIUTI NEL PTC

In collaborazione con l'Università degli Studi di Milano - Dip. di Scienze della Terra, sono stati analizzati ambiti rappresentativi

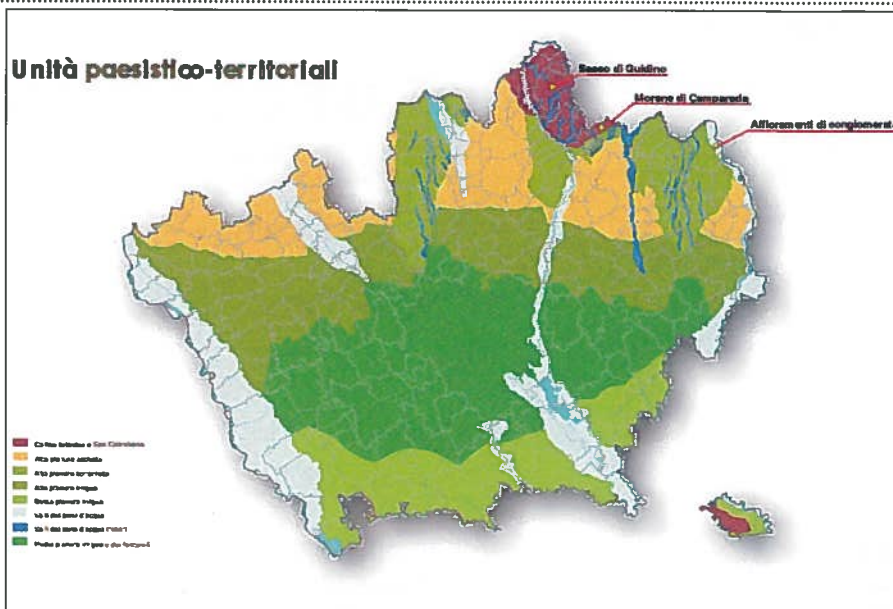


Fig. 3 - Unità paesistico-territoriali della Provincia di Milano.

dei principali fenomeni geologici che hanno formato il territorio provinciale. Da tale preliminare valutazione sono stati individuati per la loro peculiarità i seguenti geositi:

- Affioramenti di conglomerato presso Porto d'Adda (Comune di Cornate d'Adda);
- Il cordone morenico presso Camparada (Comune di Camparada);
- Il Sasso di Guidino presso Besana in Brianza (Comune di Besana in Brianza).

CONCLUSIONI

La Provincia di Milano attraverso lo strumento del PTC intende:

- promuovere la tutela dei geositi, quali monumenti naturali ai sensi dell'art. 25 della L.R. 86/1983;
- realizzare un censimento di geositi secondo specifiche linee guida;
- promuovere interventi per la fruizione dei geositi con la partecipazione di soggetti pubblici e privati interessati.

IDEE E PROGETTI PER LA COMUNICAZIONE



La Sintesi srl
P.le Roberto Ardigò 31
00142 Roma

telefono + 39 06 540 6964
+ 39 06 540 3725
facsimile + 39 06 23323 9783

http://www.la-sintesi.it
posta elettronica: la-sintesi@la-sintesi.it

La Sintesi

GRAFICA

- brochure, pieghevoli
- schede tecniche
- inserzioni pubblicitarie
- pagine web
- cd-rom

EDITING

- revisione testi
- uniformazione redazionale
- bibliografia

EDITORIA

- progetti grafici
- ricerca iconografica
- impaginazione
- riviste, cataloghi, libri

PUBBLICHE RELAZIONI

- Ufficio Stampa
- Relazioni Esterne
- Organizzazione Eventi

RICERCA

- Ricerche di mercato
- Studi di fattibilità
- Approntamento e somministrazione questionari
- Raccolta ed elaborazione dati
- Stesura del rapporto conclusivo

SERVIZI ON LINE

- Possiamo inviare le bozze di stampa dei lavori nella vostra e-mail in formato PDF. Potete immediatamente stamparle, controllarle, chiamarci subito per eventuali modifiche e dare il "visto si stampi" per posta elettronica

LA CONCA TETTONO-CARSICA DE "LA LAURA" (APPENNINO MERIDIONALE): UN PATRIMONIO GEOLOGICO E PAESAGGISTICO IN UN CONTESTO AMBIENTALE DI NOTEVOLE PREGIO

GIOVANNI C. LAVECCHIA
ROSANNA DI NARDO
T. MAGGI
PATRIZIA MAGNOTTI
DARIO RIZZO
MARY WILLIAM

Parole chiave: geosito, polje, Appennino, carsismo, paesaggio.

RIASSUNTO

Nell'ambito dei siti di interesse geologico "La Laura" rappresenta, in sintonia con quanto di recente sta avvenendo nel resto d'Europa, un modo per utilizzare al meglio la risorsa paesaggistica e per proteggere e gestire elementi ed ambiti geologici e geomorfologici rilevanti, che opportunamente valorizzati possono rappresentare un ulteriore motivo di sviluppo dell'area.

In un areale limitato si sviluppa la conca carsica de La Laura, originatasi a seguito della tettonica plio-quadernaria. All'interno della depressione è possibile osservare fenomeni di dissoluzione carbonatica, testimoniati da forme carsiche superficiali ed ipogee di varie dimensioni che rappresentano il carattere di maggiore valenza scientifica, a cornice del quale si associano motivi di interesse paesaggistico e naturalistico.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED UBICAZIONE DELL'AREA

L'area di interesse ricade nella zona assiale dell'Appennino meridionale, inteso come un sistema a thrust pellicolare con vergenza adriatica, originatosi a partire dal Miocene inferiore a seguito della subduzione verso ovest della litosfera adriatica al disotto del margine europeo. I sovrascorrimenti con trend preferenziale NW-SE, hanno generato l'impila-

mento di una serie di falde scollatesi dagli originari domini paleogeografici, che in origine, da ovest verso est, prevedevano un bacino interno (Bacino Ligure-Piemontese), la Piattaforma Appenninica, il Bacino di Lagonegro e la Piattaforma Apula.

La conca carsica de "La Laura" è compresa nel gruppo montuoso del Monte di Viggiano che si estende tra i comuni di Marsicovetere e Viggiano, situati in sinistra orografica dell'alta Val d'Agri (Basilicata). Quest'ultima rappresenta il risultato della tettonica plio-quadernaria, che ha generato faglie ad alto angolo con direzione preferenziale N120°±10° che riattivandosi con cinematiche differenti, durante più fasi deformative, hanno causato tanto la dislocazione delle preesistenti strutture tettoniche quanto la nascita di bacini fluvio-lacustri intermontani.

TRATTI A VALENZA STORICA ED ETIMOLOGIA DEL NOME

L'origine del nome "Laura" deriva dal Bizantino "laura" risalente al 14° secolo. Era un luogo di preghiera e di contemplazione di frati che vi passavano periodi di isolamento mistico.

Il loro stile di vita era dettato dalla preghiera, dal lavoro manuale, dall'aspra penitenza, dalla mancanza di un superiore e di

una regola. I frati di questi luoghi, presenti in molte altre zone del meridione, erano chiamati anacoreti, per il modo di integrare l'esigenza anacoretica a quella comunitaria. Il termine anacoreta deriva dal greco "anachoretēs", ed indica chi vive in ritiro in luoghi lontani dal consorzio umano, conducendo una vita solitaria, molto semplice e dedicata alla contemplazione e alla preghiera.

Presumibilmente si devono proprio a questi frati i due antichi conventi francescani di S. Maria dell'Aspro e S. Maria di Costantinopoli, i cui resti sono osservabili nei pressi di Marsicovetere (Pz).

Nel convento di S. Maria dell'Aspro giunse nel 1334 Angelo Clareno, un francescano nato nel 1240 che dette vita, assieme ad Ubertino da Casale, al movimento degli Spirituali, nato per difendere lo spirito più intransigente dell'ordine e del suo fondatore S. Francesco, a differenza della corrente di pensiero vigente in quel periodo, che voleva mitigare il rigido voto di povertà e riorganizzare gerarchicamente l'ordine. Per tale motivo entrò in contrasto con la curia romana e con la politica ecclesiastica della gerarchia francescana, concludendo da dissidente, la sua intensa esperienza spirituale, in Val d'Agri, dove fondò una chiesa madre (Lotierzo, 1986).

Clareno, citato anche nel libro di Um-

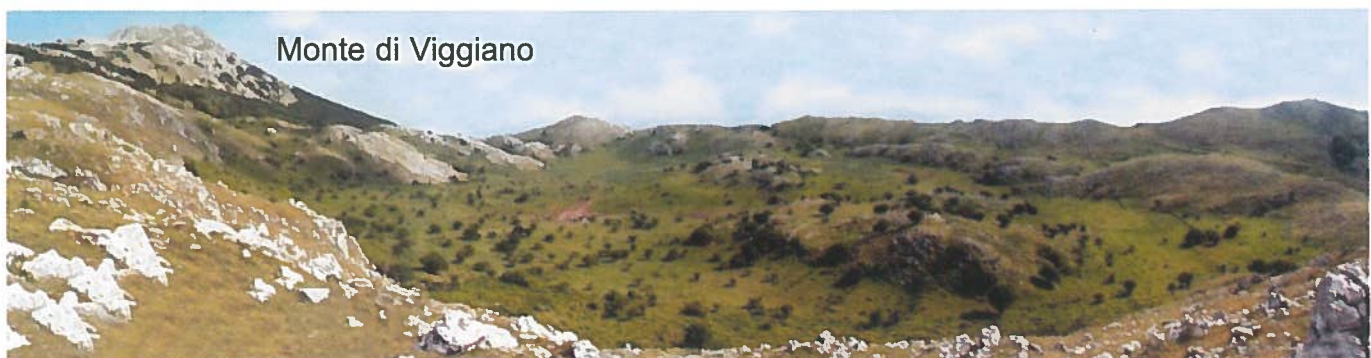


Fig. 1 - Conca tettono-carsica "La Laura".

berto Eco "Il Nome della Rosa", attirava per la sua spiritualità molta gente nel convento ed otteneva, per la purezza dell'anima, "la facoltà di leggere nei pensieri delle persone che lo avvicinavano".

ELEMENTI ED AMBITI CARATTERISTICI DEL SITO

La Laura può considerarsi un tipico polje, ossia una forma carsica chiusa con fondo piano caratterizzato da una morfologia ondulata, largo circa 0.5 Km e lungo circa 2 Km (fig. 1). Il campo carsico si è impostato in una depressione tettonica connessa a faglie con direzione appenninica e antiappenninica. La zona di incrocio dei succitati lineamenti è quella maggiormente predisposta alla dissoluzione carsica, pertanto le prime depressioni morfologiche si sono impostate proprio in questi settori. I versanti strutturali si raccordano ad alto angolo con il fondo piano, caratterizzato da una sottile copertura costituita da terra rossa, detriti calcarei ed arenacei immersi in abbondante matrice limo-argillosa. Queste coperture derivano dall'attività erosiva delle acque superficiali, che nei periodi di piogge intense asportano materiale dai versanti circostanti e lo depositano sul fondo della depressione. Le terre rosse e gli elementi a granulometria fine sono più abbondanti nelle zone topograficamente più depresse, mentre i detriti prevalgono ai margini della conca ed in corrispondenza delle incisioni laterali. Dal rilevamento di superficie non è stato possibile operare una stima precisa dello spessore dei prodotti eluviali, tuttavia si presume che lo stesso si aggiri intorno a qualche decina di metri.

Le coperture eluviali poggiano sui depositi sinorogeni miocenici a tratti affioranti nella depressione, che a loro volta giacciono in discordanza angolare sui calcari di Piattaforma Appenninica.

I terreni, appartenenti al dominio di Piattaforma Appenninica sono costituiti, dal bas-

so verso l'alto, da calcari stratificati di colore grigio nocciola associati a calcari biancastri con ooliti ed onkoidi e da calcari cretaci, grigio scuri a grana fine in strati decimetrici, alternati a calcari biancastri massivi e ricchi di frammenti di rudiste e nerinee.

Tali terreni sono altamente permeabili per fratturazione e carsismo, in quanto all'intensa fratturazione di origine tettonica si sono sovrapposti fenomeni di dissoluzione carsica che hanno notevolmente aumentato il grado di assorbimento e la circolazione idrica sotterranea.

L'assenza di idrografia superficiale è infatti dovuta allo smaltimento delle acque meteoriche, raccolte e convogliate nelle cavità sotterranee attraverso inghiottitoi che alimentano una delle scaturigini più importanti dell'intera Val d'Agri (Sorgente Pischiera Qm = 350 l/s).

Di grande interesse è il punto d'assorbimento carsico denominato "Inghiottitoio Strabucco", posto a quota 1309,6 m. s.l.m. ed esplorato dagli speleologi del Club Alpino Italiano (C.A.I., 1991), che hanno redatto una pianta e delle sezioni, dalle quali si evince che il ramo principale ha uno sviluppo pari a 55,92 m. ed un dislivello di 16,17 m. (fig. 2).

Nella stagione umida è presente una sorgente a carattere stagionale dalla quale l'acqua sgorga a pressione formando dei caratteristici "vulcanetti di sabbia", prima di infiltrarsi, dopo un breve tragitto, nei punti di assorbimento limitrofi.

Si osservano inoltre, alcune doline, diverse "risorgenze" ed una vasta gamma di forme carsiche di superficie di varie dimensioni.

Il crinale che delimita la conca tettono-carsica a valle costituisce, insieme con le cime dei principali rilievi, un ottimo percorso panoramico per "affacciarsi sulla Val d'Agri" ed un buon laboratorio di osservazione di specie fossilifere e di altre cavità che potrebbero essere oggetto di future esplorazioni speleologiche.

Dal punto di vista faunistico l'area assume particolare importanza per la presenza di una rarità biologica rappresentata dalla "luscengola"; rettile squamato appartenente alla famiglia Scincidi, caratterizzato da un corpo serpentiforme lungo circa 30 cm, di color rame nella parte superiore e grigio cenere in quella inferiore; possiede due arti anteriori e due posteriori lunghi meno di un centimetro e tre dita per arto; fra la testa e gli arti anteriori si riconoscono due branchie; chiude le palpebre dal basso verso l'alto, è viparia e si alimenta soprattutto di insetti.

La Laura si inserisce in un contesto ambientale di notevole pregio arricchito da molteplici spunti di interesse scientifico, culturale e naturalistico, quali, istituendo Parco Nazionale della Val d'Agri e le già note località Monte di Viggiano e Monte Volturino.

Il Monte di Viggiano, su cui si erge l'omonimo Santuario Mariano, è da tempi remoti sede di pellegrinaggio oltre che una delle più attrezzate ed ospitali stazioni turistiche invernali. Esso ha una sua specificità paesaggistica in quanto è delimitato da versanti strutturali e da pareti rocciose che lo fanno emergere chiaramente nel contesto dei rilievi che circondano il fondovalle.

Poco più a nord si osserva il versante sud-occidentale del Monte Volturino, che rappresenta una sezione naturale, lungo la quale è magnificamente esposto un macro piegamento, costituito da un sistema di anticlinali e sinclinali impostatesi nelle Formazioni dei Calcari con Selce e degli Scisti Silicei afferenti al Bacino di Lagonegro.

CONCLUSIONI

La presenza di numerose emergenze geologiche inserite in un contesto ambientale di grande valenza, ha determinato, in fase di redazione del Piano Particolareggiato Volturino-Monte di Viggiano, la proposta di istituzione della "Riserva Geologica della Laura" (il primo esempio per quanto attiene alla Regione Basilicata).

La Laura potrebbe rappresentare, soprattutto attraverso l'istituzione del Parco Nazionale della Val d'Agri, un modo nuovo di utilizzare le risorse naturali, fondato sul rispetto e sulla tutela dell'ambiente e non più sullo sfruttamento immediato ed intensivo del territorio, che provoca false illusioni di sviluppo e degrado delle risorse naturali, che invece, se opportunamente gestite e valorizzate, possono portare ad uno sviluppo duraturo e divenire elemento di traino per l'ulteriore crescita turistica di quest'area e dell'intera Val d'Agri.

BIBLIOGRAFIA

CLUB ALPINO ITALIANO (1991) - GROTTA STRABUCCO MARSICOVETERE. NOTIZIARIO SEZIONALE, 1, 26-29.

LOTIERZO A. (1986) - MARSICOVETERE MEDIEVALE E MODERNA STORIA ED IMMAGINI. IST. GRAF. EDITORIALE ITALIANO, NAPOLI, 12-14.

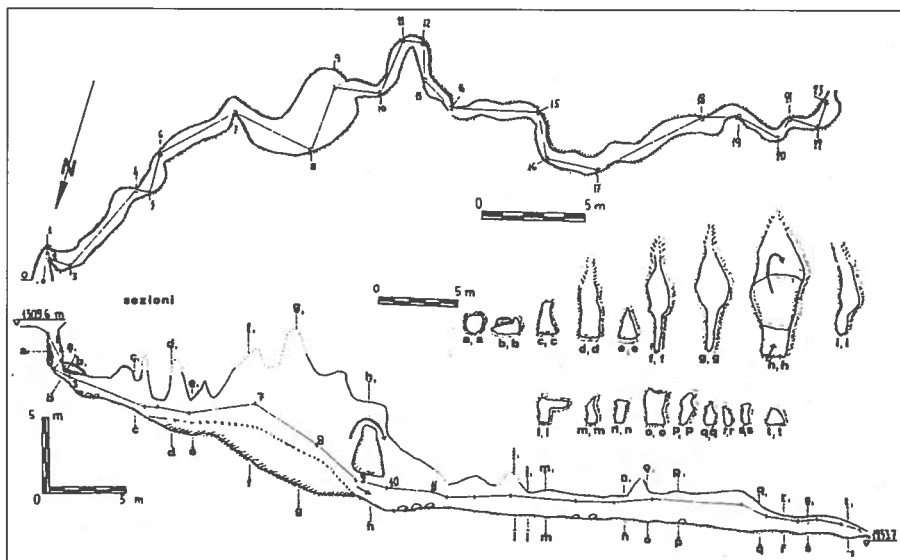


Fig. 2. - Pianta e sezioni del condotto carsico "Inghiottitoio Strabucco".

LA RABATANA DI TURSI: BORGO DI FIABA E GEOSITO DI GRANDE FASCINO

SILVESTRO LAZZARI

CEDAT EUROPA. CENTRO DATI E SERVIZI
PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO
CEDATEUROPA@VIRGILIO.IT

Parole chiave: geosito, Tursi, borgo, Rabatana, pianificazione.

RIASSUNTO

Si presenta un prodotto multimediale che ha alla base l'illustrazione del patrimonio geologico, monumentale, paesaggistico ed ambientale di un antico borgo medioevale di origini molto remote, riconducibili forse alla civiltà rupestre mediterranea, posto nella parte più elevata ed irraggiungibile dell'abitato di Tursi in provincia di Matera.

Nell'insieme il borgo ed i versanti che lo circondano rappresentano un geosito di notevole valenza ed interesse scientifico e turistico, che giustificano un'incisiva azione di recupero e fruizione per fini culturali promossa dall'Amministrazione comunale.

Le tecniche di presentazione ed illustrazione del tema costituiscono una sperimentazione ed un nuovo modello concettuale di proposta al grande pubblico di problemi geoambientali molto complessi che, con le tecniche informatiche e digitali, possono essere acquisiti e compresi anche dai non addetti ai lavori.

L'insieme musica - immagini - simulazioni virtuali approntato dal laboratorio informatico di CEDAT EUROPA rende interessanti temi quali l'erosione diffusa, le frane, l'adattamento dell'uomo all'ambiente, il recupero ambientale, che sono diffusamente presenti in questo importante patrimonio urbano ed antropologico che la storia ci ha tramandato.

PREMESSA

Gli interventi di difesa e conservazione del suolo previsti dalla legge 183/89, nei quali rientrano anche quelli di consolidamento degli insediamenti urbani dissestati, non rappresentano solo delle mere operazioni di recupero fisico del territorio, per altro opportuno in numerosi casi ed urgente in altri.

Intervenire a difesa del patrimonio urbanistico nazionale e specificatamente dei centri minori, danneggiati da decenni dai movimenti di frana ed interessati da un progressivo abbandono, significa soprattutto recuperare e rivitalizzare delle entità facenti parte integrante della storia del Paese, spesso di notevole pregio paesistico e monumentale.

La conseguente valorizzazione, anche in termini di potenzialità economiche, renderebbe gli investimenti in questo settore pienamente produttivi.

A tali conclusioni si è pervenuti non solo analizzando la casistica del dissesto idrogeologico di numerosi centri urbani dell'Italia appenninica, ma anche realizzando un'apposita ricerca geologica ed urbanistica su un abitato dove il dissesto idrogeologico risulta in una fase molto avanzata e diffusa ed assume configurazioni molto caratteristiche.

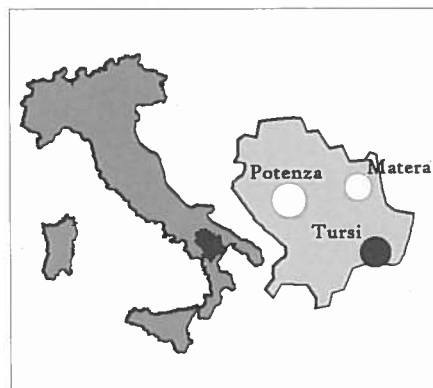
L'abitato di Tursi in provincia di Matera rappresenta nell'insieme un geosito di alta valenza perché costituisce un concreto esempio di insediamento reso suggestivo sia dall'evoluzione morfogenetica dei versanti, sia da un insieme architettonico stratificatosi nel tempo, che trova il più rilevante significato nella Rabatana, antico borgo arabo del IX secolo, dove il paesaggio as-

sume aspetti assimilabili a quelli che caratterizzano le Meteore della Grecia centrale e le aree erose della Cappadocia turca.

Dalla ricerca realizzata è emerso che un mancato intervento finalizzato alla mitigazione degli effetti dell'erosione sui versanti ed al risanamento statico delle strutture porterebbe ad una irreversibile perdita di questo patrimonio.

Viceversa interventi ben programmati nel tempo e nello spazio consentirebbero non solo di salvare e tutelare questa importante testimonianza storica, ma apporterebbero una significativa ricaduta economica in un'area della costa ionica lucana in via di concreto sviluppo. Tale obiettivo si è posto l'Amministrazione Comunale di Tursi, promuovendo idonee iniziative di studio e di intervento.

In questo ambito è stato realizzato un prodotto multimediale destinato al grande pubblico e finalizzato sia a fornire delle immagini suggestive, a valenza didattica, di alcuni importanti fenomeni morfogenetici, sia a sensibilizzare l'opinione pubblica sulla necessità culturale ed economica di salva-



Tav 1. - Ubicazione geografica.



Fig. 1 - Successione sabbiosa a valle della Rabatana, con evidenti tracce di erosione eolica.



Fig. 2 - Veduta dall'alto del territorio di Tursi intaccato da frane ed erosione diffusa.



Fig. 3 - Panoramica della Rabatana intaccata alla base da manifestazioni franose e calanchive.

guardare un patrimonio di grande importanza sociale.

CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE DEL TERRITORIO

Dagli studi ad oggi condotti è emerso che l'abitato di Tursi, ubicato in provincia di Matera (tav. 1), lungo il margine orientale delle coltri alloctone appenniniche, costituite dalle successioni sommitali delle Unità Lagonegresi (Flysch Galestrino e Flysch Rosso), è fondato quasi per intero su un complesso sabbioso calabriano di frequente intaccato dalla tettonica recente (fig. 1).

Le sabbie, strutturate in grossi banchi contenenti nella parte sommitale lenti ed intercalazioni conglomeratiche, siltose ed arenacee, sono caratterizzate da una limitata cementazione e sono interrotte da famiglie di giunti talora molto fitte (Pieri et alii, 1994).

La limitata resistenza all'erosione ed al taglio del complesso sabbioso, gli effetti delle pressioni interstiziali nell'ammasso e nelle fessure, gli accentuati valori di pendenza dei versanti e l'erosione sono tra le principali cause predisponenti e determinanti uno stato di evoluzione morfogenetica molto spinta e diffusa.

Tale evoluzione si manifesta tramite fenomeni di erosione areale ed incalanata e movimenti gravitativi profondi, che coinvolgono larga parte del territorio comunale (Lazzari S., 1988).

Soprattutto nei dintorni del centro storico e del Rione Rabatana, ad un fitto reticolo idrografico in erosione rimontante, controllato dal sistema di fratture e discontinuità esistenti nel complesso sabbioso, si associano balze in progressivo arretramento e sistemi calanchivi molto evoluti. L'entità del materiale eroso nel tempo può essere stimata tramite le numerose conoidi di deiezione che fiancheggiano il torrente Pescogrosso, disposto trasversalmente all'abitato.

I corpi di frana sono presenti in tutta l'area urbanizzata, anche se alcuni di essi sono stati oblitterati dall'urbanizzazione.

La maggiore concentrazione di frane si ha in destra orografica del torrente Pescogrosso, dove prevalgono ampie colate nei terreni fliocoidi. Lungo le balze si manifestano invece locali fenomeni di sfettamento e crollo (fig. 2).

Un rilevante fattore di rischio è rappresentato da un fitto sistema di cavità antropiche osservabile lungo tutti i versanti del centro storico e del rione Rabatana.

Peraltro numerosi antichi edifici poggiano sulle volte di cavità, ricavate nel tempo nelle sabbie e spesso disposte sulla medesima verticale in più livelli.

Tali cavità, generalmente prive di rive-

stimento, sono talora interessate da crolli della calotta, la cui evoluzione pone a nudo anche le fondazioni degli edifici o è causa di franamenti in massa delle pareti sabbiose e di dissesti alle strutture.

IL SISTEMA INSEDIATIVO

Dall'analisi dell'intero sistema abitativo è emerso che l'antico centro storico è stato interessato nel passato da frane che hanno danneggiato vari comparti urbani (fig. 3).

Il problema è particolarmente manifesto al rione Rabatana ed al rione Petto, per i quali è stato emesso agli inizi degli anni 70 un decreto di trasferimento.

Questi quartieri costituiscono, nel complesso, delle unità urbane di particolare pregio architettonico, storico e paesistico. In particolare il Rione Rabatana rappresenta una delle ultime testimonianze di insediamenti arabi nell'Italia meridionale.

E' emerso anche che alcuni settori urbani più recenti sono stati edificati su antichi cumuli di frana o al piede di pareti instabili.

L'importanza storica, architettonica e paesaggistica del Rione Rabatana ha suggerito di realizzare a varie riprese degli studi sulla vulnerabilità urbana, condotti attraverso la schedatura dei comparti in esso esistenti. Sono stati tra l'altro definiti per isolati il livello di degrado strutturale, il numero di abitanti rimasti, il valore venale ed il grado di interesse storico - artistico.

Per acquisire informazioni di dettaglio su ogni singolo elemento abitativo è stata elaborata un'apposita scheda, nella quale sono stati riportati elementi relativi sia ai manufatti ed alla loro consistenza, sia alla natura del terreno di fondazione ed alla configurazione statica locale.

E' stato anche calcolato, per questo antico quartiere, il valore venale di ogni singolo isolato, sulla base di valutazioni locali dell'edificato antico e di alcuni coefficienti appositamente individuati, quali ad esempio la posizione topografica, lo stato di conservazione e l'accessibilità (fig. 4).

Dall'elaborazione di tutti i dati è emerso che, ad un attuale valore venale piuttosto ridotto del patrimonio edilizio, conseguente al diffuso stato di abbandono e di degrado, fa riscontro un valore storico - artistico e paesistico complessivo non trascurabile ed incrementabile notevolmente con un adeguato intervento strutturale ed ambientale. Il che dimostra la notevole capacità produttiva di questi antichi centri urbani oggi abbandonati (tav. 2).

IL GEOSITO RABATANA ED IL PRODOTTO MULTIMEDIALE

Il quartiere della Rabatana si configura quale un sito di estrema rilevanza sotto il profilo geoambientale, paesistico ed urbanistico, nel quale varie civiltà si sono strati-

ficcate nel tempo, a partire probabilmente dalla civiltà rupestre mediterranea.

La sua posizione topografica, localizzata sul culmine di una collina è dominante rispetto ad un paesaggio verdeggiante e selvaggio, caratterizzato da aspetti contraddittori. Alle superfici collinari ben modellate che caratterizzano le unità caotiche delle coltri alloctone appenniniche, prevalenti ad ovest del centro urbano di Tursi, si contrappongono sia le aree a blocchi che configurano gli affioramenti sabbiosi calabrieri dove insiste la zona urbanizzata, sia un complesso sistema calanchivo prevalente ad est del paese.

Un paesaggio, quindi, molto vario ed in continua evoluzione, indotta da fenomeni di erosione areale ed incanalata molto evoluti e da manifestazioni franose profonde del tipo scorrimento roto - traslazionale e crollo (fig. 5).

Nel dettaglio la Rabatana è completamente circondata da balze subverticali, in cui affiorano le componenti sabbiose, argillose e conglomeratiche che mostrano frequenti variazioni di facies, stratificazioni e giaciture irregolari e famiglie molto articolate di fatturazione (fig. 6). Queste balze sono completamente intaccate sia da antiche cavità antropiche, spesso inaccessibili per successivi sfettamenti, sia da cavitazioni prodotte dall'erosione eolica.

Fanno da corona alla collina una serie di incisioni molto profonde che drenano le

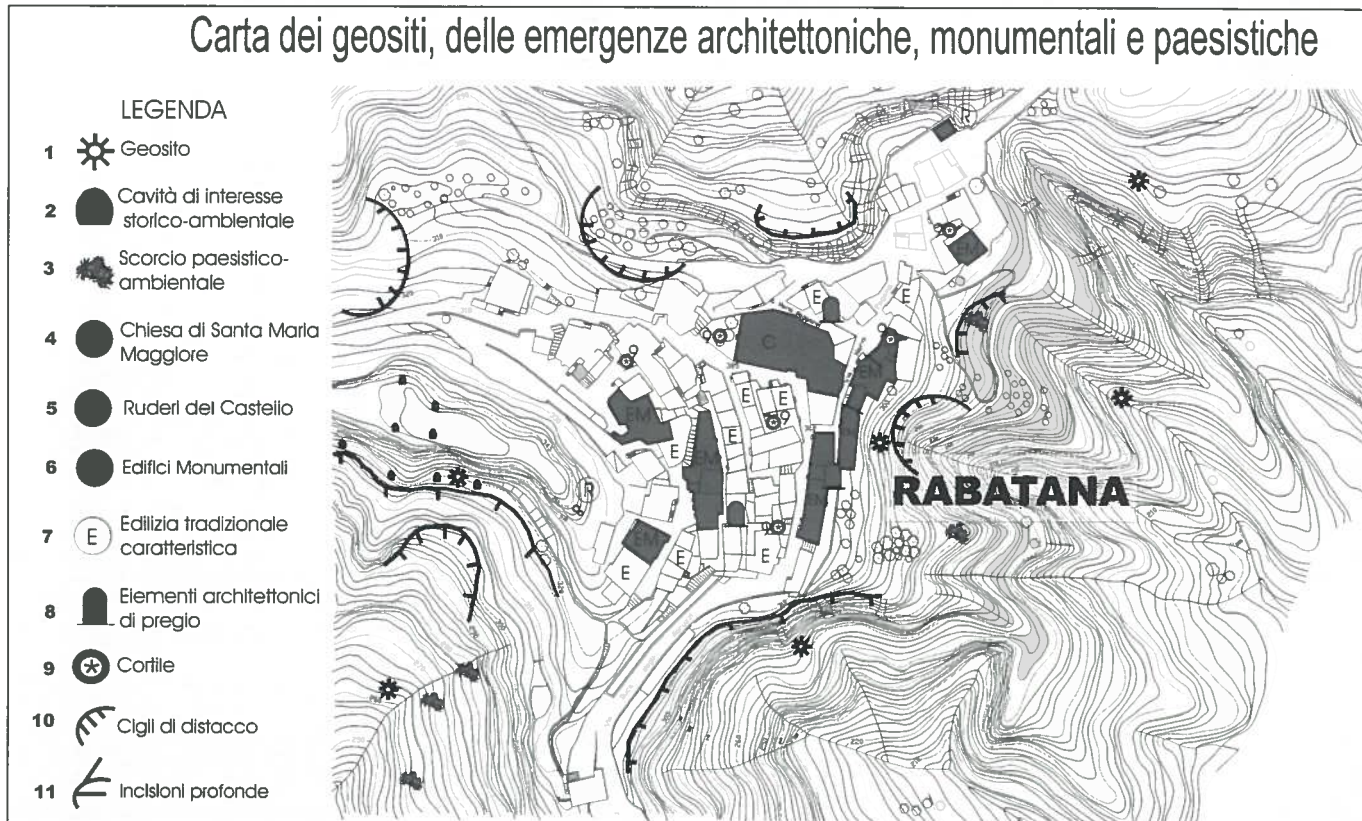


Fig. 4 - Elementi architettonici molto caratteristici interessati da fenomeni di degrado strutturale.



Fig. 5 - Fenomeni di sfettamento e di erosione lungo un'incisione ubicata a valle del quartiere.

Tav. 2 - Carta dei geositi, delle emergenze architettoniche, monumentali e paesistiche. - LEGENDA: 1. Geositi; 2. Cavità di interesse storico - ambientale; 3. Scorcio paesistico-ambientale; 4. Chiesa di Santa Maria Maggiore; 5. Ruedi del castello; 6. Edifici monumentali; 7. Edilizia tradizionale caratteristica; 8. Elementi architettonici di pregio; 9. Cortile; 10. Cigli di distacco; 11. Incisioni profonde.



acque secondo un articolato sistema a raggiera.

La Rabatana costituisce nell'insieme un geosito nel quale gli aspetti geologici, geo-

morfologici, monumentali, paesaggistici ed antropici si fondono in maniera inscindibile e costituiscono un bene di rilevante interesse storico, scientifico ed economico. Essa

presenta una serie di indicatori che ne esaltano la valenza e che sono rappresentati da vari elementi quali l'interesse scientifico e naturalistico, le notevoli potenzialità didatti-



Fig. 6 - Affioramento conglomeratico - sabbioso nei pressi della Rabatana.

co - formative, le testimonianze storiche ed antropiche, le peculiarità estetiche emozionali. Un aspetto non trascurabile è rappresentato, infine, dalle notevoli potenzialità economiche in quanto il quartiere risulta essere un possibile oggetto di interesse e di flussi di tipo turistico - culturale (Brancucci e Gazzola, 2002).

E' nata da questa considerazione l'idea di realizzare un prodotto multimediale rappresentato da una videocassetta e da un Cd - Rom, indirizzati al grande pubblico e, quindi, con finalità cognitive e didattiche.

Le tecniche di elaborazione hanno avuto una finalità di sperimentazione e rappresentano un nuovo modello di proposta inerente problemi geoambientali molto complessi che, con opportuni ed avanzati mezzi informatici, possono essere compresi anche dal pubblico non esperto in materia.

L'insieme musica - immagini - simulazioni virtuali che il settore informatico di CEDAT EUROPA ha realizzato, ha permesso di rendere culturalmente rilevanti delle tematiche scientifiche piuttosto complicate che attengono all'evoluzione territoriale ed ambientale, diffusamente presenti in questo importante patrimonio urbano ed antropologico della Rabatana. Il quartiere rappresenta peraltro un vero e proprio laboratorio a cielo aperto.

Nella realizzazione di questo prodotto si

è dato molto rilievo alla sceneggiatura, che ha avuto come sfondo e come storia gli aspetti geologici ed urbanistici fortemente condizionati dalla morfogenesi e dagli aspetti vegetazionali.

Il racconto, sebbene privo di commento parlato, allude ad un territorio degradato ed abbandonato che si aspetta incisive azioni di recupero e valorizzazione.

Gli effetti emozionali sono affidati sia alle immagini, in parte statiche ed in parte dinamiche, sia alla musica digitale che conduce lo spettatore in un mondo concreto e nello stesso tempo ideale e fantastico, fonte di profonde emozioni (Bettetini G., 1984).

Le inquadrature vanno dal paesaggio della Rabatana nel suo insieme, a particolari naturalistico - ambientali ed antropici, che dimostrano una perfetta fusione tra l'uomo, l'habitat da esso creato nel corso di vari secoli e l'ambiente naturale che, nel suo complesso, è stato preservato nel corso del tempo. In questo ambito l'inserimento dei geositi rende le inquadrature suggestive e, nello stesso tempo, istruttive.

Luci, colori, simulazioni virtuali e sfumature varie, che arricchiscono le sceneggiature, sono state realizzate con schede informatiche e software avanzati ed utilizzati da mano molto esperta (fig. 7).

L'effetto finale di questo prodotto è non solo quello di lanciare un messaggio finalizzato alla tutela ed alla valorizzazione de-

gli antichi borghi appenninici che tendono via via a scomparire, pur essendo caratterizzati da aspetti urbanistici e geomorfologici di alta valenza, ma anche quello di suscitare delle emozioni attraverso immagini, suoni e colori.

BIBLIOGRAFIA

BATTISTRADA L., FELISATTI M. (1993). CORSO DI SCENEGGIATURA. SANSONI, MILANO.

BETTETINI G. (1984). LA CONVERSAZIONE AUDIOVISIVA. BOMPIANI, MILANO.

BRANCUCCI G., GAZZOLA A., (2002). GEOSITI E PERCEZIONE SOCIALE DEGLI ELEMENTI NATURALI. GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, 2, 5-8, ROMA

CALDARA M., LOIACONO F., MORLOTTI E., PIERI P & SABATO L. (1999)- I DEPOSITI PLIOPLEISTOCENICI DELLA PARTE NORD DEL BACINO DI SANT'ARCANGELO (APPENNINO LUCANO): CARATTERI GEOLOGICI E PALEOAMBIENTALI. MEM. SOC. GEOL. IT., 41, 309-410, ROMA.

CARBONE S., CATALANO S., LAZZARI S., LENTINI F & MONACO C., (1991). PRESENTAZIONE DELLA CARTA GEOLOGICA DEL BACINO DEL FIUME AGRI (BASILICATA). MEM. SOC. GEOL. IT., 47, 129-143, ROMA.

LAZZARI S., LENTINI F., (1980). CARTA GEOLOGICA DEL BACINO DELL'AGRI ALLA Scala 1:50.000. NOTE ILLUSTRATIVE DEL FOGLIO 507 PISTICCI, REGIONE BASILICATA, POTENZA.

LAZZARI S. (1988)- DISSESTO IDROGEOLOGICO DEI CENTRI URBANI ITALIANI E PIANIFICAZIONE URBANISTICA. CDV. SU "CARTOGRAFIA E MONITORAGGIO DEI MOVIMENTI FRANOSI" BOLOGNA, C.N.R.-G.Nd.C.I., 201-221, NAPOLI.

PANIZZA M., (1999). THE GEOMORPHOLOGICAL APPROACH TO LANDSCAPE ASSESSMENT. MEM. DESCR. CARTA GEOL. D'IT., LIV PP-381-383, ROMA.

PIERI P., SABATO L., LOIACONO F. & MARINO M. (1994). IL BACINO A PIGGY BACK DI SANT'ARCANGELO: EVOLUZIONE TETTONICA E SEDIMENTARIA. BOLL. SOC. GEOL. IT., 465-481, ROMA.



Fig. 7 - Caratteristica inquadratura di un geosito della Rabatana inserita nel prodotto multimediale.

IL CONTRIBUTO DELLA GEOLOGIA AMBIENTALE NELLA LANDSCAPE ECOLOGY

LUCILIA GREGORI
SILVIA RAPICETTA

DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA TERRA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PERUGIA
LUCILIA@UNIPG.IT
SILVIARAP@TISCALI.IT

Parole chiave: *geologia ambientale, paesaggio, pianificazione, geomorfosito, morfogenesi.*

Il termine Landscape Ecology (Ecologia del Paesaggio) fu coniato dal biologo-geografo tedesco E. Troll "It can be described as a marriage of geography (land and landscape) and biology (ecology)" (E. Troll, 1950).

I primi consistenti sviluppi di questa disciplina risalgono però agli anni 60/70, particolarmente in Germania, nei Paesi Bassi e nell'Europa orientale. "È una scienza ecologica e geografica, olistica e transdisciplinare" (Zev Naveh, 1992) che considera i paesaggi come entità spaziali e funzionali dello spazio naturale e culturale. "Si occupa dello studio dei fenomeni ecologici in rapporto ai cambiamenti di scala e di configurazione gerarchica e multidimensionale degli ecosistemi e quindi dello studio dei sistemi di ecosistemi, alle diverse scale spazio-temporali (Caravello et al., 1989)" (cit. in Ingegnoli, 1992).

I principali presupposti di questa disciplina sono:

- la transdisciplinarietà che supera i settorialismi delle varie scienze coinvolte nello studio del paesaggio, comprendendole ed ordinandole per raggiungere la comprensione della totalità, unitaria e differenziata, del mondo vivente (Fig. 1).

- la logica sistemica di approssimazione e di risoluzione dei problemi; essa decreta la fine degli studi descrittivi, elencativi, classificativi, statici, per approdare al livello della conoscenza "per sistemi", ovvero per insiemi di elementi interagenti, con la necessaria conoscenza qualitativa e quantitativa delle relazioni, dei processi di interazione, di scambio, di elaborazione di materia e energia, dei rapporti esterni e interni, dei meccanismi di autoregolazione e di reattività alle sollecitazioni dell'ambiente.

- la visione olistica, cioè totale e unitaria che ne fa "la più complessa e completa delle

trans-discipline" (Romani, 1992). Questa totalità investe la dimensione spaziale, attraverso la sua estensione topologica che comprende l'intera ecosfera, nonché alla dimensione temporale che ne proietta gli studi in quel "processo evolutivo integrato" che è il paesaggio nella sua piena azione dinamica e quindi "storica" (Romani, 1992).

Molti Autori attribuiscono alla L.E. un'importanza sempre maggiore a causa delle sue forti implicazioni nella società e nella scienza. Nella società, perché fornisce le basi per una corretta integrazione fra gli ecosistemi antropici e quelli naturali, permettendo così una valida pianificazione del territorio. Nella scienza, perché tale disciplina apre il fondamentale capitolo dello studio dell'eterogeneità spaziale dei sistemi ecologici, e inoltre avvia la discussione sulla definizione di paesaggio come livello specifico di organizzazione biologica che porta verso un rinnovamento teorico di tutta l'ecologia (V. Ingegnoli, 1993, 1997; S. Pignatti, 1996).

Una disciplina emergente e transdisciplinare come la Landscape Ecology necessita di contributi anche da parte delle discipline geologiche ed in particolar modo dalla geomorfologia e dalla geologia ambientale.

La geologia ambientale di norma si occupa

dei più attuali problemi ed emergenze ambientali come quelli inerenti la dinamica fluviale, la tutela degli acquiferi, i movimenti gravitativi a varia scala, lo smaltimento dei rifiuti, i problemi di restauro, ripristino e recupero del territorio, ecc.

Nella Landscape Ecology fin'ora il contributo delle Scienze della Terra è stato piuttosto marginale o non tenuto in giusta considerazione.

Il paesaggio nella sua visione olistica deve comprendere anche il sistema delle "componenti abiotiche" come elementi basilari per una valutazione integrata dello sviluppo, evoluzione e differenziazione degli ecosistemi.

La comprensione e risoluzione di tali problemi attraverso la conoscenza delle caratteristiche e dei processi morfogenetici del territorio rende il contributo di tale disciplina indispensabile per la gestione e la tutela del paesaggio stesso.

Pertanto l'apporto costruttivo delle discipline geologiche ambientali ed in particolare della geomorfologia è fondamentale.

Diversi Autori parlano di una funzione ordinatrice dello spazio importante sotto molti aspetti e vedono il significato ecologico della geomorfologia nella sua funzione di fattore regolatore per molte delle funzioni "dell'ecosistema" paesaggio.

Nei primi lavori di ecologia del paesaggio sono stati spesso cartografati i morfotipi, completati con l'ausilio di ulteriori informazioni sui contenuti, e quindi denominati fisiotopi o ecotopi (Finke L., 1986).

Nell'ecologia del paesaggio e più in generale nelle strategie di pianificazione, particolare importanza ha assunto il concetto di "corridoio" ed in particolar modo quello di "corridoio fluviale", come una delle componenti fondamentali delle reti ecologiche e come area strategica ai fini di una

ALGUNI AMBITI DISCIPLINARI CONSIDERATI NELLA LANDSCAPE ECOLOGY



Fig. 1

corretta gestione e pianificazione territoriale.

Le reti ecologiche sono reti continue di unità ecosistemiche naturali o paraturali in grado di svolgere ruoli funzionali necessari ad un sistema complesso, utili nel mantenere un corretto assetto ecosistemico del territorio all'interno di un quadro di sviluppo sostenibile.

Sono strutture lineari e continue del paesaggio e rappresentano l'elemento strategico in grado di permettere sia la mobilità delle specie che l'interscambio genetico, e quindi indispensabili al mantenimento della biodiversità.

Il corridoio fluviale, inteso come una delle "strutture paesistiche" in ecologia del paesaggio e componente fondamentale delle reti ecologiche, è un sistema dinamico molto complesso costituito da componenti sia chimico-fisiche che biologiche, ma diverso è l'approccio da parte delle varie discipline nei confronti di tale struttura.

In particolare nella identificazione del corridoio vanno ponderate anche le caratteristiche geomorfologiche di un sistema alveo-pianura la cui estensione e forma non è mai uguale a se stessa ma diversa a luoghi e nel tempo a seconda dei processi morfogenetici ed evolutivi presenti all'interno del corridoio stesso.

Il ruolo quindi della geomorfologia nella definizione di corridoio fluviale è indispensabile per una corretta interpretazione ed univoca caratterizzazione del termine "corridoio fluviale" dal momento che tale "strumento ambientale" è utilizzato sia nella ricerca in s.s. che applicato nei progetti di pianificazione territoriale (programmazione dei PRG, uso del suolo, individuazione ed analisi della pericolosità, rischio e vulnerabilità ambientale, ecc.) e nella valutazione di uno sviluppo sostenibile identificabile sia entro i limiti che nel territorio immediatamente esterno, ma non estraneo, al corridoio.

Per il sistema alveo-pianura, la letteratura fornisce definizioni che prendono in considerazione prevalentemente le caratteristiche ecologico-naturalistiche di tali strisce di territorio, mentre è innegabile la valenza geologico-geomorfologica non solo per la definizione concettuale, ma per quella fisica necessaria al fine di conoscere i processi morfogenetici prevalenti e la loro incidenza sull'evoluzione del corridoio stesso.

Rispetto alle diverse definizioni che prendono in considerazione prevalentemente le caratteristiche ecologico-naturalistiche del corridoio fluviale, la sua definizione come "l'ecosistema contraddistinto da morfogenesi fluviale in atto" (Gregori L., Rapicetta S., 2000), permette di introdurre, in ecologia del paesaggio e nel più specifico settore di studio delle reti ecologiche, diver-

se innovazioni, come una definizione di corridoio fluviale anche in quelle zone ove, per motivi diversi, non c'è presenza di vegetazione.

Inoltre, in aree fortemente urbanizzate (agricoltura, urbanizzazione, ecc.) la larghezza del corridoio non sarà dipendente dalla pressione antropica, ma sarà questa a dover essere programmata all'esterno dei confini del corridoio stesso e quella già presente al suo interno ne sarà condizionata come destinazione d'uso sia nell'attuale che in una futura programmazione.

E' quindi intuibile quanto l'interpretazione e definizione in chiave geomorfologia del termine "corridoio fluviale" sia utile al fine di una soluzione appropriata alla domanda di sicurezza insediativa e produttiva.

Il "corridoio fluviale", identificato attraverso parametri geologico-morfologici, è uno degli strumenti forniti alla L. E. da parte del settore delle discipline geologico-ambientali in campi di ricerca applicativi e moderni.

Molto utile alla conoscenza, comprensione e salvaguardia del paesaggio è l'identificazione dei "geomorfositi": siti le cui caratteristiche ambientali nel senso più ampio del termine (geologiche, geomorfologiche, geografiche, storico-artistiche, florofaunistiche ecc.) conferiscono un carattere di "singolarità" meritevole di conoscenza, studio, tutela e fruizione di vario tipo (scientifica, turistica, eno-gastronomica ecc.).

La definizione ed identificazione dei geomorfositi (M.Panizza & S.Piacente, 2002) come elementi "singolari" del paesaggio è una delle espressioni più attuali per la L.E., in quanto contribuisce ad una più ampia visione del sistema di ecosistemi.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (1996) L'ECOLOGIA DEL PAESAGGIO IN ITALIA. A CURA DI V. INGEGNOLI E S. PIGNATTI, CITTÀ STUDI EDITORE, MILANO.
- AA.VV. (1993) PIANIFICAZIONE DELL'AMBIENTE E DEL PAESAGGIO, A CURA DI L. AILARDI E G. BELTRAME, FRANCO ANGELI / URBANISTICA, MILANO.
- AA.VV. (1998) STREAM CORRIDOR RESTORATION: PRINCIPLES, PROCESSES AND PRACTICES, (10/98). INTERAGENCY STREAM RESTORATION WORKING GROUP -15 FEDERAL AGENCIES - FISRWG.
- ALLEN T.F.H., STARR, T.B. (1982) HIERARCHY PERSPECTIVE FOR ECOLOGICAL COMPLEXITY, CHICAGO UNIVERSITY PRESS, CHICAGO.
- ALLEN T.F.H., HOEKSTRA, T.W. (1992) TOWARD A UNIFIED ECOLOGY, COLUMBIA UNIVERSITY PRESS, NEW YORK.
- BERTALANFFY VON L. (1969) GENERAL SYSTEM THEORY: FOUNDATION, DEVELOPMENTS, APPLICATIONS, BRAZILLER, NEW YORK (TRAD. ITALIANA: 1971, TEORIA GENERALE DEI SISTEMI, FONDAMENTI, SVILUPPO, APPLICAZIONI) ISEDI, MILANO.
- BERTUGLIA C.S., RABINO G.A. (1990) THE USE OF MATHEMATICAL MODELS IN THE EVALUATION OF ACTION IN URBAN PLANNING: CONCEPTUAL PREMISES AND OPERATIVE PROBLEMS, SISTEMI URBANI, 12, 121-132.
- FARINA A. (1995) ECOTONI - PATTERNS E PROCESSI AI MARGINI, COLLANA "ALLE FRONTIERE DELL'ECOLOGIA", VOL. 2, CLEUP EDITRICE, PADOVA.
- FEDERICI P.R. (1987) MOMENTI DELLA GEOMORFOLOGIA IN ASPETTI E PROBLEMI DELLA GEOGRAFIA, 2, MARZORATI, SETTIMO MILANESE.
- FINKE L. (1986) LANDSCHAFTSÖKOLOGIE, VERLAGS-GMBH HÖLLER UND ZWICK, BRAUNSCHWEIG; TRAD. IT. A CURA DI RITA COLANTO-

NIO VENTURELLI, 1993, INTRODUZIONE ALL'ECOLOGIA DEL PAESAGGIO, FRANCO ANGELI/URBANISTICA, MILANO.

FORMAN R.T.T. (1995) LAND MOSAICS. THE ECOLOGY OF LANDSCAPES AND REGIONS, HARVARD UNIVERSITY, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS.

GISOTTI G. (1997) EFFETTI DELLA CANALIZZAZIONE SULLA DINAMICA FLUVIALE E SULL'AMBIENTE ACQUATICO, IN: AA.VV., 1997, COME PROGETTARE IL PARCO FLUVIALE, MACRO EDIZIONI, CESENA (FO).

GREGORI L., MELELLI L., RAPICETTA S. (2000) PROPOSTA ED ESEMPIO DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE, ATTI DELLA 4° CONFERENZA NAZIONALE ASITA, GENOVA 3/6 OTTOBRE 2000, VOL. II.

GREGORI L., MELELLI L., RAPICETTA S. (2001) INNOVAZIONE E METODI PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE, RIVISTA GEOMEDIA, "FOTOGRAMMETRIA E TELERILEVAMENTO 5/2001" - MAGGIOLI EDITORE

GREGORI L., RAPICETTA S. (2000) DEFINIZIONE UNIVUCA DI "CORRIDOIO FLUVIALE" COME SUPPORTO ALLE DECISIONI PER LA PREVENZIONE DEI RISCHI IDROGEOLOGICI, ATTI 2° WORKSHOP PROVINCIA DI ROMA "PROGETTO TERRITORIO - APPLICAZIONE E POTENZIALITÀ DEI SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI" - ROMA, 9.11.2001

GREGORI L., RAPICETTA S. (2001) RAPPRESENTAZIONE DIVULGATIVA DI CARTOGRAFIE TEMATICHE PER LA TUTELA DEI BENI AMBIENTALI, ATTI WORKSHOP "GIS PER LA TUTELA E VALORIZZAZIONE DEI BENI AMBIENTALI E STORICO-CULTURALI", FIRENZE 25 MAGGIO 2001

GREGORI L., RAPICETTA S. (2001) CARTOGRAFIE STORICHE DI SUPPORTO ALLA PIÙ RECENTE EVOLUZIONE DEL PAESAGGIO. ATTI 5° CONFERENZA NAZIONALE ASITA - RIMINI, 9-12 OTTOBRE 2001 - VOL. II.

GREGORY S.V., SWANSON F.J., MCKEE W.A. (1991) AN ECOSYSTEM PERSPECTIVE OF RIPARIAN ZONE. BIOSCIENZE 41.

INGEGNOLI V. (1993) FONDAMENTI DI ECOLOGIA DEL PAESAGGIO. STUDIO DEI SISTEMI DI ECOSISTEMI, CITTÀ STUDI EDIZIONI, MILANO.

INGEGNOLI V. (1997) ESERCIZI DI ECOLOGIA DEL PAESAGGIO, CITTÀ STUDI EDIZIONI, MILANO.

MALCEVSKI S., BISOGNI L.G., GARIBOLDI A. (1996) RETI ECOLOGICHE ED INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO AMBIENTALE - ECOLOGICAL NETWORKS AND HABITAT RESTORATION, IL VERDE EDITORIALE, MILANO.

MCHARG I. (1969) DESIGN WITH NATURE, DOUBLEDAY & CO. INC., GARDEN CITY, NEW YORK; TRAD. IT. PROGETTARE CON LA NATURA, 1989, FRANCO MUZZIO EDITORE, PADOVA.

NAVEH Z. (1992) ECOLOGIA DEL PAESAGGIO: UNA SCIENZA TRANSDISCIPLINARE VERSO IL FUTURO, GENIO RURALE ANNO L, 5 APRILE 1992 N. 4, EDAGRICOLE, BOLOGNA.

ODUM E.P. (1983) BASIC ECOLOGY, CBS COLLEGE PUBLISHING; TRAD. IT. A CURA DI LOREDANA NOBILE, 1988, BASI DI ECOLOGIA, REVISIONE E PRESENTAZIONI DI LORETO ROSSI, PICCIN NUOVA LIBRERIA, PADOVA.

O'NEILL R.V., DEANGELIS D.L., WAIDE J.B., ALLEN T.F.H. (1986) A HIERARCHICAL RESPONSES OF ECOSYSTEMS, PRINCETON UNIVERSITY PRESS, PRINCETON.

ONETO G. (1997) MANUALE DI PIANIFICAZIONE DEL PAESAGGIO, IL SOLE 24ORE, PIROLA, MILANO.

PANIZZA M., PIACENTE S. (2002) GEOSITI NEL PAESAGGIO ITALIANO. RICERCA VALUTAZIONE E VALORIZZAZIONE. UN PROGETTO DI RICERCA PER UNA NUOVA CULTURA GEOLOGICA. GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, SIGEA (2), 3-4.

PINAY G., DÉCAMPS H., CHAUVET E., FUSTEC E. (1990) IN: NAIMAN R.J. & DÉCAMPS H., (EDS). THE ECOLOGY AND MANAGEMENT OF AQUATIC-TERRESTRIAL ECOTONES, MAB, UNESCO, PARIS, PP. 141-169.

RAPICETTA S. (2001) G.I.S. NELLA LAND SUITABILITY EVALUATION, ATTI DEL CORSO "TECNICHE GIS DI ANALISI AMBIENTALE", TERZA CONFERENZA DI MONDOGIS, ROMA 23/25 MAGGIO 2001.

RISSE P.G. (1987) LANDSCAPE ECOLOGY: STATE OF ART, IN: TURNER M.G., (ED.), LANDSCAPE HETEROGENEITY AND DISTURBANCE, SPRINGER-VERLAG, NEW YORK, PP. 3-14.

ROMANI V. (1994) IL PAESAGGIO TEORIA E PIANIFICAZIONE, FRANCO ANGELI/URBANISTICA, MILANO.

SALO J. (1990) EXTERNAL PROCESSES INFLUENCING ORIGIN AND MAINTENANCE OF INLAND WATER-LAND ECOTONES, IN: NAIMAN R.J. & DÉCAMPS H., (EDS). THE ECOLOGY AND MANAGEMENT OF AQUATIC-TERRESTRIAL ECOTONES, MAB, UNESCO, PARIS, PP. 37-64.

WISSMAR, R.C. & SWANSON, F.T. (1990) LANDSCAPE DISTURBANCE AND LOTIC ECOTONES. IN: NAIMAN, R.J. & DÉCAMPS H. (EDS.) THE ECOLOGY AND MANAGEMENT OF AQUATIC-TERRESTRIAL ECOTONES, MAB, UNESCO, PARIS, PP. 65-89.

Vorrei fare alcune considerazioni sull'argomento, traendo spunto dall'ottimo libro dei colleghi G.Brancucci e M.Burlando, "La salvaguardia del patrimonio geologico. Scelta strategica per il territorio. L'esperienza della Liguria". Edizione Franco Angeli- Milano

Ho letto attentamente il libro che, a mio parere, riveste tutti i tratti di un lavoro importante, sia per il contributo che concede alla comprensione dei problemi inerenti la salvaguardia del patrimonio geologico, sia per l'analisi e le riflessioni che consente di fare sullo stato dell'arte.

Su quest'ultimo punto vorrei soffermarmi, richiamando stralci dal libro:

Nella Prefazione, a firma del Presidente di ProGEO, dr. Wimbledon, si legge: "La storia geologica e l'evoluzione della terra non sono meno importanti della storia dell'Uomo e se è vero che la distruzione dei monumenti culturali è considerato un atto criminale contro l'Umanità (ancorché queste testimonianze della capace opera dell'uomo possono essere restaurate) è altrettanto vero che il Patrimonio Geologico è una risorsa naturale non riproducibile, per cui la perdita di ogni sua manifestazione è irreversibile e quindi risulta necessario intervenire con opportuni strumenti di tutela".

Gli autori citano, per una definizione del concetto di Patrimonio Geologico, in primis, la Convenzione sulla protezione del Patrimonio Culturale e Naturale Mondiale del 1972 adottata dall'UNESCO che, all'art.2, considera il patrimonio naturale costituito da: "i monumenti naturali, le formazioni geologiche, i siti e le zone naturali"; ricordano poi il più recente documento approvato a Digne nel 1991 (Simposio Internazionale per la protezione del Patrimonio Geologico)- dove il sopraccitato patrimonio viene definito come "l'insieme di risorse naturali non rinnovabili di valore scientifico, culturale o educativo, quali formazioni o strutture geologiche, giacimenti mineralogici ecc. che permettono di studiare e interpretare l'evoluzione della storia geologica ed i processi che l'hanno interessata".

Tralasciando altre opportune ed esaustive citazioni degli AA., mi preme ricordare che essi, nella normativa nazionale, evidenziano il R.D. 03/06/1940 n.1537 (Regolamento per l'applicazione della legge n.1497 del 29/06/1939) che all'art.9, comma primo, elenca tra le cose da proteggere (di cui all'articolo 1 della legge): "quelle conformazioni del terreno o delle acque ecc." e, ancora, al comma secondo: "le singolarità geologiche segnate di interesse scientifico".

Evidenziano, ancora, gli AA.: a) la legge n.349/86 (Istituzione del Ministero dell'Ambiente) dove proprio all'art.1, al comma secondo) si legge "E' compito del Ministero assicurare, in un quadro organico, la promozione, la conservazione ed il recupero delle condizioni ambientali conformi agli interessi fondamentali della collettività ed alla qualità della vita, nonché la conservazione e la valorizzazione del patrimonio naturale nazionale e la difesa delle risorse naturali dall'inquinamento"; b) la legge n.394/91 laddove nell'art.1 si parla di "...conservazione....di singolarità geologi-

che, di formazioni paleontologiche....di equilibri idraulici e idrogeologici.

Il panorama normativo si estende poi alle più recenti leggi regionali che pur rappresentando importanti iniziative, a mio avviso, risultano (almeno alcune di esse) piuttosto rigide ma, paradossalmente, più deboli in confronto alla stessa legge 349/86.

Infatti queste si fermano alla protezione di alcuni monumenti naturali (come in Lombardia e Sardegna) trascurando colpevolmente i siti intesi come aree che intrinsecamente comprendono, specie nel sottosuolo, risorse naturali da proteggere in maniera tassativa: mi riferisco in modo specifico (da idrogeologo) alle acque sotterranee, ma ovviamente a tante altre risorse.

Credo invece che la Regione Liguria, con la sua Legge Urbanistica n.36/97, abbia centrato il problema laddove introduce il "concetto fondativo" alla cui definizione devono contribuire le analisi conoscitive riferite, tra gli altri, anche ai caratteri fisici... nonché ai principali fattori che costituiscono gli ecosistemi ambientali locali che ne determinano la vulnerabilità e il limite di riproducibilità". Forse un'esplicitazione più pregnante, in merito alle risorse da proteggere, sarebbe stata più utile agli estensori dei progetti di ricerca, però la premessa al libro di Gabriella Minervini responsabile del Progetto Ecozero Ufficio VIA sempre della della Regione Liguria coglie molto bene gli aspetti del problema relativo alla protezione del Patrimonio Geologico laddove conclude: "La conoscenza non dell'esistenza ma della localizzazione dei geositi rappresenta quindi, insieme alla carta dei Siti di Interesse Comunitario una base fondamentale per la buona gestione del Territorio, cioè non solo la considerazione dei vincoli che possono presentare problematicità per determinati usi dell'area di interesse ma un vero e proprio passo avanti nella cultura delle gestione delle risorse tra le quali quella territoriale per la ricerca della vera vocazione d'uso attraverso i segni naturali e le impronte lasciate dalla natura stessa".

Il panorama legislativo così fin qui sintetizzato, evidenzia, a mio parere, non poche contraddizioni laddove, da un lato, la fase legislativa sembra voglia contribuire più esplicitamente a definire il Patrimonio Geologico e la conseguente sua salvaguardia. Dall'altro lato, nel momento operativo, si riscontrano difficoltà dovute a vari fattori (alla politica, ad interessi partigiani, ad una visione distorta dello sviluppo, ecc.) che finiscono per vanificare i buoni propositi, anche legiferati.

In estrema sintesi, osservando lo stato dell'arte, si ricava che lo sviluppo delle iniziative, specie quelle scientifiche, da parte degli Istituti Universitari, ma anche quelle avviate dalle Istituzioni (Ministero dell'Ambiente, Servizio Geologico Nazionale, ecc.) finalizzate alla conservazione del Patrimonio Geologico, sono limitate alla protezione dei Beni geologici intesi come Rarità Geomorfologiche se non addirittura come zone archeologiche e/o simili.

Anche a livello internazionale (ProGEO) non sembra esserci una diversa tendenza (ma potrebbe essere una mia superficiale impressione).

Con l'Esperienza di censimento in Liguria, gli AA. propongono invero uno scenario più completo e realistico in merito alle considerazioni fin qui fatte, e le stesse aree considerate, e/o i siti di cui all'appendice III chiariscono la tendenza che gli stessi intendono, lodevolmente, suggerire (vedi Cap.IV Conclusioni) per lo sviluppo di questa importante attività scientifica.

La SIGEA in questo contesto, ritengo, potrebbe/dovrebbe ricoprire un ruolo determinante e, ci si deve chiedere quindi, se non è il caso, di porre in essere iniziative tese fondamentalmente (soprattutto nell'ambito dei progetti Geositi che si propongono) alla salvaguardia di un più significativo Patrimonio Geologico laddove questo risulta essere, almeno per l'Italia, di caratteristiche tali (stante la particolare conformazione del nostro territorio) che la salvaguardia di un Sito (Geotopo) non può prescindere dal contesto che lo circonda.

Se ad esempio, si vuole tutelare una sorgente storica di particolare significato idrogeologico (ancorché non esiste un caso concreto di sorgente censita) non avrebbe senso circoscrivere quel Geosito in ambito puntiforme, in quanto la sua visibilità rappresenta solo la fase ultima di un fenomeno più generale, e quindi sarebbe necessario, per contro, un coinvolgimento territoriale più esteso, così che si riesca a valutare e dimensionare il suo circuito sotterraneo, le sue caratteristiche idrodinamiche, ecc. In altri termini per Geosito, in questo caso, ma anche in quasi tutte le circostanze, non può che intendersi un territorio arealmente significativo.

Si possono, invero, fare tanti altri esempi che possono quindi innescare una discussione complessa e forse fuorviante in merito a ciò che realmente si vuole considerare GEOSITO/GEOTOPO, ma forse questo è il vero problema da risolvere.

Mi domando e chiedo ai più esperti studiosi della materia: non è forse il Geosito l'elemento fondante di un Patrimonio Geologico più generale (Digne 1991) e quindi non merita maggiore attenzione il suo lato applicativo in senso appunto più esteso ?

Sembra fin troppo ovvio, a questo punto, considerare forse "provocatorie" le osservazioni fatte traendo spunto dal Libro di G.B. e M.B. ma lo scopo è stato, oltre che evidenziare il meritevole lavoro degli AA., anche quello di fornire un piccolo contributo teso a ravvivare/ammorbidire l'annosa polemica che investe il campo della Geologia, la quale, nonostante i grandi passi compiuti, non è riuscita a districarsi del tutto tra atteggiamenti di conservatorismo naturalistico "tout court", di scienza applicata (alle volte selvaggiamente e disinvoltamente) all'ingegneria, e, per fortuna sempre più spesso, di grande attenzione al rinnovamento verso una Geologia moderna vista come scienza e cultura del progresso.

L'auspicio, quindi, è per una più significativa conservazione del Patrimonio Geologico talché si possa dire che la protezione dello stesso non è da ricondurre solo all'attenzione per le Rarità Naturali, bensì è da individuare nelle peculiarità geologiche che interessano tutto intrinsecamente l'ambiente che viviamo.

FIRENZE, 30 MAGGIO 2003

AULA MAGNA DELL'ISTITUTO AGRONOMO PER L'OLTREMARE VIA COCCHI, 2 FIRENZE

SEMINARIO

"APPLICAZIONI GIS PER LA DIFESA DEL SUOLO"

La Sigea, nell'ambito delle proprie attività di divulgazione e formazione, organizza periodicamente incontri, seminari, giornate di studio e convegni con i maggiori esponenti del mondo professionale, accademico ed istituzionale invitandoli al dibattito.

Per l'anno 2003, in occasione dell'Assemblea Annuale dei Soci, la Sigea Toscana intende promuovere il tema della Difesa del Suolo sulla scia dell'interesse dimostrato all'interno dell'Associazione. Per questo motivo propone un confronto attraverso un Seminario di Studi, unendo all'interesse per il tema della Difesa del Suolo la propria competenza nel settore dei Sistemi Informativi Geografici.

Al dibattito sono stati infatti invitati i rappresentanti delle diverse categorie coinvolte e gli enti che producono tecnologia GIS in Italia, per presentare le più recenti innovazioni ed applicazioni. Gli interventi del Seminario saranno in seguito pubblicati sul sito <http://www.sigea.org/toscana.htm>.

I lavori del Seminario saranno seguiti nel Pomeriggio - dalle 15,00 alle 18,00 - dalla Assemblea Annuale dei Soci Sigea per l'anno 2003.

La mattina di Sabato 31 maggio sarà effettuata una Escursione, con visita guidata a cura del CAI (Club Alpino Italiano), ai dissesti verificatisi nell'area dell'Appennino Pistoiese.

Con il Patrocinio di:

Ordine dei Geologi della Toscana
ASITA Federazione delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali

Segreteria Organizzativa

Anna Canessa e Niccolò Dainelli
Sigea Toscana -Via Zobi, 2 Firenze
Tel. 055 599825 - 335 8448115
mail: toscana@sigea.org

Per la partecipazione al Seminario di venerdì 30 maggio, ed eventualmente all'Escursione di sabato 31 maggio, è richiesta una registrazione preliminare che potrà essere fatta via mail entro e non oltre il 15 maggio indicando: nome e cognome, numero telefonico ed indirizzo mail.

PROGRAMMA

Giuseppe Gisotti, Presidente della Sigea:
Introduzione al Seminario e apertura dei lavori.

Niccolò Dainelli, Referente della Sigea Toscana:
Obiettivi del Seminario.

Tommaso Franci, Assessore Regionale all'Ambiente:
Relazione sullo Stato del Suolo in Toscana e livello di aggiornamento della relativa Cartografia Tematica Regionale.

Mario Gomarasca, Presidente della Asita (Federazione delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali):
Sviluppi recenti delle applicazioni GIS nel settore della Difesa del Suolo. Impegno delle varie associazioni.

Paolo Gasparri, Dipartimento per Servizi Tecnici Nazionali - APAT:
Contributo per l'analisi delle competenze amministrative e tecniche in materia di acque.

Sandro Moretti, Docente all'Università di Firenze:
Attività di ricerca nel settore delle applicazioni GIS per la Difesa del Suolo nelle varie università italiane e gruppi di ricerca.

Marcello Pagliai, Direttore dell'Istituto Sperimentale per la Difesa del Suolo:
Sviluppo di Modelli e Standard per la Conservazione del Suolo sviluppati attraverso tecniche GIS.

Giovanni Menduni, Segretario Generale dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno:
Aggiornamenti del quadro normativo in merito alla Pianificazione del Territorio e alla Difesa del Suolo, anche attraverso gli strumenti GIS, in seguito ai recenti eventi calamitosi in Italia.

Maria Teresa Fagioli, Vicepresidente Consiglio dell'Ordine dei Geologi della Toscana:
Riqualficazione ed auto-aggiornamento dei professionisti in materia di GIS; esperienza dell'Ordine Regionale dei Geologi nella formazione continua e nella diffusione dell'uso di tecnologie innovative.

Gerardo Nollodi, Vicepresidente del Consiglio Nazionale dei Geologi:
Fruibilità delle nuove tecnologie da parte dei professionisti e riqualficazione del geologo, anche alla luce dei nuovi percorsi universitari e delle competenze attribuite dal DPR 328/2001.

Dibattito conclusivo.

Per le Università, gli Studi Professionali ed i vari operatori del settore sarà attiva una SESSIONE POSTER; l'accesso a tale sessione potrà essere prenotato via e-mail indicando: titolo del poster, nome dell'ente che espone, numero telefonico e indirizzo mail del responsabile.

Gli Autori dovranno inviare alla Segreteria Organizzativa, su supporto informatico (Floppy disk, CD) o come allegato E-mail entro il 15 maggio 2003, un riassunto del poster che intendono presentare (dimensioni max 200 kb comprese le figure).

CORSO DI AGGIORNAMENTO PROFESSIONALE

GESTIONE DEI GEOSITI ITALIANI

Con l'adesione di: Consiglio Nazionale dei Geologi - ProGEO Italia (European Association for the Conservation of the Geological Heritage) - FIDAF (Federazione Italiana Dottori in Agraria e Forestali) - AIAPP (Associazione Italiana di Architettura del Paesaggio) - FEDAP (Federazione delle Associazioni Professionali per l'Ambiente e il Paesaggio)

Programma:

MERCOLEDÌ 4 GIUGNO

9.00-10.00: Apertura Segreteria e consegna dispense. Presentazione del Corso (Giuseppe Gisotti, Presidente SIGEA)
10.00-11.30: Individuazione e gestione dei geositi italiani nel quadro europeo (Francesco Zarlenga, Presidente ProGEO)
11.30-13.20: I geositi, ponte concettuale tra bene culturale e geodiversità (Sandra Piacente, Università di Modena)

15.00 - 17.00: Comunicazione e valorizzazione a scala locale delle risorse a carattere geologico.
(Giancarlo Poli, Regione Emilia-Romagna e Monica Bini, Università Bologna,)
17.00 - 19.00: Gestione e pianificazione della risorsa geositi in Sardegna (Felice Di Gregorio, Università di Cagliari)

GIOVEDÌ 5 GIUGNO

9.00-11.00: La raccolta dei dati: dalla "scheda di rilevamento" al data base
(Miriam D'Andrea, Servizio Geologico Nazionale)
11.00-13.00: La struttura dei data base "SCHEDE" e del database territoriale "GEOSITI"
(Gerardo Brancucci, Università di Genova)

15.00-17.00: Geoturismo ed itinerari geologici: situazione italiana (Raniero Massoli-Novelli, Coordinatore Gruppo Geositi SIGEA)
17.00-19.00: Esperienze di geoturismo in Friuli-Venezia Giulia (Alessandro De Lotto, libero professionista)

Direzione Scientifica: prof. R. Massoli-Novelli

Sede del corso: Roma, Via Livorno, 6 (traversa di Via Po) presso FIDAF. Autobus dalla Stazione Termini: n. 86 - 92 - 360.

La conoscenza del patrimonio naturale (Natural Heritage) e in particolare di quello geologico rappresenta, a livello mondiale, nazionale e locale, uno strumento di fondamentale importanza nelle scelte di pianificazione, nella protezione della natura, nella ricerca scientifica e nelle attività di educazione ambientale. Poiché i geositi (o geotopi o monumenti geologici) rappresentano l'elemento centrale del patrimonio geologico, si ritiene che la conoscenza organica della presenza di tali beni sul territorio, della loro potenzialità (geoturismo, sentieri ed itinerari geologici) ma anche della loro vulnerabilità, possa costituire un valido supporto per le attività di pianificazione e di programmazione che le Amministrazioni pubbliche devono avviare o perfezionare per adeguare i propri strumenti urbanistici e per azioni di tutela a

livello nazionale. Pertanto al presente corso sono interessati sia i pubblici dipendenti che i liberi professionisti.

Segreteria organizzativa : Italdidacta, Via Giacomo Delitala, 54, 00173 ROMA. Tel/fax 0775/577100, E-mail : didacta@flashnet.it. Alla Segreteria organizzativa vanno inviate le domande di iscrizione e le quote di partecipazione. Per esigenze didattiche ed organizzative il numero degli iscritti non potrà essere superiore a 40. Le dispense e l'attestato di partecipazione saranno consegnati durante il corso.

Quota di iscrizione : euro 170 + IVA ; (per i soci SIGEA euro 145 + IVA).

La quota comprende le dispense del Corso.

Modalità di pagamento:

bonifico su c/c n. 2852/80 cod. ABI 6175, cod. CAB 5063, CARIGE, Agenzia 513, Roma;

o assegno bancario o circolare non trasferibile;

o vaglia postale: a favore di Italdidacta srl, Via Giacomo Delitala, 54 Roma.

Per informazioni: Segreteria organizzativa Italdidacta: tel/fax . 0775/577100, e-mail: didacta@flashnet.it, oppure SIGEA: tel. 06/5943344, e-mail : info@sigea.org

Scheda di iscrizione

per il corso "Gestione dei Geositi italiani", Roma, 4-5 giugno 2003.

Il/la sottoscritto/a
Luogo e data di nascita
Ente/Professione
Titolo di studio.....
Anno di conseguimento.....
Indirizzo.....
.....
Tel.....Fax.....
E-mail.....
Cod. Fiscale.....Partita IVA.....
Indirizzo fiscale
Socio SIGEA (si o no).....
Ha versato la quota di iscrizione di:
euro 170 + IVA = (non socio SIGEA).....
euro 145 + IVA = (socio SIGEA).....
A mezzo: Bonifico Bancario..... Assegno Bancario.....Vaglia postale.....Altro.....
(allegare attestato del versamento)
Luogo e data.....
Firma.....



Società Italiana di Geologia Ambientale

Casella Postale 15244 (00143) ROMA

Tel. 06.5943344; fax 06.8845960

E-mail: info@sigea.org

<http://www.sigea.org>

La SIGEA è un'associazione culturale, senza fini di lucro, per la promozione del ruolo delle Scienze della Terra nella protezione della salute e nella sicurezza dell'uomo, nella salvaguardia della qualità dell'ambiente naturale ed antropizzato e nell'utilizzazione più responsabile del territorio e delle sue risorse.

Tale associazione è aperta non solo ai geologi, bensì a tutte le persone che hanno interesse alla tutela dell'ambiente. La SIGEA è stata costituita nel maggio 1992 a Roma da 19 Soci fondatori (geologi, ingegneri, architetti, geografi) esperti o cultori di Geologia Ambientale. L'associazione ha lo scopo di favorire il progresso, la valorizzazione e la diffusione della Geologia Ambientale e di stimolare il coordinamento e la collaborazione interdisciplinare nelle attività conoscitive ed applicative rivolte alla tutela ambientale. Pertanto essa opera nei settori dell'educazione e divulgazione, della formazione professionale, della ricerca applicata e in altri settori correlati con le suddette finalità, organizzando corsi, convegni, escursioni di studio, interventi sui mezzi di comunicazione di massa.

Possono far parte della SIGEA, in qualità di soci, persone fisiche o persone giuridiche.

I soci appartengono a vari Enti, come Servizi Tecnici Nazionali, ENEA, CNR, Università, Regioni, Province, Comuni, Ministeri, Presidi Multizonali di Prevenzione, ANPA, ANAS, Autorità di Bacino, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, INAIL, ISPESL, Società private o sono liberi professionisti.

La SIGEA, col suo gruppo di lavoro sui Geositi ed aree protette, ha organizzato il 2° Symposium internazionale sui geotopi tenutosi a Roma nel maggio 1996 e altri Convegni sul ruolo della geologia nella protezione della natura; inoltre collabora con l'associazione internazionale ProGEO per svolgere studi, censimenti e valorizzazione dei geotopi. Col gruppo di lavoro sulla Divulgazione e formazione organizza corsi di aggiornamento professionale o di divulgazione su varie tematiche geoambientali, quali smaltimento dei rifiuti, bonifica siti industriali dismessi, studi d'impatto ambientale, rischi geologici, geositi, ecc.; inoltre rende disponibili per i soci audiovisivi, pubblicazioni, dispense dei corsi SIGEA. L'Associazione interviene sui mezzi di comunicazione di massa facendo sentire il suo parere sui problemi attuali che coinvolgono l'ambiente geologico (dissesto idrogeologico e difesa del suolo, smaltimento rifiuti, pianificazione territoriale, tutela risorse geologiche, ecc.). La SIGEA pubblica il periodico trimestrale "Geologia dell'Ambiente", in cui si trattano argomenti tecnico-scientifici, che viene inviato a tutti i soci e a numerosi enti pubblici e privati.

Consiglio Direttivo: *Francesco Biondi*, geopedologo (Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante, Roma); *Giancarlo Bortolami*, docente universitario (Università di Torino); *Gerardo Brancucci*, docente universitario (Università di Genova); *Aldo Brondi*, geologo (Roma); *Walter Catalani*, geologo (Rete Ferroviaria Italiana SpA, Roma), Tesoriere; *Luigi De Filippis*, geologo, docente Scuola Media Superiore, (Tivoli-RM), Segretario; *Antonio Fiore*, geologo libero professionista (Bari); *Giuseppe Gisotti*, geologo e forestale, Presidente; *Giancarlo Guado*, idrogeologo, libero professionista (Salice Terme - PV); *Gioacchino Lena*, geologo, ricercatore CNR-IRPI (Cerisano - CS); *Raniero Massoli Novelli*, docente universitario (Roma), Vice Presidente; *Giulio Pazzagli*, geologo, libero professionista (Roma); *Ferdinando Petrone*, geologo, membro del Consiglio Nazionale dei Geologi (Roma); *Aleandro Tinelli*, ingegnere, naturalista, (Presidenza della Repubblica, Tenuta di Castelporziano, Roma); *Francesco Zarlenga*, geologo (ENEA, Roma).

Revisori dei Conti: *Filippo Alessi*, dottore in legge (Ministero Affari Esteri - Dir. Gen. Cooperazione allo Sviluppo, Roma); *Marzia Petralia*, geologo, libero professionista (Riposto-CT)