

Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale - APS



1/2022

ISSN 1591-5352

Poste Italiane S.p.a. - Spedizione in Abbonamento Postale - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n° 46) art. 1 comma 1 - DCB Roma





CALENDARIO EVENTI

22 novembre 2021 - 11 aprile 2022

Ottaviano Rotaryclub

Ciascuno misuri il peso dell'orma del proprio passo sulla terra

Sostenibilità ambientale Agenda 2030 Sustainable development goals

22 novembre 2021 - ore 19.30

Presentazione ciclo di webinar Ciascuno misuri il peso dell'orma del proprio passo sulla terra.

1 dicembre 2021 - ore 19.30

Tema: Il pianeta Terra. Aria, Acqua, Suolo. L'acqua fonte di vita.

15 dicembre 2021 - ore 19.30

Tema: I diritti umani Uguaglianza di genere, pari opportunità

11 gennaio 2022 - ore 19.30

Crisi climatica, crisi sociale.

27 gennaio 2022 - ore 19.30

Conservazione e valorizzazione del patrimonio culturale, paesaggistico e museale.

10 febbraio 2022 - ore 19.30

Boschi e aree boscate in Italia. Tra nuove emergenze e tutela.

28 febbraio 2022 - ore 19.30

Ambiente e benessere psicofisico, malattie e prevenzione

14 marzo 2022 - ore 19.30

Industrializzazione equa, responsabile e sostenibile. Modelli di produzione sostenibili.

28 marzo 2022 - ore 19.30

Sicurezza alimentare e agricoltura sostenibile.

11 aprile 2022 - ore 19.30

Città sostenibili e rigenerazione urbana.

Interverranno agli incontri accademici, amministratori, professionisti, scrittori, giornalisti, cultori dei temi trattati.

Promotori del ciclo di webinar e segreteria organizzativa **Nunzia Ragosta** e **Antonello Fiore**.

Evento promosso dal Rotary club OTTAVIANO con

RC Acerra Casalnuovo A. Montano-RC Caserta Reggia-E-club of Vesuvio-RC Ercolano Centenario-RC Isola di Procida-RC Marigliano Adrianea-RC Napoli Angioino-RC Napoli Castel dell'Ovo-RC Napoli Parthenope-RC Napoli Posillipo-RC Nola Pomigliano d'Arco-RC Pompei-RC Pompei Villa Dei Misteri-RC Torre Annunziata Oplonti-RC Torre Del Greco Comuni Vesuviani-Rotaract Ottaviano

Società Italiana di Geologia Ambientale - APS

Associazione di protezione ambientale a carattere nazionale riconosciuta dal Ministero dell'ambiente, della tutela del territorio e del mare con D.M. 24/5/2007 e con successivo D.M. 11/10/2017

PRESIDENTE
Antonello Fiore

CONSIGLIO DIRETTIVO NAZIONALE

Lorenzo Cadrobbi, Franco D'Anastasio (*Segretario*),
Daria Duranti (*Tesoriere*), Iliaria Falconi,
Antonello Fiore (*Presidente*), Sara Frumento,
Fabio Garbin, Enrico Gennari, Giuseppe Gisotti
(*Presidente onorario*), Luciano Masciocco, Fabio Oliva,
Michele Orifici (*Vicepresidente*), Vincent Ottaviani
(*Vicepresidente*), Paola Pino d'Astore, Livia Soliani

Geologia dell'Ambiente
Periodico trimestrale della SIGEA - APS

N. 1/2022
Anno XXX • gennaio-marzo 2022

Iscritto al Registro Nazionale della Stampa n. 06352
Autorizzazione del Tribunale di Roma n. 229
del 31 maggio 1994

DIRETTORE RESPONSABILE
Giuseppe Gisotti

VICE DIRETTORE RESPONSABILE
Eugenio Di Loreto

COMITATO SCIENTIFICO
Mario Bentivenga, Aldino Bondesan, Giovanni Bruno,
Francesco Cancellieri, Rachele Castro, Maria Di Nezza,
Massimiliano Fazzini, Giuseppe Gisotti,
Giancarlo Guado, Endro Martini, Luciano Masciocco,
Davide Mastroianni, Mario Parise, Giacomo Prosser,
Giuseppe Spilotto, Vito Uricchio, Gianluca Valensise

COMITATO DI REDAZIONE
Fatima Alagna, Giorgio Boccalaro, Valeria De Gennaro,
Eugenio Di Loreto, Sara Frumento, Fabio Garbin,
Michele Orifici, Vincent Ottaviani, Maurizio Scardella

REDAZIONE
Sigea c/o Fidaf - Via Livenza, 6 00198 Roma
tel. 06 5943344
info@sigeaweb.it

PROCEDURA PER L'ACCETTAZIONE DEGLI ARTICOLI

I lavori sottomessi alla rivista dell'Associazione,
dopo che sia stata verificata la loro pertinenza
con i temi di interesse della Rivista, saranno
sottoposti ad un giudizio di uno o più referees

UFFICIO GRAFICO
Pino Zarbo (Frailerighe Book Farm)
www.frailerighe.it

PUBBLICITÀ
SIGEA - APS

STAMPA
Industria grafica Sagraf Srl, Capurso (BA)

La quota di iscrizione alla SIGEA-APS per il 2022
è di € 30 e da diritto a ricevere la rivista
"Geologia dell'Ambiente".

Per ulteriori informazioni consulta il sito web
all'indirizzo www.sigeaweb.it

Sommario

Editoriale

ANTONELLO FIORE 2

Recenti risultati sulla ricerca di tracce di fenomeni glaciali
sull'edificio vulcanico etneo

PIETRO CARVENI 3

Alcune considerazioni geo-idro-climatiche sulla regione
di Aleppo (Siria settentrionale) con riferimento
all'insediamento di Ebla

FRANCESCO ZARLENGA 7

Osservazioni di C.A.T.A.P. sul ddl Legge di Bilancio 2022
(Atto Senato n. 2448)

SERGIO MALCEVSCI 17

Divulgazione delle scienze geologiche attraverso i geositi:
l'esempio del progetto "Geoscuola" in Basilicata

SALVATORE LUCENTE, MARIO BENTIVENGA,
VALENTINA CANTARELLI, GIACOMO PROSSER,
GIOVANNA RIZZO, GIOVANNI SOLDI,
IVAN GIULIO BAGGI, GIAMMARCO GUIDETTI 21

Una nuova immagine della Terra:
il paradigma della "Zona Critica" tra geologia e filosofia

ENRICO COMES 29



A questo numero è allegato il supplemento digitale
Geologia nel bicchiere a cura di Eugenio Di Loreto,
Francesco Stragapede e Federico Toffoletto,
scaricabile all'indirizzo web

www.sigeaweb.it/supplementi.html

In copertina: Un momento dell'eruzione, nel mese di ottobre 2021, del Cumbre Vieja, complesso vulcanico situato sull'isola La Palma, nell'arcipelago spagnolo delle Isole Canarie (ph. M. Bartolomé)



1992-2022. Sono passati 30 anni da quando 19 amici di estrazione culturale e lavorativa differente, guidati da Giuseppe Gisotti, decidono di creare un'associazione scientifica e culturale che dovrà affrontare in ambito nazionale la promozione della cultura geologica. Nasce così la Società Italiana di Geologia Ambientale, in breve SIGEA, un'associazione che rompe gli schemi tradizionali dell'associazionismo di settore e opera in un circuito ampio con accademici, ricercatori di enti pubblici, professionisti e società civile. Il logo semplice nei colori che richiamano le componenti ambientali, si presenta dinamico nelle forme che stilizzano una duna, dove s'incontrano e scontrano due elementi dell'ambiente, quello abiotico e quello biotico. Un gruppo di accademici, professionisti, funzionari pubblici che si confrontano e dialogano per la promozione del ruolo delle Scienze della Terra, come recita lo Statuto, con l'obiettivo di tutelare la salute e la sicurezza del territorio, ponendo l'attenzione sulle componenti ambientali per conservare le loro quantità e qualità attraverso l'utilizzazione più responsabile del territorio e delle sue risorse, contrapponendosi al loro sfruttamento.

Negli anni più volte lo Statuto è stato adeguato in base alle nuove esigenze normative e organizzative e lo scorso anno il cambio è stato rilevante inserendo la SIGEA nel solco delle associazioni di promozione sociale (APS), conservando e anche consolidando lo spirito interdisciplinare di confronto e dialogo che ci ha contraddistinto in questi 30 anni di associazionismo, espresso con numerosi eventi e con le nostre pubblicazioni, in particolare con la rivista trimestrale «Geologia dell'Ambiente».

Nel corso del 2021 sono ripresi gli eventi in presenza, ai quali abbiamo associato anche eventi online cercando sempre più di migliorare la qualità della diffusione. È stato un anno, il 2021, du-

rante il quale abbiamo voluto celebrare i 700 anni della morte di Dante Alighieri con un ciclo di seminari online curati da Francesco Stragapede e che ha visto la conclusione con un evento in presenza organizzato a Firenze, in collaborazione con il Consiglio Nazionale dei Geologi, nella prestigiosa sala Pegaso della Regione Toscana. Nello stesso anno abbiamo completato il ciclo di convegni dedicati alla «Geologia e Storia», organizzati con l'ISPRA e la Società Geografica Italiana, e iniziato un nuovo ciclo di altri 6 eventi. Del primo ciclo grazie al lavoro di Stefania Nisio sono stati pubblicati gli atti.

Come abbiamo più volte detto, per noi i gruppi e le sezioni regionali rivestono un ruolo fondamentale nel promuovere il dibattito nell'ambito delle specificità locali, senza trascurare il confronto delle esperienze nazionali; così alle nuove 4 sezioni costituite nel 2020, nel corso del 2021 si sono aggiunte le sezioni Lombardia e Basilicata alle quali va il nostro sostegno per un proficuo lavoro di approfondimento e condivisione dei temi legati alla tutela dell'ambiente.

Nel corso del 2021 abbiamo assegnato per la prima volta il premio SIGEA-APS «*Savanguardia dell'ambiente naturale e antropizzato, gestione responsabile del territorio e delle sue risorse e prevenzione e mitigazione dei pericoli naturali*».

Il premio è stato assegnato a Gianluca Valensise (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) per il suo costante impegno nella ricerca scientifica e nella divulgazione della stessa, favorendo nel vasto pubblico la comprensione degli aspetti del rischio sismico che talora risultano di difficile comprensione, e a Silvia Paparella (general manager di REMTECH Expo) per la sua capacità e costanza nel promuovere la diffusione delle tematiche ambientali, andando oltre i singoli aspetti e riuscendo a declinare la tutela dell'ambiente con un approccio olistico sia per gli aspetti naturalistici sia per la tecnologia innovativa.

Al finire dello scorso anno abbiamo pubblicato, in collaborazione con l'As-

sociazione Vittime Universitarie Sisma (AVUS) «6 aprile 2009», il volume liberamente scaricabile online dal sito web della SIGEA-APS, *Considerazioni geologiche, economiche e sociali nella gestione e prevenzione del rischio sismico. L'esperienza del premio «AVUS 6 APRILE 2009*, che riguarda il terremoto in Abruzzo. Il volume, che si è pregiato della prefazione di Erasmo D'Angelis, ha lo scopo di promuovere il concorso organizzato dall'AVUS che in questi anni ha premiato le tesi di laurea, di giovani laureati degli atenei italiani, su argomenti di carattere applicativo relativi ai temi del terremoto, della pericolosità sismica del territorio e della riduzione del rischio sismico.

Stiamo organizzando, nel corso del 2022, eventi nelle diverse regioni italiane per far conoscere questa pregevole iniziativa spinti dalla convinzione che è utile ricordare la fragilità del nostro Paese non solo all'indomani di un evento sismico drammatico. La pericolosità dei terremoti, del dissesto geo-idrologico, delle attività vulcaniche è dovuta alla natura geologica dell'Italia, ma il rischio è associato alla scelta di dove e come abbiamo costruito.

Riteniamo, come ricordano i curatori del volume Eugenio Di Loreto e Michele Orifici, che il rigore delle conoscenze scientifiche e delle buone regole sono gli strumenti indispensabili per impedire che un territorio già fragile per conformazione geomorfologica e sismica, come quello della nostra penisola, continui a causare catastrofi prevalentemente per incuria e sottovalutazione delle caratteristiche territoriali.

Infine mi preme ricordare il primo ed efficace progetto per festeggiare i 30 anni del nostro sodalizio che rappresenta anche la novità editoriale della SIGEA-APS, la collana «Monografie di Geologia Ambientale», anche essa disponibile liberamente online sul nostro sito web.

Il primo numero, a cura di Daniele Baldi e Vito F. Uricchio, dal titolo *Le bonifiche ambientali nell'ambito della transizione ecologica*, dopo la presentazione istituzionale in Senato sarà promosso nelle diverse realtà regionali.

Recenti risultati sulla ricerca di tracce di fenomeni glaciali sull'edificio vulcanico etneo

Pietro Carveni
Geologo
E-mail: pietro_carveni@yahoo.it

Recent results about glacial phenomena traces researches on Etna volcano building

Parole chiave: Etna, valli glaciali, depositi morenici
Keywords: Etna volcano, glacier valleys, moraines

PREMESSA

L'estensione dei ghiacciai che nel Pleistocene superiore hanno interessato le catene montuose che circondano il Mare Mediterraneo è stata irrilevante rispetto a quella dei ghiacciai alpini, in quanto si è trattato di ghiacciai con carattere marginale e discontinuo; ciò malgrado, l'identificazione della loro ubicazione, tramite il riconoscimento di morfologie di origine glaciale o di depositi morenici, riveste una grande importanza dal punto di vista paleo-climatico.

La ricerca di tali tracce è stata indirizzata verso l'edificio vulcanico etneo, che, con la sua altezza di circa 3.340 metri, è la montagna più alta della zona circum-mediterranea. Esso è uno strato-vulcano complesso, risultante dalla sovrapposizione di diversi edifici vulcanici, i quali hanno subito profondi smantellamenti da parte degli agenti esogeni, specialmente durante i lunghi periodi di quiescenza intervallati ai periodi di attività vulcanica.

Il basamento su cui poggia l'edificio vulcanico è formato da rocce in parte alloctone, di età compresa tra il Cretaceo e il Pleistocene (Romano *et al.*, 1978; Branca *et al.*, 2011, 2015 e relative bibliografie).

L'inizio dell'attività vulcanica nella zona etnea, circa 500.000 anni fa, è stata caratterizzata da eruzioni fissurali submarine, che hanno portato alla formazione di edifici poco rilevanti (Romano, 1982); in seguito l'attività è divenuta subaerea, e sono stati edificati imponenti strato-vulcani (Romano, 1982), culminanti, nel Pleistocene superiore terminale, con l'Ellittico, il quale superava la quota di 3.700 metri (Kieffer, 1985).

Nel corso dell'Ultimo Massimo Glaciale (25.000 – 14.000 anni b.p.) alla latitudine dell'Etna il limite delle nevi persistenti si trovava intorno a quota 2.500 metri (Palmentola *et al.*, 1990), o tra 2.500 e 2.200 metri (Neri *et al.*,

1994; Neri *et al.*, 1995; Neri, 2002); ne deriva che la porzione sommitale dell'edificio vulcanico si è trovata, per diverse migliaia di anni, in condizioni climatiche favorevoli allo sviluppo di ghiacciai, seppure di modeste dimensioni.

L'attività finale dell'Ellittico fu caratterizzata da una serie di violente eruzioni esplosive, che causarono la demolizione della porzione sommitale del vulcano, per quasi 1.000 metri di altezza, e la conseguente formazione di una caldera, il cui orlo, attualmente in parte sepolto, è riconoscibile sull'alto versante settentrionale dell'edificio vulcanico, in corrispondenza di Pizzo Lucia e dei Pizzi Deneri (Fig. 1: D); detto orlo trancia la parte più alta di una serie di valli con profilo trasversale a "U"; in seguito

all'interno della caldera l'attività eruttiva riprese con la formazione del Mongibello Recente (Romano, 1982).

I versanti che scendono verso NW da Punta Lucia e verso NE dai Pizzi Deneri e dalla Serra delle Concazze (orlo settentrionale della Valle del Bove) sono i residui dell'edificio dell'Ellittico (Kieffer, 1985; Ferlito & Cristofolini, 1989; Coltelli *et al.*, 1994); poiché queste zone si trovano a quote tali da poter essere state interessate da eventuali coperture glaciali, su di esse si sono concentrate le nostre prime ricerche (Figg. 1 e 2). Altri limitati affioramenti di vulcaniti preesistenti e/o contemporanee all'Ultimo Massimo Glaciale sono ubicati in altri settori dell'edificio etneo (Romano *et al.*, 1978; Branca *et al.*, 2011, 2015).

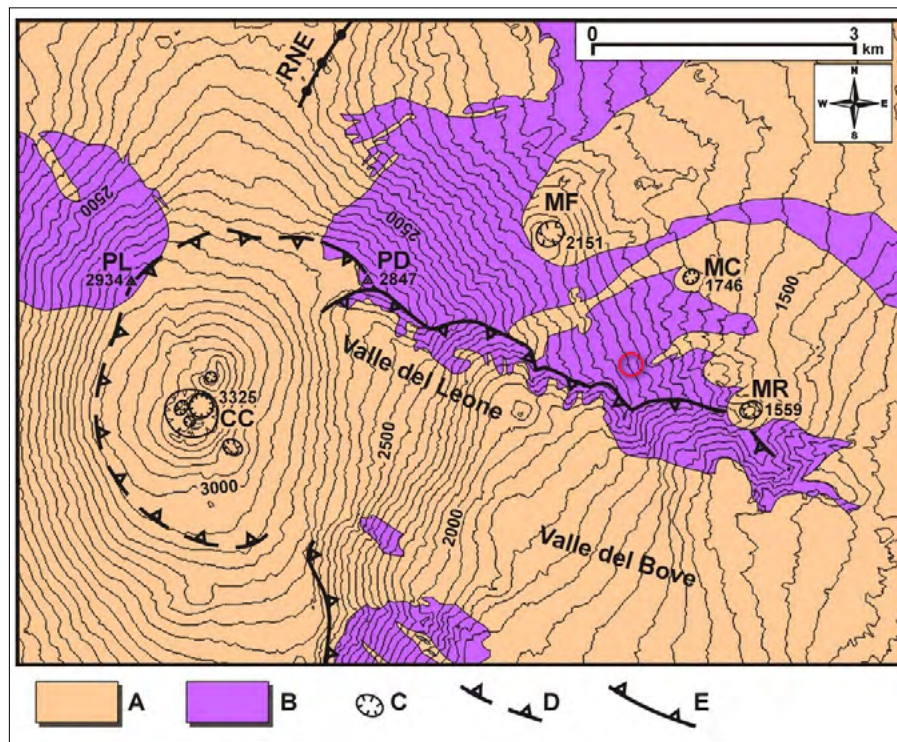


Figura 1. Schema geologico della zona sommitale e dell'alto versante nord-orientale dell'edificio vulcanico etneo: A) Vulcaniti posteriori all'Ultimo Massimo Glaciale; B) Vulcaniti precedenti e/o contemporanee all'Ultimo Massimo Glaciale; C) orli craterici; D) orlo sepolto della caldera dell'Ellittico; E) orlo della Valle del Bove. Località: CC) Cratere Centrale; MC) Monte Concazza; MF) Monte Frumento delle Concazze; MR) Monte Rinato; PD) Pizzi Deneri; PL) Punta Lucia. Il cerchio rosso indica l'ubicazione della prima valle con profilo trasversale a U individuata (da Carveni *et al.*, 2009)

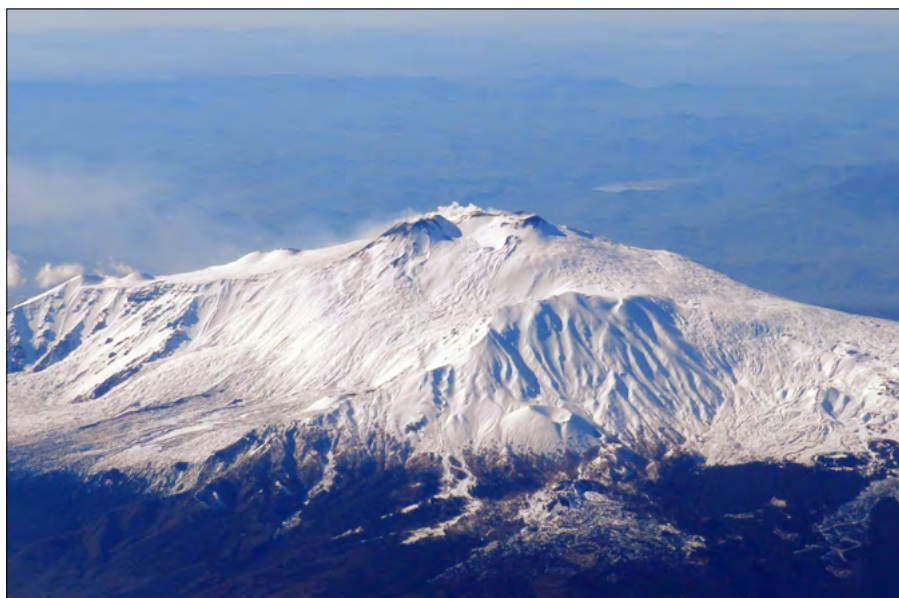


Figura 2. Fotografia aerea della parte nord-orientale dell'Etna: sul versante più acclive, nella parte centrale dell'immagine, affiorano prodotti eruttivi dell'Ellittico; il versante è limitato nella parte alta dall'orlo della Caldera dell'Ellittico, e sulla sinistra, più in basso, dall'orlo della Valle del Bove, la quale è visibile nella zona più a sinistra della fotografia

EVIDENZE MORFOLOGICHE NELLA ZONA DI SERRA DELLE CONCAZZE - CONTRADA SERRACOZZO

Sul versante che scende dalla Serra delle Concazze verso NE affiorano in larga misura vulcaniti facenti parte dell'originario edificio vulcanico dell'Ellittico; sono prodotti eruttivi precedenti e/o contemporanei all'Ultimo Massimo Glaciale, quindi possono essere stati interessati dal passaggio di lingue glaciali. È stata segnalata una valle con sezione trasversale a U (Fig. 3), attribuibile all'azione di una lingua glaciale, (Carveni

et al., 2007; Carveni & Benfatto, 2008; Carveni *et al.*, 2009; 2012; Carveni, 2016; Carveni *et al.*, 2016; 2017). La morfoscultura si estende da quota 2000 a quota 1500, con larghezza massima di 15 metri e profondità di 7 metri; verso monte essa è obliterata da materiali detritici, mentre verso valle è troncata da una scarpata di probabile origine tettonica, o collegabile a fenomeni di erosione regressiva del ciclo idrologico attuale. La ricerca di depositi morenici collegabili a questa morfoscultura ha dato sinora risultati negativi, attribuibili, a nostro avviso, alla folta copertura boschiva del versante e agli spessi depositi piroclastici ed epiclastici, dovuti



Figura 3. Valle con profilo trasversale a U, impostata su vulcaniti dell'Ellittico, affioranti sul versante che scende dalla Serra delle Concazze (orlo settentrionale della Valle del Bove) verso NE (ubicazione nella fig. 1); il fondo della valle è temporaneamente in parte ricoperto da depositi piroclastici e/o epiclastici

alla particolare attività che caratterizza l'Etna in questi ultimi anni.

Altre valli con ipotizzabile sezione trasversale a U che incidono lo stesso versante, sono quasi completamente riempite da prodotti piroclastici e/o epiclastici (Fig. 4), a causa delle frequenti eruzioni caratterizzate dall'emissione di materiale piroclastico che a volte e a luoghi forma coperture di spessore metrico.

EVIDENZE MORFOLOGICHE DEL VERSANTE NORD-ORIENTALE DEI PIZZI DENERI

Anche sul versante che scende dai Pizzi Deneri verso NE sono esposte ampie porzioni dell'antico edificio dell'Ellittico, in parte coperte da prodotti eruttivi più recenti. Morfologicamente si distingue una zona più alta, fortemente acclive (interessata da un reticolo idrografico troncato nel segmento più settentrionale dall'orlo della Caldera dell'Ellittico e più a meridione dall'orlo della Valle del Bove), e da una zona più a valle con pendenze minori.

Nella zona meno acclive, a settentrione dell'allineamento dei coni piroclastici di Monte Frumento delle Concazze - Monte Zappinazzo - Monte Baracca, su un interfluvio che separa due ruscelli attivi solo in occasione di forti precipitazioni meteoriche, si trovano tre *pietre-cannone* (particolari forme di fossilizzazione arborea, per la cui genesi si rimanda a Bullard, 1978, pagg. 367-370), adagiate al suolo e in parte ricoperte da terriccio.

Si tratta di tre distinti corpi rocciosi, allineati in direzione W-E, per una lunghezza complessiva di 15 metri; l'esemplare che si trova in posizione intermedia è ben esposto (Fig. 5); esso ha una circonferenza massima di poco inferiore a 4 metri, una cavità con diametro di circa 50 centimetri, e uno spessore medio della parete di 40 centimetri. La massa rocciosa si presenta criptocristallina, con fenomeni di esfoliazione, attribuibili ad alterazione causata da termoclastismo e crioclastismo. Gli altri due corpi rocciosi sono parzialmente sepolti, ma se ne distingue chiaramente la forma. Nell'insieme, le tre *pietre-cannone* e il materiale terroso che le ingloba formano un piccolo rilievo, lambito a settentrione e a meridione da due ruscelli, attivi durante il periodo del disgelo primaverile o in occasione di intense precipitazioni.

Carveni *et al.* (2018) hanno avanzato l'ipotesi che queste *pietre-cannone* (ed altre che verranno descritte in seguito)



Figura 4. Valle con presumibile profilo trasversale a U, quasi completamente riempita da piroclastiti ed epiclastiti che ne obliterano la forma (alto versante di Contrada Serracozzo)



Figura 5. Una delle tre pietre-cannone giacenti nei pressi di Monte Corvo, allo sbocco di una valle dal profilo trasversale a U, e poggiante su colate laviche emesse precedentemente all'Ultimo Massimo Glaciale

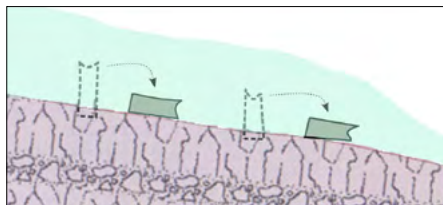


Figura 6. L'esarazione esercitata da una lingua glaciale trasporta le pietre-cannone (da Carveni et al., 2018)

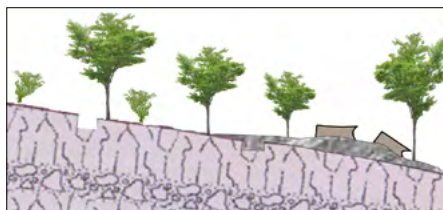


Figura 7. Le pietre-cannone, abbandonate dalla lingua glaciale, giacciono con altri materiali morenici (da Carveni et al., 2018)

siano a tutti gli effetti porzioni di depositi morenici (Figg. 6 e 7).

Poche centinaia di metri più a valle il corso d'acqua più meridionale affluisce nel Vallone Quarantore, lungo il cui corso le rocce vulcaniche affioranti mostrano chiare striature attribuibili a fenomeni di esarazione glaciale (Fig. 8).

DEPOSITI MORENICI NELLA ZONA DEI MONTI NESPOLE

Sul versante occidentale dell'Etna, nella radura ubicata a meridione della sella che separa i due edifici piroclastici dei Monti Nespole, si trovano due *pietre-cannone*, in parte sepolte da terriccio. La prima giace in direzione ENE-WSW,

con l'apertura verso WSW (Fig 9); la cavità, ispezionabile fino alla profondità di 3,5 metri va assottigliandosi, suggerendo che l'apertura corrisponda alla parte più bassa del tronco; il diametro dell'apertura è di 0,55 metri, e lo spessore della parete varia da un massimo di 35 a un minimo di 10 centimetri.

La seconda è quasi completamente sepolta; essa giace in direzione E-W, con l'apertura verso occidente; ha una lunghezza di 1,50 metri, con diametro apprezzabile dell'apertura di 55 centimetri.

Entrambe le *pietre-cannone* poggiano su "lave difficilmente delimitabili a morfologia superficiale degradata" (Romano et al., 1978) attribuite al periodo di passaggio dal Mongibello Antico al Mongibello Recente, emesse nel corso dell'Ultimo Massimo Glaciale; si può quindi ipotizzare che siano state trasportate da una lingua glaciale, e costituiscano parte di un deposito morenico.

CONCLUSIONI

In precedenti indagini indirizzate alla ricerca di tracce di fenomeni glaciali sui fianchi dell'Ellittico sono state trovate valli dal profilo trasversale a "U"; un ampliamento della zona dei rilievi ha permesso di individuare un deposito di tipo morenico, costituito prevalentemente da tre *pietre-cannone* deposte alla base del versante che scende dai Pizzi Deneri, il quale è inciso da numerose valli a sezione trasversale a "U".

L'attribuzione di questi materiali all'esarazione da parte di una lingua glaciale ci sembra indiscutibile, in quanto non si conosce un altro agente dell'erosione capace di una simile azione.

Inoltre, il ritrovamento di rocce laviche interessate da striature lungo l'alveo del Vallone Quarantore è un'ulteriore prova della presenza di lingue glaciali durante l'Ultimo Massimo Glaciale nella zona etnea.

Le due *pietre-cannone* affioranti nella zona dei Monti Nespole, e poggianti su lave risalenti al periodo di passaggio dal Mongibello Antico al Mongibello Recente, testimoniano la presenza di depositi morenici anche sul versante occidentale etneo.

Si propone di dichiarare geomorfositi di interesse nazionale la descritta valle con profilo trasversale a "U", l'accumulo presumibilmente morenico che ingloba le *pietre-cannone* ubicato nei pressi di Monte Corvo e quello che ingloba le *pietre-cannone* dei Monti Nespole, nonché il tratto del Vallone Quarantore interessato dalle striature di chiara origine glaciale.



Figura 8. Striature attribuibili a esarazione glaciale lungo il Vallone Quarantore



Figura 9. Una delle pietre-cannone ubicate a meridione dei Monti Nespole

BIBLIOGRAFIA

BRANCA S., COLTELLI M. & GROPELLI G. (2015), *Carta geologica del Vulcano Etna, scala 1:50.000*. Mem. Descr. Carta Geol. D'Italia, 98, 292 pp.

BRANCA S., COLTELLI M., GROPELLI G. & LENTINI F. (2011), *Geological Map of Etna Volcano, 1:50,000 scale*. INGV, ISPRA, CNR, Università di Catania.

BULLARD F.M. (1978), *I vulcani della Terra*, Newton Compton, 636 pp.

CARVENI P. (2016), *L'edificio vulcanico etneo: un laboratorio geomorfologico alla portata di tutti*. Geologia dell'Ambiente, Atti del Convegno Nazionale "Geositi, Geomorfositi e Geoarcheositi, patrimonio geologico-ambientale del Mediterraneo", Portopalo di Capo Passero, Siracusa, 3-4 settembre 2015, 9-13.

CARVENI P. & BENFATTO S. (2008), *First finding of glacial morphology on Mt. Etna volcano*. Tethys to Mediterranean: a journey of geological discovery, Abstract boock, 29-30.

CARVENI P., BENFATTO S. & IMPOSA S. (2009), *A possible glacial morphology on Mt. Etna volcano (Sicily). Une probable morphologie glaciaire sur l'Etna*. Colloque International de Geomorphologie: Géomorphosite 2009, Imagerie, inventaire, mise en valeur et vulgarization du patrimoine géomorphologique. Université Paris-Sorbonne, 10-12 juin 2009, 46.

CARVENI P., BENFATTO S., IMPOSA S. & MELE G. (2012), *Proposal of a geomorphosite for a small glacial valley on the northeastern flank of the Mount Etna volcano (Sicily)*. Géomorphosite 2009, Imagerie, inventaire, mise en valeur et vulgarization du patrimoine géomorphologique, Vol. Actes, 50-54.

CARVENI P., BENFATTO S. & SALLES PUNTILLO M. (2007), *First finding of glacial morphology on Mt. Etna volcano north-eastern flank (Sicily)*. Geoitalia 2007, Epitome, 2, pag. 279, doi: 10.1474/Epitome.02.0986. Geoitalia 2007.

CARVENI P., BENFATTO S. & SALLES PUNTILLO M. (2017), *Valli glaciali e depositi*

morenici: nuovi input per la valorizzazione geo-turistica dell'edificio vulcanico etneo. 6° Congresso Nazionale Geologia e Turismo, vol. programma e abstract, 2 pagg.

- CARVENI P., BENFATTO S. & SALLES PUNTILLO M. (2018), *Valli glaciali e depositi morenici: nuovi input per la valorizzazione geo-turistica dell'edificio vulcanico etneo*, in ALDIGHERI B., CAFFO S., LAZZARI M., PAGANONI A., PIGNONE M., SALERNO G. & TESTA B. (Eds.): *Percorsi multidisciplinari di conoscenza e fruizione turistica del patrimonio geologico italiano*, Quaderni di Geodinamica Alpina e Quaternaria, 12, 11-15.
- CARVENI P., NERI M., BENFATTO S., LEONARDI A. & SALLES PUNTILLO M. (2016), *Importanza paleo-climatica delle morfologie glaciali riscontrate sul versante nord-orientale dell'edificio vulcanico etneo*. Geologia dell'Ambiente, Convegno Nazionale "Geositi, geomorfositi e geoarcheositi, patrimonio geologico-ambientale del Mediterraneo", Portopalo di Capo Passero (SR), 4-5 settembre 2015, 24-28.
- COLTELLI M., GARDUÑO V.H., NERI M., PASQUARÉ G. & POMPILIO M. (1994), *Geology of northern wall of Valle del Bove, Etna (Sicily)*. Acta Volcanologica, 5, 55-68.
- FERLITO C. & CRISTOFOLINI R. (1989), *Geologia dell'area sommitale dell'Etna*. Boll. Acc. Gioenia di Sc. Nat. Catania, 22, 357-380.
- KIEFFER G. (1985), *Evolution structural et dynamique d'un grand Vulcan poligenique: stades d'edification et d'activite actuelle de l'Etna (Sicile)*. Ann. Sci. Univ. Clermond-Ferrand, 84, 497 pp.
- NERI M. (2002), *The influence of the Pleistocene Glaciers in the morphostructural evolution of the Etna volcano (Sicily, Italy)*. Terra Glacialis, Anno V, 9-32.
- NERI M., COLTELLI M., OROMBELLI G. & PASQUARÉ G. (1994), *Ghiacciai pleistocenici dell'Etna: un problema aperto*. Istituto Lombardo Acc. Sc. Lett. (Rend. Sc.), B 128, 103-125.
- NERI M., OROMBELLI G., PASQUARÉ G. & PELFINI M. (1995), *Possible existence and extent of a Late-Pleistocene glacier on Mt. Etna*. Project Seavolc: Sea-level change and the stability and activity of coastal and island volcanoes, Commission of the European Communities, Environment programme contract EV5V-CT92-0170, Final Report, May 1995.
- PALMENTOLA G., ACQUAFREDDA P. & FIORE S. (1990), *A new correlation of the glacial moraines in the Southern Apennines, Italy*. Geomorphology, 3, 1-8.
- ROMANO R. (1982), *Succession of the volcanic activity in the etnean area*. Mem. Soc. Geol. It., 23, 27-38.
- ROMANO R., LENTINI F., STURIALE C., AMORE C., ATZORI P., CARTER S.R., CRISTOFOLINI R., DI GERONIMO I., DI GRANDE A., DUNCAN A.M., FERRARA V., GHISSETTI F., GUEST J.E., HAMILL H., PATANÈ G., PEZZINO A., PUGLISI D., SCHILIRÒ F., TORRE G. & VEZZANI L. (1978), *Carta geologica del Monte Etna, scala 1:50.000*. C.N.R., Progetto Finalizzato Geodinamica, Istituto Internazionale di Vulcanologia (Catania).

Alcune considerazioni geo-idro-climatiche sulla regione di Aleppo (Siria settentrionale) con riferimento all'insediamento di Ebla

Some geo-hydro-climatic considerations on the Aleppo region (Northern Syria) with reference to the settlement of Ebla

Parole chiave: Geoarcheologia, Ebla, Siria Settentrionale
 Keywords: Geoarchaeology, Ebla, Northern Syria

INTRODUZIONE

Nel 1982 fui associato come geologo ad una missione archeologica in Siria, organizzata dal prof. Matthiae per conto dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza", nella zona di Tell Mardik e Tell Touquan. Tell Mardik/Ebla è situata a pochi chilometri da Saraqueb e ad una sessantina da Aleppo nella Siria settentrionale. Nel corso dei sopralluoghi fu effettuato un censimento pozzi nella stretta area di indagine, una breve indagine climatica e lo scavo di una trincea nella pianura di Es Siha. Per anni non ho mai pensato di pubblicare i dati, anche perché impegnato su altri fronti lavorativi, ma con lo sviluppo recente della Geoarcheologia, ho pensato potesse essere interessante pubblicarli, anche perché supportati oggi da una notevole massa di pubblicazioni recenti.

CENNI STORICI SU EBLA

Su Ebla esistono circa 2.500 pubblicazioni (Scarpa, 2017), quelle che saranno qui utilizzate rappresentano le larghe sintesi operate dagli archeologi nel corso

degli anni (Matthiae, 1989, 1995 e 2010; Matthiae e Marchetti, 2013). Ebla ha conosciuto tre grandi periodi di sviluppo, nel Periodo Protosiriano maturo, tra il 2400 e il 2300 a.C., nel Periodo Protosiriano tardo, tra il 2200 e il 2000 a.C. e nel Periodo Paleosiriano arcaico e maturo, tra 2000 e 1600 a.C. (Tab. 1). Ognuna di queste fasi maggiori, di cui la più antica è susseguente alla formazione della città protosiriana arcaica, si conclude con una distruzione. La prima, nel 2300 a.C., fu opera di Sargon di Akkad; la seconda, verso il 2000 a.C. è da attribuire ai re della III Dinastia di Ur e agli Amorrei, che presero il potere su gran parte della Mesopotamia e della Siria. La terza, e definitiva distruzione, nel 1600 a.C., fu opera di una coalizione di Hittiti e Hurriti, con il re Mursili I e un re di Ninive, chiamato Pizikarra. Nel Periodo Protosiriano maturo Ebla era la città più importante della Siria settentrionale interna e intratteneva rapporti politici e commerciali con i paesi di Sumer e di Akkad, in particolare con le città di Kish e Ur e, probabilmente, con

l'Egitto dei Faraoni. Ebla dominava le rotte dei commerci internazionali tra Eufrate e Mediterraneo che portavano argento e legname sia verso la Mesopotamia, sia verso l'Egitto, mentre facevano affluire lapislazzuli dall'Afghanistan e importavano oro nubiano dall'Egitto. Ebla si sviluppò in pochi decenni da una potente città-stato, alla capitale di uno stato territoriale esteso in tutta la Siria settentrionale interna, compreso fra l'area a sud delle montagne del Tauro fino alla città di Homs (Fig. 1). In seguito, negli anni degli Archivi Reali, Ebla sviluppò ambizioni protoimperiali, era infatti la capitale dominante della Siria nordoccidentale durante la metà del terzo millennio a.C., governando uno stato che si estendeva fino ad Hama e Homs nel sud-ovest e fino a Carchemish sull'Eufrate nel nord-est. In questa fase combattè Mari, alleandosi con Nagar, Khamazi e Kish, ma dovette cedere a Sargon di Akkad, che stroncò il controllo di Ebla sulle rotte commerciali dalla Mesopotamia all'Egitto. Lo sviluppo di Ebla (Wilkinson *et al.*, 2014), fu fon-

Tabella 1 - Riferimenti cronologici per la storia di Ebla (Da Matthiae, 2010)

Anni a.C.	Periodo	Ebla	Siria
3.300-3.000	Protostorico	Villaggio rurale	Tardo Calcolitico
	Tardo Calcolitico		
3.000-2.350	Età del Bronzo Antico I-II-III	Sviluppo della Città	Protosiriano arcaico
2.350-2.250	Età del Bronzo Antico IVa	Città stato, Età degli archivi	Protosiriano maturo
2.250-2.000	Età del Bronzo Antico IVB	Declino di Ebla Ascesa di Urshu	Protosiriano tardo
2.000-1.800	Età del Bronzo Medio I	Rinascita della città	Paleosiriano arcaico
1.800-1.600	Età del Bronzo Medio II	Splendore dell'ultima Ebla	Paleosiriano maturo
1.600-1.200	Età del Bronzo Tardo	Abbandono e dominio Hittita	Medio siriano
1.200-535	Età del Ferro	Villaggio Rurale	Neosiriano

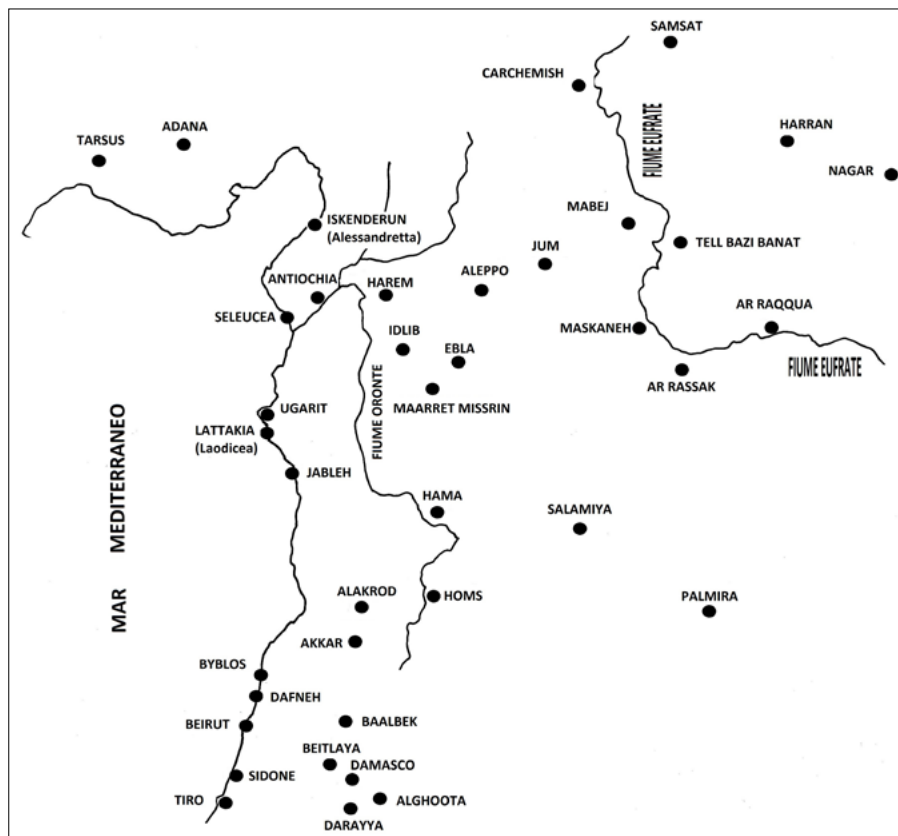


Figura 1. Localizzazione geografica di alcuni toponimi citati nel testo

dato, almeno in parte, su una economia di tipo agropastorale, associata ad una fiorente industria tessile. Dall'archivio del Palazzo G sembrerebbe che la produzione tessile fosse, almeno in parte, sotto il controllo del potere politico. Le stime del numero di ovini di proprietà di Ebla sono comprese fra 2 milioni e 670.000, ciò significa che ammettendo una disponibilità di pascolo di 4,5 ha per capo di bestiame, l'intero territorio di Ebla sarebbe stato destinato a pascolo o ad uso agricolo per la produzione di mangimi. Ammettendo un numero intermedio di capi di bestiame pari a 700.000 unità, queste avrebbero richiesto un raggio di pascolo di circa 31.500 km², approssimativamente equivalente a un cerchio con raggio di 100 km. Inoltre, i testi di Ebla indicano che grandi quantità di lana furono acquistate a Tell Bazi-Banat nel Medio Eufrate e forse vicino a Samsat a nord-est. La comparsa di tali enormi allevamenti di ovini deve aver fatto parte di un'importante trasformazione dell'antica Mesopotamia, che ha comportato un passaggio dalle fibre vegetali, in particolare il lino, alla lana per la fabbricazione di tessuti durante il terzo millennio a.C. o leggermente prima. Tuttavia, le radici di tale produzione tessile risalgono probabilmente al quinto millennio a.C., come dimostrato dall'aumento delle dimensioni dei fusi, il che suggerisce che questa transizione avvenne all'interno del Calcolitico.

Il passaggio dal lino alla lana avrebbe liberato il terreno agricolo, privilegiando colture alternative, compresa presumibilmente la coltura di cereali.

LA GEOLOGIA

L'area di Aleppo è localizzata su di un alto strutturale che verso est si estende in uno dei due sub bacini di Palmyra e di

Sinjar, che erano originariamente parte di un singolo bacino aperto ad ovest sul margine continentale Levantino, che si estendeva verso est sul margine continentale della Tetide (Brew *et al.*, 2001). L'andamento NE-SW del Bacino di Palmirya suggerisce che esso segua una linea strutturale del basamento. L'età in cui questi due bacini iniziano la subsidenza, tra l'Alto strutturale di Aleppo a nord-ovest e l'alto strutturale di Rutbah a sud est, non può essere definito accuratamente, anche se dovrebbe essersi attivato nel tardo Carbonifero. La subsidenza è stata rapida ed un orizzonte basale clastico passa verso l'alto a carbonati marini e clastici. Dal Trias iniziale e medio la sedimentazione avviene nel Bacino di Sinjar. La continuità della sedimentazione è interrotta da un periodo di uplift ed erosione tra il tardo Giurassico e il Cretacico iniziale (Aptiano/Albiano). Essa termina nel Paleogene con un'inversione che inizia all'inizio del Miocene e s'intensifica nel tardo Miocene e Pliocene con uplift, piegamenti e fagliazione, in risposta agli stress trasmessi dalla tettonica delle placche. I sedimenti Neogenici sono invece localizzati e ristretti in bacini continentali (Alsharhan. & Nairn, 2003). La geologia superficiale dell'area di Saraqueb/Aleppo è caratterizzata dalla presenza delle successioni calcaree-marnose-argillose di età paleogenica, che raggiungono notevole estensione e potenza. Più ad est affiorano manifestazioni effusive di tipo basal-

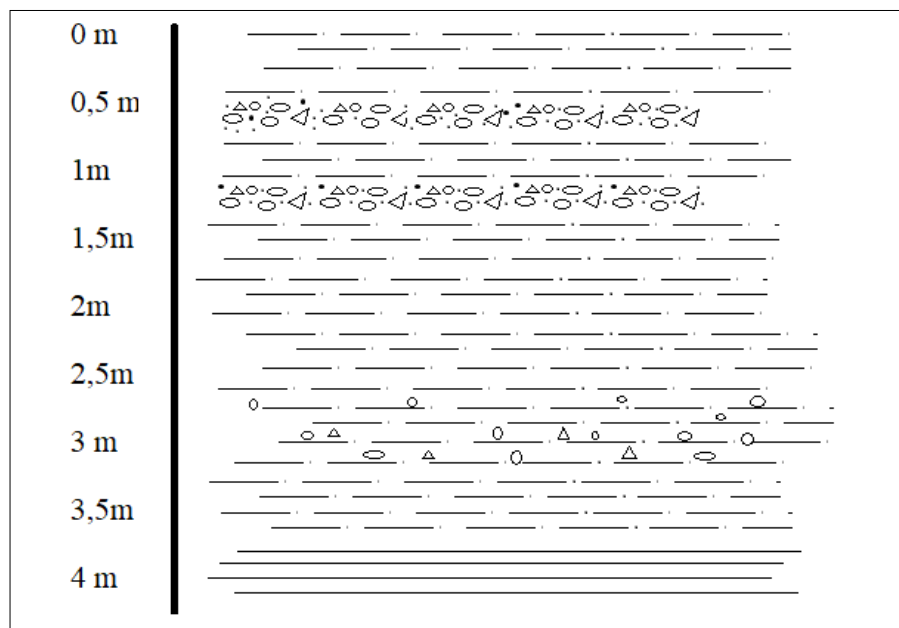


Figura 2. Stratigrafia dello scavo a mano effettuato nel Bacino di Matkba nell'area di Es Siba. Legenda: 0- 0,50 m Limi Grigi; 0,50-0,59 m ghiaie scarsamente arrotondate, anche a grossi elementi, con vasellame a bordi fluitati di età Bizantina e resti di Gasteropodi d'acqua dolce; 0,59-1,08 m Limi grigi; 1,08-1,20 m Ghiaie grossolane e vasellame fluitato di età ellenistica, dispersi nel limo; 1,20-2,60 m Limi grigi che nella porzione basale mostrano la presenza di materiale carbonioso e di acqua interstiziale; 2,60-3,10 m Limi grigi con ghiaia sottile e grossi ciottoli sparsi irregolarmente, presenza di vasellame fluitato di età del Bronzo Antico/Medio; 3,10-3,80 m Limi grigi con ghiaio e noduli di argilla gialla, fra 3,10-3,20 m lente di ciottoli grossolani; 3,80-4,00 m Argille gialline con noduli argillosi di colore ocra, inglobanti ghiaio lustrato di probabile origine eolica

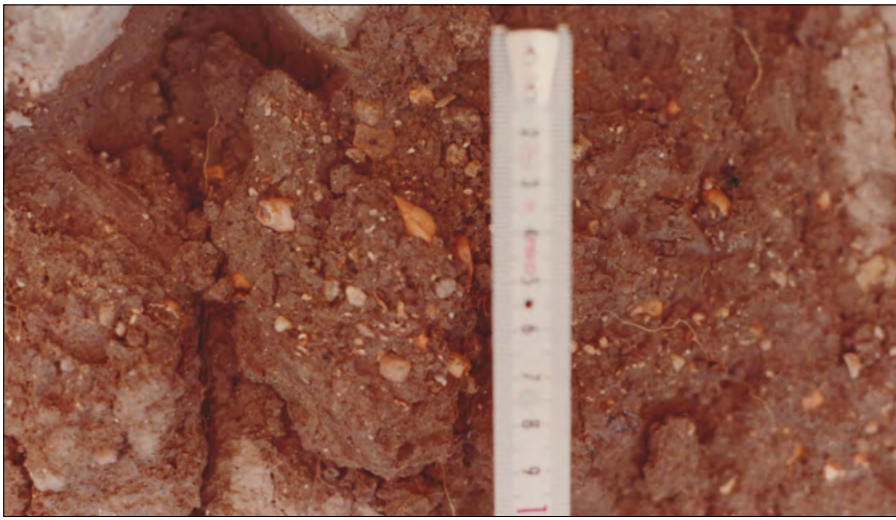


Figura 3. Livello di ghiaie con resti di molluschi d'acqua dolce e ceramica fluitata di età bizantina (Foto Zarlenga)

tico, legate alle fasi tettoniche distensive, che interessarono il bacino. In copertura si possono osservare tre unità litologiche di età quaternaria, rappresentate da "terre rosse", da depositi alluvionali e da depositi limno-palustri del Bacino di Matkh. Le terre rosse sono molto diffuse e coprono il basamento calcareo, di cui rappresentano il prodotto della dissoluzione chimica. La alluvioni, sono raccolte in modeste vallecicole (Ouari), appena accennate morfologicamente e sono rappresentate prevalentemente da ghiaie grossolane, cui, localmente, s'intercalano le terre rosse. Infine si hanno i depositi lacustri del Bacino di Matkh, localizzati probabilmente in un'area subsidente. Uno scavo a mano eseguito nel settembre del 1981, fino alla profondità di 4 metri, ha evidenziato a livello

macroscopico differenti condizioni ambientali succedutesi nel tempo, cronologicamente datate per la presenza di manufatti (Fig. 2 e 3). Il paesaggio presenta una morfologia debolmente ondulata con massima elevazione intorno ai 450 m s.l.m., digradante verso il bacino di Es Siha, dove è presente una scarpata a debole pendenza, incisa da numerosissimi Ouadi, che da 350 m s.l.m. raccorda la morfologia verso la piana, posta a 250 m s.l.m. (Fig. 4). Lo scavo eseguito nel bacino di Matkh, nell'ansa situata nei pressi di Tell Toucan e denominata Es Siha, evidenzia la presenza di un bacino da lacustre a palustre sopravvissuto fino in tempi storici in cui confluivano le acque del Fiume Nahr el-Queweiq, conosciuto anche come Belus, Chalos, o fiume di Aleppo. Il Fiume ha una lun-

ghezza di 129 chilometri, nasce nella parte meridionale dell'Aintab plateau nella Turchia sudorientale, dove è sbarcato da una diga, anche se attualmente il bacino di ritenuta da essa sotteso è praticamente secco (osservazioni dirette ed attuali in Google Earth) (Fig. 5). Oggi il fiume è nuovamente alimentato con acque prelevate dall'Eufrate, immesse nel suo corso nella parte settentrionale della città di Aleppo, consentendo lo sviluppo dell'agricoltura nella piana del bacino, che è attraversata da un fitto sistema di canalizzazioni a scopo irriguo. La depressione Matkh (Matthiae e Marchetti, 2013) si estende per circa 28 km lungo un asse Nord-Sud, rappresentando un classico bacino endoreico, dove confluiscono anche alcune ouadi stagionali. Le acque del bacino probabilmente potevano svolgere anche la funzione di ricarica degli acquiferi profondi e comunque alimentare le falde alluvionali, presenti a 35 e 15 m dal piano campagna. Dall'analisi della stratigrafia dello scavo si evidenziano fasi sedimentarie in un ambiente da palustre a lacustre per la presenza di argille e limi cui si intercalano in particolare tre fasi di trasporto solido grossolano, legate a tre episodi di intensa piovosità, la prima nel Bronzo antico/medio, coincidente col massimo splendore di Ebla, una seconda in epoca ellenistica ed infine una terza in epoca bizantina. Se si attribuisce un'età di 5.000 anni B.P. (3.000 a.C.) alle argille di base, coincidente con la fase desertica ed arida calcolata per quel periodo

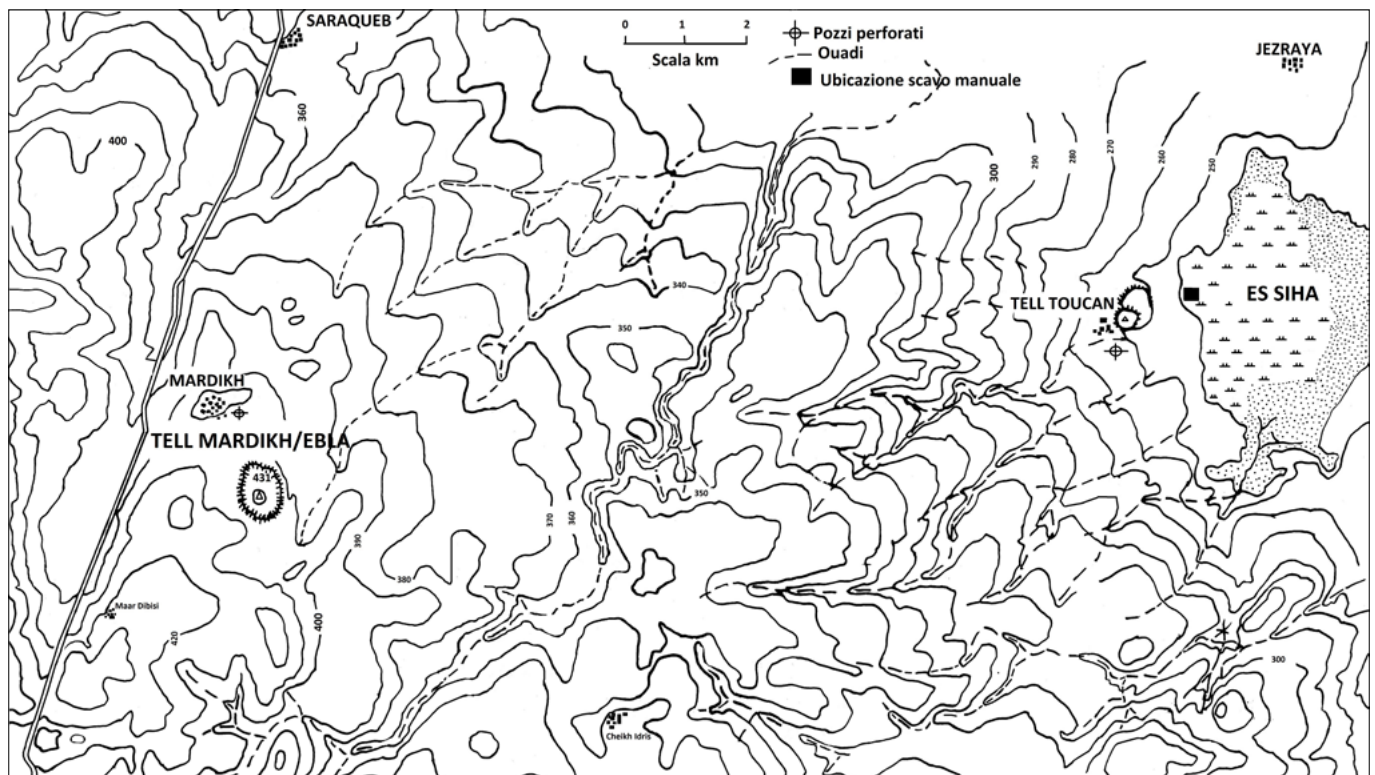


Figura 4. Carta topografica dell'area di indagine, dalla carta topografica della Siria 1:50.000, foglio Saraqueb (Ridisegnata)

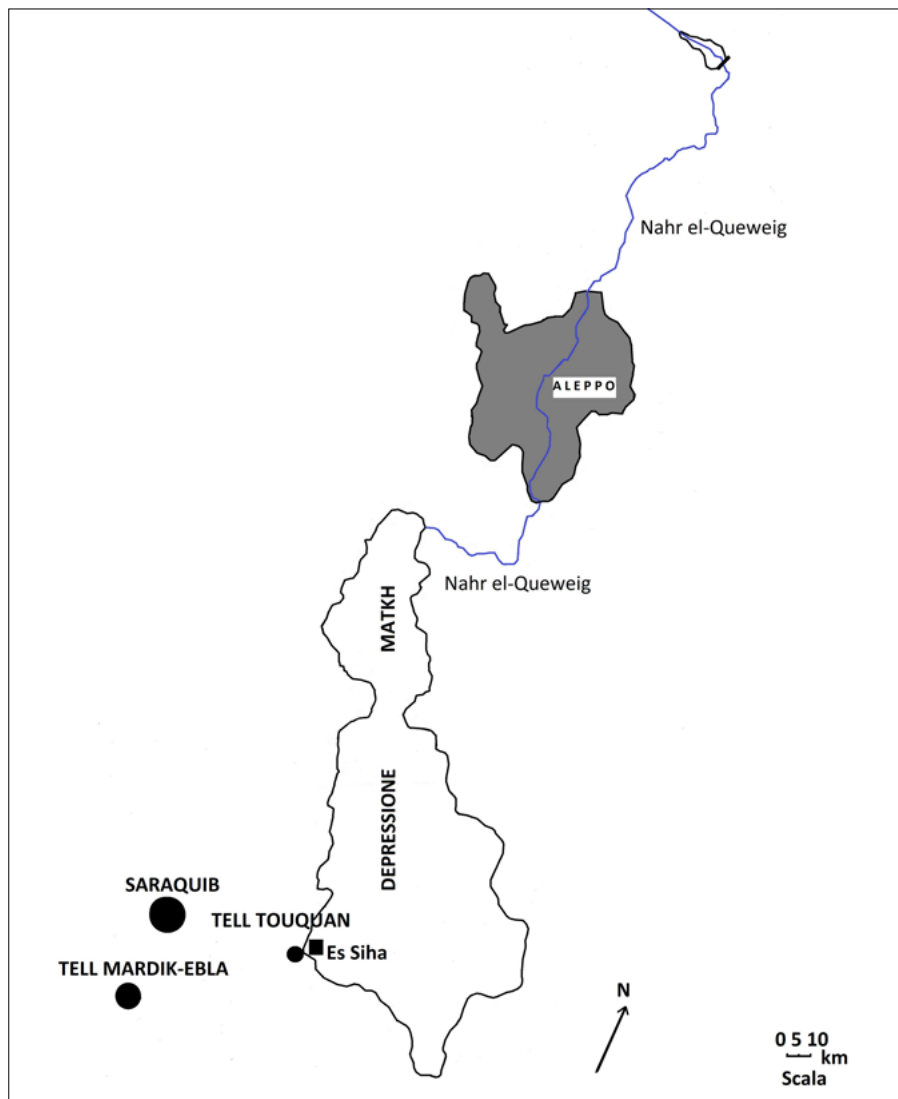


Figura 5. Il bacino di Matkh e l'ansa di El Siba (Mappa ricostruita da Google Earth), il rettangolo nero evidenzia l'area di scavo manuale

(Burstin *et al.*, 2019; Fiorentino *et al.*, 2010; Staubwasser e Weiss, 2006) è possibile calcolare il tasso di sedimentazione nel bacino, pari a 0,8 mm/anno, che potrebbe rappresentare, ipoteticamente ed in assenza di dati strutturali, anche il tasso di subsidenza del bacino stesso. Calcolando che il periodo ellenistico è compreso fra il 350 e 0 a.C., che il periodo Bizantino è compreso fra il 395 d.C. e il 1453 d.C., e che l'età del Bronzo antico/medio è compresa fra il 3000 e il 1600 a.C. è possibile stimare la cadenza di eventi piovosi con forte capacità di trasporto fluviale, che apparirebbe come all'incirca millenaria. Poiché lo scavo fu effettuato nella parte meridionale del bacino di Matkh, nell'insenatura di Es Siha, le fasi di trasporto solido grossolano devono essere attribuite agli oadi presenti nella stessa zona e non al trasporto del Fiume Nahr el-Queweiq che scaricava il suo trasporto solido 20 km più a Nord, nella zona della sua foce nel bacino. Da ciò ne consegue che le fasi di intensa piovosità si sono verificate nello stretto territorio di Ebla.

LA SISMICITÀ

La Siria è localizzata nella parte settentrionale della placca araba, che comprende la Siria e il Libano e le aree adiacenti. È delimitata ad Ovest, dalla parte settentrionale del sistema di faglie del Mar Morto, a nord est il limite della placca è segnato dal sistema di faglie Al-Yammouneh e a nord dal sistema di faglie Al-Ghab, che rappresentano la diramazione verso Antiochia della precedente. A nord-est di Antiochia, il sistema del Mar Morto interseca il sistema di faglie dell'Anatolia orientale, che Okay *et al.* (2020) considerano in connessione ed in continuità, e la zona di sutura Bitlis, entrambe le quali comprendono il confine settentrionale della placca araba (Fig. 6). Tra Damasco e il fiume Eufrate, a nord-est di Palmyra il sistema a pieghe si trova all'interno della placca araba settentrionale. Questa cintura è formata da molte anticlinali asimmetriche separate da strette depressioni. La sismicità della Siria può essere qualificata come moderata durante l'ultimo secolo, tuttavia, la sismicità storica indica il verificarsi in

passato di grandi terremoti. La principale sismicità strumentale, con molti terremoti moderati ($5 < M_s < 6$), è localizzata lungo la faglia dell'Anatolia orientale e il sistema di faglie del Mar Morto. Una mancanza apparente di sismicità può essere osservata lungo la zona di faglia di Ghab. I meccanismi focali dei principali eventi recenti indicano una tendenza NNW-SSE degli assi P con movimenti strike/slip lungo le faglie (Sbeinati *et al.*, 2005). Questi meccanismi evidenziano un movimento laterale sinistro di deformazione, con una componente minore di fagliazione normale associata ai bacini presenti lungo la faglia del Mar Morto. Il tasso di deformazione attiva e il relativo movimento della placca Arabo-Africana, varia da 5,6 a 7,5 mm/anno da Sud a Nord. Recenti indagini paleosismiche e archeosismiche lungo il segmento Missyaf a sud del bacino di Ghab mostrano una successiva faglia con 13,6 m di spostamento laterale sinistro negli ultimi 2000 anni con una velocità di scorrimento media di 6,9 mm/anno. Al contrario, l'area intraplacca della Siria è generalmente asismica, con rari terremoti, alcuni dei quali possono essere di dimensioni significative ($M_w = 5,5$). Esiste una dettagliata ricostruzione degli eventi sismici in Siria a partire dal 1365 a.C. fino al 1900 d.C. (Sbeinati *et al.*, 2005) che hanno permesso di rilevare 181 eventi sismici con diverso grado di intensità. Il terremoto di Ugharit del 1365 a.C. è stato il primo ad essere documentato, mentre i più disastrosi sono del 53 d.C., 494, 502, 551, 747, 849, 859-860, 1114, 1157, 1170, 1202, 1404, 1408, 1705, 1759, 1796, 1822, 1837 e 1872, che hanno causato danni considerevoli e ucciso a gran numero di persone in Siria e in Libano, alcuni sono stati preceduti e seguiti da shock, cui si sono associati fagliazione superficiale, liquefazione, frane, tsunami e incendi.

Il terremoto più antico segnalato in Medio Oriente risale al 2.700 a.C. che distrusse la fiorente città di Gerico (Nigro, 2017).

Lista dei terremoti più importanti con epicentro o risentiti ad Aleppo. (La scala macrosismica è la MMS).

1365 a.C. Ugharit: un terremoto del VIII-IX grado, accompagnato da uno tsunami, e dall'incendio della città, colpì Ugharit nel Bronzo recente. Questo terremoto provocò danni anche a Beit Mirsin, Gerico, Byblus e probabilmente a Megiddo, Bissan (Palestina Settentrionale), Hésy, Ascalan (Palestina meridionale). Il terremoto fu accompagnato da uno tsunami sulle coste siriane.

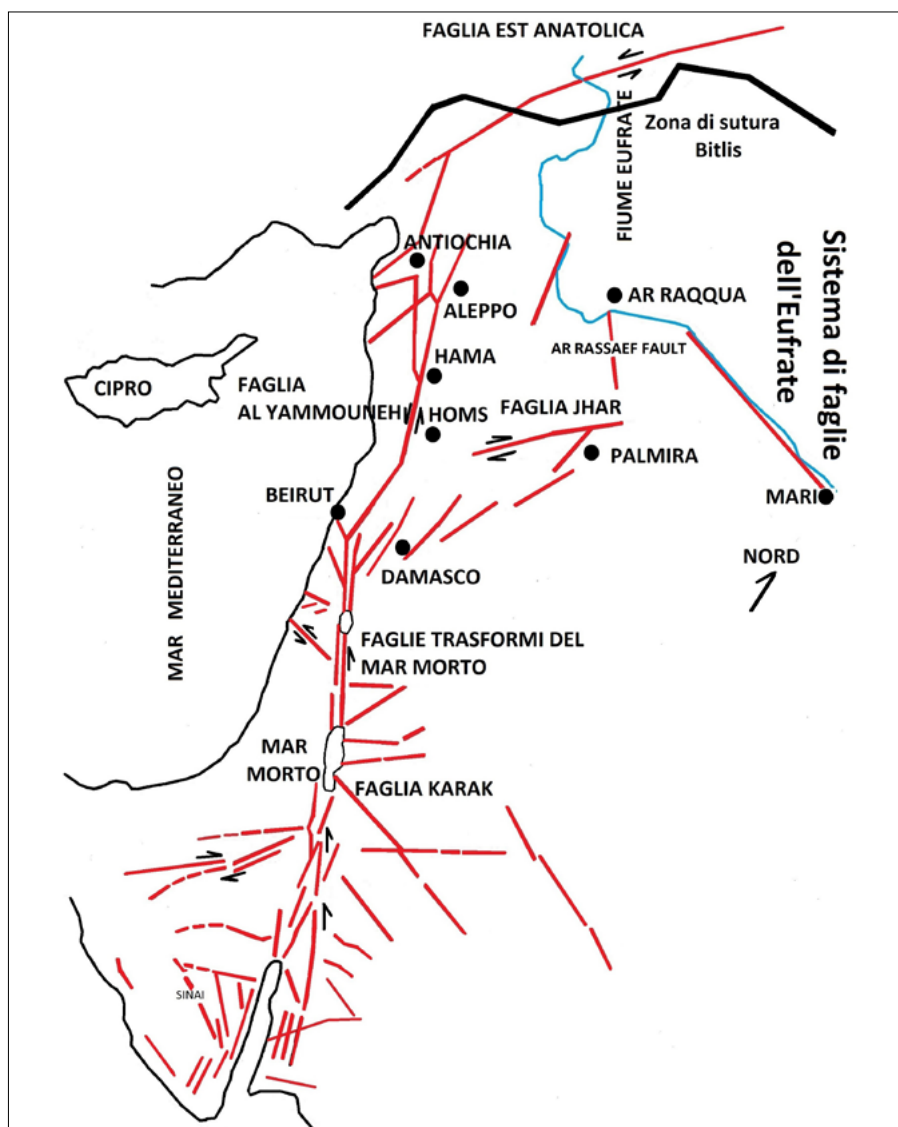


Figura 6. Sistemi di faglie che interessano la regione Medio Orientale (da Sbeinati et al., 2005; ridisegnato)

531-534 d.C. Area tra Aleppo e Homs: terremoto del VI-VII grado; Antiochia: VI; Mesopotamia: IV, che distrusse l'area compresa fra Aleppo e Homs e provocò 130.000 vittime.

634 d.C. Aleppo: terremoto del VII-VIII grado; Palestina: IV-V fu seguito da scosse di assestamento per 30 giorni, ad Aleppo furono distrutti le mura e la fortezza.

713 d.C. Antiochia: terremoto del VI-VII grado; Aleppo: VI-VII; seguito da scosse di assestamento per 40 giorni. Ad Antiochia e ad Al-Sham furono distrutti molti edifici, e il sisma fu risentito in tutta la Siria. Aleppo e Kennesreen furono danneggiati.

846 d.C. Antiochia: terremoto dell'VIII grado; Damasco: VII; Homs: VII; Al-Jazira: VI; Mossul (Iraq): VI, fu seguito da scosse di assestamento. Le mura di Damasco e Homs crollarono.

847 d.C. Damasco: terremoto del VII-VIII grado; Al-Ghouta: VII-VIII; Al-Mazzeah (sobborgo di Damasco): VII; Beit Lahya: VII; Darayya: VII; Antiochia: VI. Il sisma produsse seri danni a Damasco distruggendo una parte della

Grande Moschea di Ommiad, il minareto, i ponti e le case. Ad Antiochia uccise 20.000 persone, a Mossul 50.000, il sisma raggiunse Al-Ghouta, Darayya, Al-Mazzeah, Bayt Lahya.

859 d.C. Antiochia: terremoto dell'VIII grado; Lattakia and Jableh: VIII; Homs: VII; Palmyra: VII; Tarsus: VI; Balis (Maskaneh): VI; Damascus: VI; Adana: VI; Al-Quds (Gerusalemme): V-VI; Ar-Raqqa: V; Ras Al-Ein: V; Harran: V; Orfa (Edessa): V; Egypt: IV. Ad Antiochia crollarono 1500 case, metà delle mura della città e 90 torri, il terremoto fu sentito a Balis, Raqqa, Harran, Ras Al-Ain, Homs, Damasco, Al-Ruha (Orfa), Tarso, Adana e lungo le coste siriane. A Lattakia e a Jableh lo shock ha causato la distruzione di tutte le case, il terremoto superò l'Eufrate dopo aver distrutto Balis (Maskaneh) e i suoi dintorni.

1114 d.C. Maskaneh: il terremoto dell'VIII grado; Maraash: VII-VIII; Samsat: VII-VIII; Orfa (Edessa): VII-VIII; Harran: VII, Aleppo: V; Antiochia: IV, provocò il crollo di 13 torri delle mura di Al-Ruha (Orfa), parte delle mura di Harran

insieme a molte case, Samsat fu distrutta completamente, a Balis (Maskaneh) crollarono 100 case e metà della cittadella.

1138 d.C. Al-Sham: il terremoto del VI-VII grado; Al-Jazira: VI-VII; Aleppo: VI-VII, fu seguito da scosse di assestamento. Aleppo fu distrutta e gli abitanti evacuati. L'USGS classifica questo evento come il terzo terremoto più catastrofico della storia, tuttavia, la cifra di 230.000 morti si basa su una fusione di questo terremoto con quello avvenuto nel novembre del 1137 nella pianura Jazira e quello del settembre 1139 nella città azera di Ganja.

1202 d.C. Monti del Libano: terremoto del IX grado; Baalbak: IX; Tyro: IX; Nablus: VIII; Beit Jin: IX; Banyas: VIII; Al-Samya: VIII; Damasco: VIII; Safita: VII; Akka: VII; Hauran: VIII; Hama: VIII; Tripoli: VIII; Safad: VII; Al-Quds: VI; Bosra: VII-VIII; Al Batron: VII; Jbeil: VII; Beirut: VII; Marqabbe Hosn Al-Akrad: VII; Barin: VII; Homs: VII; Tartus: VI; Aleppo: V; Antiochia: V; Al Mousel: IV-V; Mesopotamia: IV; Il Cairo: IV; Alessandria: IV; Dimyat: IV; Qus: IV; Iraq: IV; Cipro: VII; Piccola Armenia: IV; Sicilia: IV; Khlat: IV; Ceuta: III; Costantinopoli: IV. Il terremoto causò danni a Tyro, Beirut, Damasco, Baalbak, Palestina (Nablus, Acre e Safad) e Homs in Siria, con tsunami a Cipro. Il sisma fu di tipo superficiale, con magnitudo stimata $M_s = 7.5$.

1404 d.C. Qalaat Blatnes (ad Est di Lattakia): VIII grado; Bkas: VIII; Ad ovest di Aleppo: IX; Qalaat Al-Marqeb: VII-VIII; Distretto di Tripoli: VII; Lattakia: VII; Jableh: VII. Il terremoto causò la distruzione di Aleppo, uno tsunami sulla costa siriana e con la distruzione della fortezza di Lattakia, il sisma fu seguito da una lunga sequenza di scosse di assestamento, in particolare a ovest di Aleppo.

In particolare per quanto riguarda Aleppo in tempi più recenti sono da segnalare: 3 eventi sismici nel corso del 1600 compresi il IV e V grado MMS; 12 eventi sismici nel 1700, compresi fra il IV ed il VII grado MMS, in particolare quelli del 1722 e 1726 provocarono il crollo delle antiche mura e di molte case, 12 eventi sismici nel corso del 1800 compresi fra il II ed il VII grado MMS, in particolare quello del 1872 provocò la distruzione di circa 100 case e parte della cittadella, uccidendo 7 persone.

Dall'analisi della sismicità storica è evidente che i danneggiamenti risultano particolarmente accentuati andando indietro nel tempo. Ciò è legato sicuramente al tipo di costruzioni, realizzate in pietra e in mattoni crudi senza leganti intermedi. Le scale macrosismiche sono

basate infatti sui danni rilevati e non sulla magnitudo reale di un evento sismico. Per questo è possibile che la distruzione totale di città come Ugarit, Antiochia, Latakia (Laodicea), e della stessa Aleppo potesse avvenire ripetutamente nel passato.

L'IDROGEOLOGIA

Dalle evidenze geologiche e dalle informazioni raccolte in loco sui pozzi produttivi (Fig. 4), si evince l'esistenza di due falde sovrapposte nell'acquifero calcareo, probabilmente sostenute da livelli marnosi intercalati nella sequenza carbonatica. Le due falde si rinvergono generalmente a 80 e 180 m dal piano campagna, ma mentre la prima si rivela di scarsa consistenza per gli attuali fabbisogni idrici, la seconda è di notevole portata in funzione dei forti emungimenti. Stadler *et alii* (2010) riconoscono che la prima falda è presente nei calcari paleogenici, mentre la seconda è confinata in quelli cretaci. L'analisi del bilancio idrico, dedotto dai dati climatici (1951-1973), provenienti dalla stazione di Aleppo (Harris, 1975) evidenzia che l'eccedenza idrica, ovvero le acque piovane non soggette ad evaporazione, corrisponde a 38,2 mm anno, dei quali 8,8 nel mese di gennaio e 29,4 nel mese di dicembre; i restanti 293,4 mm di pioggia evaporano. Tali dati indicano chiaramente che la ricarica degli acquiferi avviene in un sistema idrogeologico molto più ampio ed indipendente. Stadler *et al.* (2010) confermano questa ipotesi, riconoscendo come zona di ricarica i rilievi montuosi calcarei, che ad occidente si estendono da Jebel az Zawiyah (a sud di Idlep), a Jebel Samane (a sud di Afrin e A'zaz) fino alla regione a nord di Aleppo ed anche dai rilievi montuosi a nord di Palmyra. Va evidenziato che nella Siria costiera le precipitazioni raggiungono i 600 mm anno e che sui monti del Libano possono arrivare anche a 1000 mm/anno (Wainwright e Thornes, 2004) (Fig. 7). Analisi isotopiche sulle acque stabiliscono inoltre che l'acquifero creta-

cico di 180 m fu ricaricato durante il Pleistocene, mentre quello di 80 m nei calcari paleogenici ha un'età olocenica. Attualmente a partire dall'inverno 2006/2007, la Siria e la maggiore parte delle aree fertili hanno registrato la peggiore siccità lunga 3 anni, che ha causato gravi fallimenti agricoli e mortalità del bestiame. La conseguenza più significativa è stata la migrazione di ben 1,5 milioni di persone dalle aree agricole rurali alle periferie dei centri urbani (Kelley *et alii*, 2015). L'esame dei pozzi all'interno di Tell Mardik/Ebla evidenzia la presenza di un pozzo principale, interamente scavato nei calcari paleogenici, che ha attualmente una profondità di una sessantina di metri, è rivestito con grossi massi basaltici, è parzialmente interrato, ma emungeva chiaramente la falda di 80 m. Il pozzo fuori dalle mura, profondo una quarantina di metri è anch'esso scavato nei calcari, interrato e rivestito in grossi blocchi basaltici, presentando una sezione quadrata con ampiezza di 4x4 m. I pozzi all'interno della città sono totalmente interrati ed hanno una profondità di una ventina di metri. Ippoliti (2015) segnala la presenza di numerosi pozzi e cisterne all'interno della città, caratterizzati da diverse tipologie costruttive, purtroppo per la maggior parte interrati. Tuttavia in alcuni casi viene evidenziata la presenza di tubature in terracotta che raccoglievano acqua piovana per addurla nelle cisterne. Viene anche evidenziata la presenza di una rete di canali di scolo che convogliavano le acque reflue al di fuori della città. Alcuni pozzetti, profondi all'incirca 10 m, ed interamente scavati nel calcare, erano utilizzati come stipe votive (Marchetti e Nigro, 1997)

IL CLIMA OLOCENICO ED I SUOI CAMBIAMENTI

Ricostruzioni basate su diverse variabili climatiche, insieme a serie temporali di forzanti naturali (variazioni orbitali e dell'attività solare, grandi eruzioni vulcaniche, copertura del suolo e gas serra), definiscono un quadro esplicativo completo per i cambiamenti climatici dall'Olocene Medio fino al periodo preindustriale (Wanner *et alii.*, 2011). La redistribuzione dell'energia solare, dovuta alla forzatura orbitale su una scala millenaria, è stata la causa di un progressivo spostamento verso sud della posizione estiva dell'emisfero settentrionale e della zona di convergenza intertropicale. Ciò è stato accompagnato da un marcato indebolimento dei sistemi dei monsoni in Africa e in Asia e

una crescente aridità e desertificazione in entrambi i continenti. Il raffreddamento estivo, combinato con il cambiamento dei gradienti di temperatura negli oceani, ha probabilmente portato ad una crescente ampiezza degli indici di oscillazione verso sud di El Niño e, forse dell'oscillazione del Nord Atlantico fino all'inizio dell'ultimo millennio. Su scale temporali da decadal a più secoli, non è stata trovata una coincidenza mondiale tra minimi di irraggiamento solare, eruzioni vulcaniche ed eventi di raffreddamento. Da un punto di vista generale l'andamento del clima olocenico viene suddiviso in diversi periodi a partire da 10.000 anni circa b.P., con la fine del glaciale wurmiano. In generale si può affermare che il clima olocenico è abbastanza stabile anche se è evidenziato un optimum compreso fra 9000 e 2800 anni fa (Ipsitermico, Altitermico o optimum climatico), dopo di che si ha un periodo definito Neoglaciale (Orombelli e Ravazzi, 1996).

Attualmente le condizioni climatiche in tutto il Medio Oriente sono marcatamente eterogenee per la sua estensione geografica relativamente ridotta, che comprende le coste orientali del Mediterraneo e la Mezzaluna fertile, nonché parti della penisola arabica e dell'Africa nord-orientale. La regione attraversa la transizione tra un clima mediterraneo temperato nel Levante a deserti sub-tropicali iper-aridi nel sud, con una topografia alpina complessa nel nord-est che alimenta i fiumi Eufrate e Tigri che sostengono la vita nel sud-est (Burstin *et alii*, 2019).

Dall'ultimo massimo glaciale da 25 a 20 ka B.P. alla successiva transizione all'interglaciale olocenico, ci sono state prove evidenti che le variazioni del clima sono servite da driver nell'evoluzione culturale della specie umana. Il più importante è la "Rivoluzione neolitica", durante la quale i cacciatori-raccoglitori post-glaciali sono stati in grado di coltivare un certo numero di piante alimentari. Sicuramente la tendenza verso un clima più caldo e forse più umido ha favorito tali cambiamenti, mentre successivi e improvvisi eventi di raffreddamento potrebbero aver costretto le società proto-agrarie a dedicarsi alla coltivazione di cereali e frutta. Il grano veniva coltivato nella Mezzaluna fertile intorno a 9.500 anni BP, suggerendo che il Medio Oriente sia stata la prima regione a coltivare piante e sostenere comunità umane sedentarie. Tali aree furono anche le prime in cui apparvero sofisticate civiltà, città-stato e complessi sistemi di impero

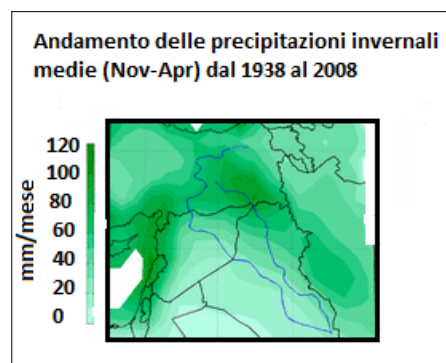


Figura 7. Regime pluviometrico medio in Siria dal 1938 al 2008 (da Kelly *et alii*, 2015)

durante il medio-tardo-olocene. È stato sostenuto che l'espansione e il successivo crollo di queste civiltà sia stato in parte guidato da rapidi cambiamenti climatici, sovrapposti a quelli millenari più gradualmente (Burstin *et alii*, 2019).

Le precipitazioni e i meccanismi climatici olocenici del Mediterraneo orientale, dell'Asia occidentale e del subcontinente indiano sono stati rivisti (Staubwasser e Weiss, 2006) e sono così schematizzabili: il monzone indiano si indebolì durante l'Olocene nella sua parte più settentrionale, nei bacini del Gange e dell'Indo e nel Mar Arabico occidentale, mentre le regioni più meridionali, come la penisola indiana, non mostrano una riduzione, ma un aumento della pioggia monsonica estiva. La tendenza a lungo termine verso condizioni più secche nel Mediterraneo orientale può essere collegata a una complessa evoluzione dei monsoni a livello regionale. Gli eventi improvvisi di cambiamento climatico, come le siccità diffuse intorno a 8.200, 5.200 e 4.200 anni B.P., possono essere il risultato dell'alterato flusso subtropicale di livello superiore sul Mediterraneo orientale e sull'Asia. I bruschi cambiamenti climatici dell'Olocene hanno radicalmente modificato le precipitazioni, fondamentali per l'agricoltura dei cereali, praticate dopo le tarde colture preistoriche. Gli adattamenti sociali alla riduzione dell'agroproduzione, sia nelle regioni di colture a secco che in quelle irrigue, sono visibili nella documentazione archeologica

durante ogni brusco evento di cambiamento climatico nell'Asia occidentale (Tab. 2).

Wanner *et alii* (2011), sulla base di serie temporali attentamente selezionate, hanno rilevato sei punte fredde negli ultimi 10.000 anni, anche se non è stata trovata una chiara ciclicità e una variabilità spazio-temporale di temperatura e umidità/precipitazione durante tali eventi a 8.200, 6.300, 4.700, 2.700, 1.550 e 550 anni BP.

Nelle regioni mediterranee e nordafricane, analisi su pollini e carboni hanno evidenziato oscillazioni climatiche critiche, che secondo gli Autori sono state influenzate dalle attività antropiche, soprattutto nell'età del Bronzo. Tre dei principali eventi secchi a 8.200 BP, 6.000 BP e 4.200 BP sono stati rilevati in 5 aree di studio: Wadi Teshuinat (Fezzan, Libia, Sahara centrale); Grotta Benzù (Montagne di Ceuta, Spagna, Africa nord-occidentale); La Vaquera Cave (Sistema centrale, Spagna); Terramara di Montale (Pianura Padana, Nord Italia); Arslantepe (Anatolia orientale, Turchia) (Mercuri *et al.*, 2011).

Studi sui pollini, effettuati nella regione del Mar Morto hanno evidenziato in Oriente variazioni temporali delle precipitazioni e delle temperature durante l'Olocene. I risultati suggeriscono che la regione era arida e calda all'inizio del periodo compreso fra 10 e 6,5 ka BP, più umida e più fredda a metà dell'Olocene 6,3-3,3 ka BP, e più secca e calda nel tardo Olocene 3,2 ka BP (Litt *et al.*, 2012).

In Iran (Jones *et al.*, 2013) le registrazioni più complete di cambiamenti ambientali e climatici dell'Olocene provengono dai bacini lacustri di Urmia, Zeribar e Mirabad nel nord-ovest di Zagros. A Zeribar e Mirabad si evidenziano cambiamenti ambientali a metà dell'Olocene con un aumento dei querceti tra 7.000 e 6.000 anni BP con eventi più significativi a 5.800 anni BP a Mirabad. Un evento secco a 5.200 BP è suggerito dalla scarsa conservazione del polline in un campione, accompagnato da un aumento dei valori degli isotopi di ossigeno, a Mirabad.

Burstin *et alii* (2019), mediante lo studio di speleotemi in diverse località, rilevano che il periodo più umido in Medio Oriente si è verificato da 10,8 a 6,1 ka BP, contemporaneamente alla formazione del Sapropel mediterraneo e del periodo umido africano. Le analisi nella Grotta di Jeita mostrano precipitazioni crescenti durante l'Olocene iniziale (da 12 a 10 ka BP) e condizioni umide tra ~ 10 e ~ 7 ka BP con picchi di precipitazione a ~ 8,5 ka BP. Tra 7,5 e 6,5 ka BP, la serie temporale indica che la quantità delle precipitazioni diminuiscono progressivamente fino a 5 ka BP. Un periodo generalmente secco, che viene interrotto da periodi umidi più brevi e più lunghi, si sviluppa da 4,0 a 3,0 ka BP, tutti questi dati indicano che le condizioni più aride nell'Olocene si sono verificate dopo ~ 3,2 ka BP. L'evento 4,2 ka è uno dei numerosi eventi da decadal a centennali, da regionali a globali, che

Tabella 2. Quadro generale della cronologia del Levante (da Sharon, 2013). I dati climatici sono dedotti dagli autori citati nel testo

Età assolute a.C.	Età	Sviluppo urbano	Dati climatici
5.300-4.300 (inizio)	Neolitico	Primi villaggi rurali	Punta fredda 4.300 a.C.
4.000 (fine)	Calcolitico	Rivoluzione dei prodotti secondari	Siccità diffusa 4000 a.C.
3.250-3.000 (fine)	Bronzo Antico I (EB I)	"Rivoluzione Urbana" Prime città	Siccità diffusa 3200 a.C.
2.800 (fine)	Bronzo Antico II-III (EB II-III)	Società urbane	Punta fredda 2700 a.C.
2.400-2.350 (inizio)	Bronzo Intermedio (I B)	Parziale ricaduta verso società basate sui villaggi	Siccità diffusa 2200 a.C.
1.900 (inizio) 1.750 (fine)	Bronzo Medio (MB I) (MB II)	Rinascita delle società urbane (Città stato)	Clima Arido 1.900 a.C.
1.640-1.620 (inizio) 1.300 (fine)	Bronzo Tardo	Città stato sotto il vassallaggio dei grandi Re (Egizi e Mittanian/Ittiti)	
	Ferro I	Parziale collasso, distruzione e abbandono dei siti urbani, nel corso di un secolo	Fase calda e secca 1,200 a.C.; Clima più secco fra 1.500 e 500 a.C.
900 (inizio)	Ferro II	Società urbane (alcune città/stato, alcune stato/nazione) incorporate in un quadro imperiale	Punta fredda 700 a.C.
332 (fine)	Ferro III/Babiloniano e Persiano	L'intero Levante è una satrapia persiana	

caratterizzano il Medio-tardo Olocene e segna la transizione al tardo-Olocene. È generalmente considerato un evento di siccità freddo, che porta a un notevole stress ambientale, in particolare nelle società del Mediterraneo e del Levante, con cambiamenti culturali e abbandono degli insediamenti dal Medio Oriente alla Mesopotamia settentrionale.

Dati palinologici dettagliati provenienti da una sequenza alluvionale di 800 cm rilevata nella pianura di Jableh nella Siria nord-occidentale (Kaniewski *et alii.*, 2008) hanno permesso di ricostruire cambiamenti climatici improvvisi in senso arido fra 4.2 e 3.9 e da 3.5 a 2.5 kyr BP. Il periodo fra 3,5 e 2,5 è più secco ed è durato più a lungo rispetto al più antico, successivamente è stato rilevato lo sviluppo di un bioma con polline caldo della steppa (1.100-800 a.C.) e un picco di polline caldo del deserto del 900 a.C. Il periodo compreso fra 4,2 e 3,9 è caratterizzato dalla presenza di un bosco xerofitico ed infine da un bioma con polline di arbusti a circa 2.050 a.C.

Il Lago Van nella Turchia sudorientale (Wossink, 2009) ha evidenziato mediante lo studio delle varve una successione climatica continua a partire da 14.000 anni B.P. allorché si ha il passaggio da un clima freddo ed arido ad un clima più umido, che incrementa intorno a 6000 anni B.P. Tra 4.000 e 2.000 anni B.P. si hanno condizioni climatiche relativamente ottimali, anche se fra 2.500 e 2.200 si hanno indicazioni di un clima più asciutto, seguito da condizioni inverse nel 2.100 B.P. dopo di che si passa ad un clima molto più arido.

Alcuni Autori sostengono che il collasso di molti centri urbani avvenuto intorno al 2200 a.C. sia dovuto ad un evento climatico ambientale regionale, con desertificazione e abbassamento della temperatura per eruzioni vulcaniche, anche se molti altri Autori spiegano il fenomeno con problemi politici e storici (Potts., 2012). Wilkinson (2008) analizza la dimensione delle popolazioni in relazione ai cambiamenti ambientali nell'antico Medio Oriente, evidenziando come la crescita delle popolazioni, unitamente all'ingegneria del paesaggio possano aver consentito la vivibilità anche in ambienti estremi. Tuttavia le stesse comunità potrebbero essere diventate estremamente vulnerabili allorché le fluttuazioni ambientali sono diventate più marcate. Perché in alcuni casi gli impatti possono essere assorbiti e mitigati dalle popolazioni, mentre in altri casi non è possibile. A titolo di esempio vengono illustrati gli impatti

ambientali storici relativi all'uso irriguo, alla costruzione di canali e all'erosione accelerata a causa del disboscamento. In particolare il collasso demografico delle civiltà del Nord della Siria alla fine del terzo millennio a.C., nonostante le molte incertezze, sembrerebbe legato ad una forte diminuzione delle piogge e di conseguenza ad un crollo delle produzioni agricole non irrigue. Wossnik (2009) sostiene che la sincronizzazione fra sviluppo paleoclimatico e storia socio culturale, come riflesso in cambiamenti culturali, deve essere tenuto bene in conto per comprendere i due meccanismi.

BREVE STORIA DELLA TECNOLOGIA DELL'ACQUA IN MEDIO ORIENTE

Gli esseri umani hanno bisogno di circa mezzo litro di acqua al giorno per sopravvivere, ciò spiega perché fin dai tempi antichi siano state studiate forme di accumulo dell'acqua, soprattutto nelle regioni aride e semi-aride (Forbes, 1955). Alcuni Autori sostengono che la capacità di stoccaggio della risorsa idrica sia stata sviluppata dagli esseri umani osservando come le piogge si accumulavano naturalmente nelle depressioni in roccia e consequenzialmente avrebbero scavato la roccia per accumulare acqua da utilizzare quando necessario (Shqiarat, 2019).

In Giordania durante il Neolitico (8.500-4.500 a.C.) avvennero tre grandi eventi, fra di loro sequenziali: insediamenti umani in piccoli villaggi, lo sviluppo dell'agricoltura e della pastorizia (Shqiarat, 2019). La ricerca, su siti archeologici risalenti al Neolitico, evidenzia come la maggior parte furono localizzati in prossimità di abbondanti risorse idriche, in particolare laghi e sorgenti, come ad Ain Ghazal (a nord di Amman). Nel sito di Jawa, nel deserto della Giordania nord-orientale, prima del 3000 a.C., fu costruito un sofisticato sistema di raccolta dell'acqua in una grotta naturale, considerata essere stata un prototipo naturale per strutture artificiali successive. Le più antiche cisterne domestiche trovate in Palestina sono risalenti al Calcolitico, tuttavia il loro sviluppo avvenne nella media e tarda età del bronzo (2.200-1.200 a.C.). È stato sostenuto che fu all'inizio dell'età del ferro (1.200-1.000 a.C.) che i lati delle cisterne iniziarono a essere coperti con intonaco per favorirne la tenuta stagna, prolungando il tempo di conservazione dell'acqua. Tuttavia, altri studiosi ritengono che anche i pozzi nel sito calcolitico di Teleilat Ghassul in Giordania fossero rivestiti con intonaco, così come lo

erano anche nelle fasi calcolitica/prima età del bronzo a Tell Brak in Siria. Nella seconda metà del quarto millennio a.C. e nella prima età del bronzo Ia e B, le dighe e i canali di diversione cominciarono ad apparire sui wadi Rajil e Umbashi, soddisfacendo la richiesta idrica degli abitanti stabiliti nelle aree più aride della steppa, ad oriente del Jebel al-Arab, dove le persone non avrebbero potuto sopravvivere senza queste installazioni, che sono state in uso continuo per quasi 2000 anni. All'inizio dell'età del bronzo II, una città e un villaggio (Labwe e Khirbet Dhahab) avevano, al loro centro, una frattura che consentiva un facile accesso alle acque sotterranee presenti nell'acquifero basaltico. Nel terzo millennio a.C., durante la prima età del bronzo II e III, i villaggi furono stabiliti prevalentemente sulle rive dei wadi, con piccole dighe di deviazione nei principali corsi d'acqua. Durante la media età del bronzo ebbe luogo una proliferazione generale di installazioni idrauliche in tutta la regione. Furono stabiliti villaggi lungo tutti i wadi e cittadelle e città erano connesse a serbatoi sulle sorgenti (Tell Debeh, Hebike, Bosra, Sharaya, Khirbet Masajj, Khirbet al-Rumman West) con associati canali di diversione dei wadi di varie lunghezze (Tell Ektebe, Rukeis, Rukeis, Mleihat al-Atash, forse Bosra).

Lungo la valle del Giordano e sulle alture del Giordano (Nigro, 2016) furono sviluppate, città e fortificazioni a protezione delle fonti d'acqua durante il Bronzo Antico (3.400-2.000 a.C.). L'utilizzo delle acque avveniva per mezzo della costruzione e la gestione di sistemi idraulici capaci di catturare acque fluviali e piovane e di stoccarle per l'uso nella stagione secca, in una regione dove la piovosità è di 200 ml anno.

In Siria e in Palestina i primi villaggi permanenti appaiono attorno a 9500 a.C. (Natufian, Mureybet e Abu Hureyra) nell'alto corso dell'Eufrate e forse precedenti il sito di Ain Mallaha sul Lago Huleh (Miller, 1980), pertanto in prossimità di risorse idriche. A Mureybet, che fu abitato continuamente fra l'8300 e il 7600 a.C. si assiste alla transizione verso una sussistenza basata sull'agricoltura irrigua. L'irrigazione fu praticata anche a Gerico nello stesso periodo, così come nella Mezzaluna Fertile di Siria e Palestina fin dal Neolitico (Viollet, 2010), mentre città e villaggi si sviluppano a partire dal 4.000 a.C., con la civilizzazione Sumera ed Akkadiana.

Ma il forte sviluppo, unitamente allo sviluppo di sistemi idraulici urbani (An-

gelakis *et al.*, 2012) avvenne durante l'età del Bronzo antico e Medio (3200-1200 a.C.), infatti a partire dal Bronzo recente 1200-1100 si assiste ad un collasso delle prime forme di civilizzazione. Gli Autori, evidenziano tuttavia, come le civiltà successive, abbiano mantenuto tutte le tecnologie di carattere idraulico acquisite in precedenza (Viollet, 2010).

Mays (2010) indica che una delle prime civiltà a fare uso di pozzi per acqua fu la cultura di Harappa o civiltà dell'Indo, a Mohenjo-Daro a 400 km a sud di Karaki, in Pakistan, in un'area di tipo sub-desertico. La città sviluppatasi a partire dal 2.450 a.C. era dotata di 700 pozzi, con una media di un pozzo ogni tre abitazioni. Mays sintetizza anche lo sviluppo delle tecniche idrauliche nel tempo per città nel periodo compreso fra il 4.000 e il 1.100 a.C.:

- Piccoli canali connessi a fiumi permanenti: Uruk, Babilonia, Ur;
- Canali e invasi per conservare acqua da fiumi temporanei e piogge: Jawa, Khirbet e Umbashi;
- Acque piovane stoccate per mezzo di grondaie in cisterne: Agia Triadha, Chamaizi, Mari, Knosso, Mirtos-Pygros. Phaistos, Zakros;
- Pozzi: Ugarit, Palaikastro, Knosso, Zakros, Kommos, Mohenjo Daro;
- Acquedotti da sorgenti in quota: Knosso, Mallia, Tylissos, Pylos, Thebes, DurUntawsh;
- Cisterne sotterranee: Mycene, Ate-ne, Tyrins, Zakros, Tylissos;

David (2003) nella ricerca di una correlazione fra numero di pozzi e tipologia di edifici cita quattro casi studio: i siti di Garama, Hacilar, Mohenjo-Daro e Nimrud, scelti perché forniscono dati spazio/temporali sui pozzi e rappresentano esempi di tre delle quattro diverse categorie di edifici: domestico, rituale e sontuoso. I tipi di pozzi distinti tendono a raggrupparsi, con chiare differenze tra i pozzi domestici esterni alle abitazioni e quelli interni. L'area dell'edificio, il numero di stanze e il numero di cortili sembrano correlarsi, e la proporzione di pozzi interni a quelli del cortile cambia in modo marcato e anche lo spazio aumenta. I dati, tuttavia, mostrano che non esiste una correlazione a priori diretta tra la dimensione dell'edificio e il numero di pozzi all'interno di un edificio, ma che i pozzi non domestici tendono ad essere più grandi della maggior parte dei pozzi domestici. Garama (Germa a 900 km a sud di Tripoli), è caratterizzata dalla presenza di 7 pozzi che sembrano associati ad un'architettura domestica relativamente semplice.

Hacilar, in Anatolia sud-occidentale del tardo neolitico/calcolitico (5.600-5.000 a.C.) fornisce eccellenti informazioni spaziali e stratigrafiche sui pozzi e sulla loro architettura. La proliferazione di pozzi (700) nella città di Mohenjo-Daro è in netto contrasto con gli altri casi studio selezionati, e con la maggior parte dei siti nelle regioni semi-aride. Il sito di Nimrud, in Mesopotamia è caratterizzato dalla presenza di quattro pozzi finora esposti nel Palazzo Nord-Ovest, del IX secolo a.C., in uso fino alla caduta dell'Assiria nel 612 a.C.

CONCLUSIONI

Il primo insediamento di Ebla, come villaggio, avviene in prossimità di un punto d'acqua naturale, nel bacino di Matkh, ansa di Es Siha, come riconosciuto anche da Matthiae e Marchetti (2013), ed in stretta similitudine con gli insediamenti Giordani, Palestinesi e Siriani coevi, intorno al 3.300-3.000 a.C. durante l'inizio di una fase di clima arido (Burstin *et al.*, 2019; Kaniewski *et alii.*, 2008) iniziatasi intorno al 3.500 a.C.. Va evidenziato che la qualità delle acque di un bacino palustre in una zona subdesertica, non è delle migliori, in quanto la forte evaporazione tende ad aumentare la concentrazione salina, in modo tale da non consentirne il consumo umano, almeno per gli standard attuali di potabilità. Al contrario quelle acque possono essere bevute dagli animali, chiaramente fino a concentrazioni accettabili per la loro sopravvivenza. D'altra parte molti laghi periodici nel Karaitsh che in inverno venivano colmati di acqua con l'estate si prosciugavano lasciando sul fondo sottili croste saline (Mantellini, 2015). Il primo sviluppo di Ebla avviene fra il 3.000 ed il 2.250 a.C. allorché si assiste ad un forte sviluppo delle tecnologie idrauliche in tutta la regione medio orientale. Ad Ebla la risorsa disponibile a scopo idropotabile era costituita sia dalle acque piovane, come testimoniato dalla presenza di numerose cisterne e dalle canalette per riempirle e dalle acque sotterranee come evidenziato dalla presenza di almeno due pozzi profondi che emungevano l'acquifero di 80 m. Mantellini (2015) riconosce che sia Ebla, sia gli insediamenti circostanti si svilupparono grazie alla disponibilità idrica derivante da pozzi e da cisterne che si ricaricavano con le acque piovane. L'attenzione per i pozzi era così elevata che un Re eblaita cita la loro localizzazione in una tavoletta. Clark (1944; 1960) associa l'aumento dell'input tecnologico, richiesto per i pozzi, alle pressioni, generate dall'aumento della domanda idrica

nelle aree urbane. Va evidenziato come lo scavo dei pozzi e delle cisterne possa aver in qualche modo fornito materiale da costruzione, infatti soltanto nel caso del pozzo esterno alle mura di dimensioni $4 \times 4 = 16 \text{ m}^2 \times 80 \text{ m}$ di profondità = $1.280 \text{ m}^3 \times$ peso specifico $2.500 \text{ (kg/m}^3)$ = sono risultate disponibili 3.200 tonnellate di materiale. Tale ipotesi sarebbe confortata dal fatto che il rivestimento dei pozzi non veniva realizzato con il calcare estratto, bensì con rocce di tipo basaltico. Considerando che un blocco di calcare da $50 \times 30 \times 30 \text{ cm} = 0,036 \text{ m}^3$, ne deriva che ogni pozzo avrebbe dato la disponibilità di almeno 35.555 blocchetti di calcare, da riutilizzare come materiale da costruzione. Sarebbe interessante conoscere il tempo di migrazione delle informazioni di tecnologia idraulica, che sembrerebbe improvviso ad una vista macroscopica, anche se gli archi temporali considerati sono almeno centenari, se non millenari. La difficoltà di diffusione dell'informazione tecnologica, potrebbe anche essere legata al fatto che lo scavo e la costruzione di pozzi era un mestiere specializzato anche in tempi abbastanza recenti (Stein, 1928), riservato a scavatori specializzati in alcune zone dell'Arabia (Doughty, 1936), nel Vicino Oriente (Miller, 1980) e in Iran (Kramer, 1982). Per quanto riguarda invece la disponibilità di risorsa per le grandi greggi di proprietà di Ebla è logico pensare alle acque del bacino palustre di Matkh. Una pecora adulta può ingerire più di 15 litri d'acqua al giorno e in estate può anche arrivare a 20 litri. Se si considera un numero di capi di 700.000 unità, ne deriva che il consumo idrico giornaliero corrisponde a $14.000.000$ di litri/giorno = $14.000 \text{ m}^3/\text{gg}$. Tale disponibilità idrica poteva essere assicurata soltanto dalle acque della palude di Matkh, che, per un bacino ricaricato da un fiume con una riddotta portata e per le scarse piogge locali, sembra essere comunque un quantitativo particolarmente elevato. Gli studi archeologici non sembrano avere riconosciuto danneggiamenti nella città di Ebla nel periodo compreso fra il 2.000 e il 1.200 a.C., dall'evento sismico del 1.365 a.C. che distrusse Ugarit, Gerico e Byblus, provocando molti danni a Bissan e Ascalan (Palestina). L'abbandono di Ebla come sistema urbano nel 1.600-1.200 a.C. sembra invece coincidere con la fase arida iniziata a partire $3,5 \text{ ky BP} = 1.500 \text{ a.C.}$ che, come molti Autori sostengono, è stata la causa o la concausa principale del crollo di antiche civiltà (Angelakis *et al.*, 2012; Burstin *et al.*, 2019; Potts., 2012; Staubwasser e Weiss, 2006; Wossnik,

2009). Mantellini (2015) riconosce nella zona specifica di influenza di Ebla un'importante riduzione degli abitati, da 36 ad 8 soltanto, tutti localizzati nei pressi del Bacino di Matkh.

BIBLIOGRAFIA

- ALSHARHAN A.S. & NAIRN A.E.M. (2003), *Sedimentary Basins and Petroleum Geology of the Middle East*. Elsevier Science, 843 pag.
- ANGELAKIS A.N., MAYS L.W., KOUTSOYIANNIS D. & MAMASSIS N. (2012), *Evolution of water Supply Throughout the Millennium*. 558 pag., IWA Publishing, London.
- BRAEMER F., GENEQUAND D., DUMOND MARIDAT C., BLANC P.M., DENTZER J.M., GAZAGNE D. & WECH P. (2009), *The Archaeology of Water*. World Archaeology, 41 (1), 36-57.
- BREW G., BARAZANGI M., AL-MALEH A.K. & SAWAF T. (2001), *Tectonic and Geologic Evolution of Syria*. GeoArabia, 6 (4), 573-616.
- BURSTYN Y., MARTRAT B., LOPEZ J.F., IRIARTE E., JACOBSON M.J., LONE M.A. & DEININGER M. (2019), *Speleothems from the Middle East: An Example of Water Limited Environments in the SISAL Database*. Quaternary 2019, 2(2), 16.
- CLARK G. (1944), *Water in antiquity*. Antiquity, 18, 1-15.
- CLARK G. (1960), *Archaeology and Society*. London: Methuen and Co. Ltd.
- DAVID T. (2003), *Wells as Signatures of Social Change. Assemblage*. Sheffield University Graduate Journal Assemblage. 7,
- DOUGHTY, C.M. (1936), *Travels in Arabia Deserta*. London: Jonathan Cape.
- CABRERA E. (2010), *Water Engineering and Management through Time: Learning from History*. 345 pag. CRC Press.
- FIORENTINO G., CARACUTA V., CALCAGNILE L., D'ELIA M., MATTHIAE P., MAVELLI F. & QUARTA G. (2008), *Third millennium B.C. climate change in Syria highlighted by Carbon stable isotope analysis of 14C-AMS dated plant remains*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 266, 51-58.
- FORBES R.J. (1955), *Studies in Ancient Technology*. Vol.1, 190 pag., Leiden, J.Brill., Netherland.
- GEBEL H.G.K. (2004), *The domestication of Water. Evidence from Early Neolithic Ba'ja?* In: "Men and Dikes and Canals. The Archaeology of Water in the Middle East". Intern. Symp. Held at Petra, Wadi Musa (H.K. of Jordan) 15-20 June, 1999.
- IPPOLITI M. (2015), *Uso domestico dell'acqua nella Siria dell'età del Bronzo, Ebla ed Ugarit: "Due case Studies"*. Tesi di Laurea, Università degli Studi di Roma, Rel. Pinnock F., 51 pag.
- JONES M., DJAMALI M., STEVENS L., HEYVAERT V., ASKARI H., NOOROLLAHI D. & WEEKS L. (2013), *Mid-Holocene environmental and climatic change in Iran*. In: *Ancient Iran and its neighbours: Local developments and long-range interactions in the 4th Millennium BC.*, Edition: British Institute for Persian Studies Series.
- KANIEWSKI D., PAULISSEN E., VAN CAMPO E., AL-MAQDISSI M., BRETSCHNEIDER J. & VAN LERBERGHE K. (2008), *Middle East coastal ecosystem response to middle-to-late Holocene abrupt climate changes*. PNAS September 16, 2008 105 (37) 13941-13946, Edited by Ofer Bar-Yosef, Harvard University, Cambridge,
- KELLEY C.P., MOHTADI S., CANE M.A., SEAGER R. & KUSHNIR Y. (2015), *Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought*. PNAS March 17, 112 (11) 3241-3246.
- KRAMER C. (1982), *Village Ethnoarchaeology*. Academic Press, New York.
- LITT T., OHLWEIN C., NEUMANN F.H., HENSE A. & STEIN M. (2012), *Holocene climate variability in the Levant from the Dead Sea pollen record*. Quaternary Science Reviews, 49, 95-105.
- MANTELLINI S. (2015), *Gis and remote sensing for a preliminary assessment of the archaeological landscape in the Eblaite chora (Syria)*. Archeologia e calcolatori. 26, 289-299.
- MARCHETTI N. & NIGRO L. (1997), *Cultic activities in the sacred area of Ishtar at Ebla during the old Syrian period: the Favissae F.5327 and F.5238*. Journal of Cuneiform Studies, 49 (1).
- MATTHIAE P. (1989), *Ebla. Un impero ritrovato. Dai primi scavi alle ultime scoperte*. 366 pag., fig. 58, tav. 177. Einaudi, Torino.
- MATTHIAE P. (1995), *Ebla, la città rivelata*. 192 pag., Electa-Gallimard. Milano.
- MATTHIAE P. (2010), *Ebla. La città del trono*. Archeologia e storia. 552 pag., 249 fig., 32 tav., Einaudi, Torino.
- MATTHIAE P. & MARCHETTI N. (2013), *Ebla and its Landscape: Early State Formation in the Ancient Near East*. 563 pag., Walnut Creek, CA, Left Coast Press Inc.,
- MAYS L. (2010), *Ancient Water Technologies*. 280 pag. Springer Science & Business Media.
- MERCURI A.M., SADORI L., OLLERO P.U. (2011), *Mediterranean and North-African cultural adaptations to mid-Holocene environmental and climatic changes*. The Holocene.
- MILLER, R. (1980), *Water use in Syria and Palestine from the Neolithic to the Bronze Age*. World Archaeology 11(3), 331-341.
- MITHEN S. & BLACK E. (2011), *Water, Life and Civilisation: Climate, Environment and Society in the Jordan Valley*. 490 pag., Cambridge University Press.
- MORANDI BONACOSI D. (2013), *The northern levant (Syria) during the Middle Bronze Age*. In: KILLEBREW A.E. and STEINER M. Eds.: *The Oxford Handbook of the Archaeology of the Levant*, 414- 433.
- NIGRO L. (2017), *Tell Es-Sultan/Ancient Jericho in the Early Bronze Age II-III*. In: GALLO E. Ed. "Conceptualizing Urban Experiences. Tell es-Sultan and Tall al-Hammām Early Bronze cities across the Jordan" Proceedings of a workshop held in Palermo, G. Whitaker Foundation, Villa Malfitano June 19th 2017. 1-31.
- NIGRO L. (2017), *Water and Power. Early Cities in Jordan and water control in the third millennium B.C.: The case of Batrawy*. In: NIGRO L., NUCCIOTTI M., GALLO E. Eds: "Precious Water. Paths of Jordanian archaeological excavation." Proc. Of the Intern.Conf.in Amman October 18th 2016. 1-14.
- OKAY A., ZATTIN M., ÖZCAN E. & SUNAL G. (2020), *Uplift of Anatolia*. Turkish Journal of Earth Sciences. 29, 696-713.
- OROMBELLI G. & RAVAZZI C. (1996), *The Late Glacial and Early Holocene: Chronology and Palaeoclimate*. IL Quaternario, Italian Journal of. Quaternary Sciences, 9(2), 439-444.
- POTTS D.T. (2012), *A companion to the Archaeology of the Ancient Near East*. 2 Vols., John Wiley and Sons, UK.
- SBEINATI M.R., DARAWCHEH R. & MOUTY M. (2005), *The historical earthquakes of Syria: an analysis of large and moderate earthquakes from 1365 B.C. to 1900 A.D*. Annals of Geophysics 48 (3), 347-435.
- SCARPA E. (2017), *The City of Ebla A Complete Bibliography of Its Archaeological and Textual Remains*. Edizioni Libreria Editrice Cafoscarina collana Antichistica , 295 pag.
- SHARON I. (2013), *Chapter 4. Levantine chronology*. In: KILLEBREW A.E. and STEINER M. Eds.: *The Oxford Handbook of the Archaeology of the Levant*.
- SHOJARAT, M. (2019), *History and archaeology of water management in Jordan through ages*. Scientific Culture, 5 (3), 41 pag.
- STADLER S., GEYH M.A., PLOETHNER D. & KOENIGER P. (2012), *The deep Cretaceous aquifer in the Aleppo and Steppe basins of Syria: Assessment of the meteoric origin and geographic source of the groundwater*. Hydrogeology Journal 20(6),
- STEIN A. (1928), *Innermost Asia: Detailed Reports of Explorations in Central Asia, Kan-su and Eastern Iran*. Oxford, Clarendon Press.
- STAUBWASSER M. & WEISS H. (2006), *Holocene Climate and Cultural Evolution in Late Prehistoric-Early Historic West Asia*. Quaternary Research, 66 (3), 372-387.
- THOMAS D. (2003), *Wells as Signatures of Social Change*. Assemblage, the Sheffield Journal of Archaeology, 7.
- VIOLLET P.L. (2010), *Water engineering and management in the early Bronze Age civilization*. In: Cabrera E. "Water Engineering and Management through Time: Learning from History". 29- 54. CRC Press.
- WAINWRIGHT J. & THORNES J.B. (2004), *Environmental Issues in the Mediterranean. Processes and perspectives from the past and the present*. 470 pag., Routledge, London and New York.
- WANNER H., SOLOMINA O., GROSJEAN M., RITZ S.P. & JETELA M. (2011), *Structure and origin of Holocene cold events*. Quaternary Science Reviews, 30, 3109-3123.
- WILKINSON T.J. (2003), *Archaeological Landscapes of the Near East*. 261 pag., The University of Arizona Press.
- WILKINSON T. J., GRAHAM P., BRADBURY J., DUNFORD R., DONOGHUE D., GALIATSATOS N., LAWRENCE D., RICCI A. & SMITH S.L. (2014), *Contextualizing Early Urbanization: Settlement Cores, Early States and Agro-pastoral Strategies in the Fertile Crescent During the Fourth and Third Millennia BC*. Journal of World Prehistory, 27, 43-109.
- WOSSINK A. (2009), *Challenging climatic changes. Competition and cooperation among pastoralist and agriculturalist in Northern Mesopotamia (c.3.000-1600 BC)*. 183 pag., Sidestone Press Leiden.

Osservazioni di C.A.T.A.P. sul ddl Legge di Bilancio 2022 (Atto Senato n. 2448)

Sergio Malcevschi
 Coordinatore C.A.T.A.P.
 E-mail: sergio.malcevschi@gmail.com

PREMESSA

Il seguente documento contiene le osservazioni e le proposte che C.A.T.A.P. (Coordinamento delle Associazioni Tecnico-scientifiche per l'Ambiente ed il Paesaggio) ha ritenuto di dover fare al ddl Legge di Bilancio 2022 (Atto Senato n. 2448), ai fini dell'audizione del 19.11.2021 con le Commissioni Bilancio di Camera e Senato. Riflette il riordino di alcune indicazioni e proposte discusse con il Coordinamento (Sergio Malcevschi), attraverso contatti telefonici o con note scritte (Gioia Gibelli - SIEP, Gianluigi Rossi - AIN, Aleandro Tinelli - SIGEA, Flora Vallone - AIPIN). Rispetto alle moltissime componenti di una Legge di Bilancio che avrebbero potuto produrre osservazioni molto più articolate ed estese, si è scelto di presentare solo alcune indicazioni volutamente mirate, al fine di far emergere alcune priorità rispetto ai temi portati avanti dal C.A.T.A.P..

IL DOCUMENTO DI OSSERVAZIONI

TEMI DA CONSIDERARE

Uno degli oggetti irrinunciabili di attenzione di una legge complessiva di programmazione di spesa per il territorio nazionale italiano dovrebbe essere la

funzionalità e sostenibilità ecologica del territorio su cui si realizzeranno le azioni finanziate, in modo da minimizzare (idealmente eliminare) sprechi di risorse, rischi di consumi indebiti di valori esistenti, rischi di danni prodotti dalle azioni finanziate o potenziali in futuro. In tal senso acquista rilievo l'attenzione posta dalla legge al tema "ecosistema e paesaggio":

- alle **infrastrutture** che modificano l'ecosistema, in senso positivo come le **infrastrutture verdi e blu**, o con consumi ed altri impatti potenzialmente negativo;
- agli incentivi o disincentivi per le azioni (non solo le infrastrutture) che modificano l'ecosistema (in senso positivo o potenzialmente negativo); il tema della **fiscaltà** è centrale in questo senso; ad esso di affiancano altri **meccanismi di tipo trasversale** rispetto alle singole misure;
- alla **funzionalità (efficienza ed efficacia) dei processi decisionali** che producono (o possono produrre) impatti sugli ecosistemi; il tema degli strumenti di valutazione è centrale in questo senso e, tra essi, del nuovo strumento **DNSH** obbligatoriamente previsto per tutte le azioni che, direttamente o indiretta-

mente, dipendono per la copertura economica dal PNRR;

- alle **esigenze formative** connesse, in particolare per quanto riguarda le soluzioni interdisciplinari necessarie per il governo dei sistemi (sistemi socio-ecologici) complessi attuali in transizione, e per i nuovi strumenti obbligatori (come il DNSH) non ancora messi completamente a punto.

ALCUNI RIFERIMENTI

I riferimenti (nazionali, europei, internazionali) che supportano le indicazioni precedenti sono numerosissimi e non è questa la sede per poterli riprendere in modo esaustivo. Citiamo solo stralci dei seguenti due, a livello internazionale (la Decisione finale della COP 26 di Glasgow) e nazionale (le regole indicate dal MEF per l'accesso ai fondi del PNRR), recentissimi ma particolarmente rilevanti per le loro implicazioni nei processi decisionali ed attuativi già nel 2022.

MINISTERO ECONOMIA E FINANZE ISTRUZIONI TECNICHE PER LA SELEZIONE DEI PROGETTI PNRR (11 OTTOBRE 2021)

... le Amministrazioni centrali titolari degli investimenti e delle riforme sono tenute, nella fase attuativa del Piano, a

Cop26. Il documento di decisione finale (Patto per il clima di Glasgow)

”
 La Conferenza delle Parti,
 ... Riconoscendo le crisi globali interconnesse del cambiamento climatico e della perdita di **biodiversità** e il **ruolo chiave** della protezione, della conservazione e del ripristino della **natura** e degli **ecosistemi** nel fornire benefici per l'**adattamento** e la mitigazione del clima, garantendo nel contempo **salvaguardie sociali e ambientali**
 ... 10. rileva con preoccupazione che l'**attuale dotazione** di finanziamenti per l'adattamento climatico rimane **insufficiente** per rispondere al peggioramento degli effetti del cambiamento climatico nei paesi in via di sviluppo ;
 ... 21. Sottolinea l'importanza di proteggere, conservare e ripristinare la natura e gli **ecosistemi**, comprese le foreste e gli altri ecosistemi terrestri e marini per raggiungere l'obiettivo globale a lungo termine della Convenzione, agendo come pozzi e serbatoi di gas-serra, e tutelare la biodiversità, garantendo nel contempo tutele ambientali;
 ... 37. Riconosce che il cambiamento climatico ha già causato e causerà sempre più **perdite e danni** e che, con l'innalzamento delle temperature, gli impatti di condizioni climatiche e meteorologiche estreme, nonché di eventi ad esordio lento, rappresenteranno una minaccia di crescente impatto sociale, economico e ambientale;
 ... 50. Riconosce inoltre l'importanza di proteggere, conservare e ripristinare gli ecosistemi al fine di **fornire servizi cruciali**, compresa la funzione di pozzi e serbatoi di gas serra, ridurre la vulnerabilità agli impatti dei cambiamenti climatici e sostenere mezzi di sussistenza sostenibili, anche per le persone. comunità locali;

“qualificare” e “indirizzare” gli interventi affinché effettivamente gli stessi possano realizzare risultati coerenti con gli obiettivi della rispettiva componente del PNRR.

Tale processo deve essere perseguito con l'introduzione, fin dalle prime fasi attuative, di requisiti da inserire negli atti e nei documenti chiave per “orientare” le soluzioni tecniche e amministrative degli investimenti e delle riforme, vincolandole al:

- **rispetto per tutti gli interventi/progetti del principio del “non arrecare danno significativo” all'ambiente (cd. DNSH);**

...

- recupero degli ecosistemi degradati trasformandoli al contempo in fattori di resilienza ed adattamento;
- tutela del paesaggio;
- attenzione alle componenti del territorio con interventi di ingegneria naturalistica e NBS (Nature Based Solutions).

L'attuale ddl Legge di Bilancio dovrebbe contenere indicazioni specifiche al riguardo, A fronte di 58 utilizzi del termine “infrastrutture” (sportive, opere infrastrutturali per i teatri, stradali, autostradali, della NATO, per l'edilizia carceraria ecc.), non ve ne è una che faccia esplicito riferimento al campo delle “infrastrutture verdi e blu”.

lazione, del risparmio energetico e della riduzione di CO2. Per contro occorrerebbe disincentivare, anche attraverso demolizioni e riallocazioni, il mantenimento di edifici in zone ad elevato rischio idrogeologico o di danno al Paesaggio e alle economie presenti.

- A livello urbano sarà importante Investire nei **Sistemi di Drenaggio Sostenibile nelle aree urbane integrati agli interventi sulla forestazione urbana**. È l'unico sistema che integra il tema della conservazione quantitativa della risorsa con il miglioramento della qualità delle acque superficiali e sotterranee, abbattendo le esigenze energetiche. Attivabi-

Principi e obblighi e priorità trasversali PNRR nelle Leggi di finanziamento

PRINCIPIO/OBBLIGO PNRR	FASE DI RIFERIMENTO	INDICAZIONI
1. PRINCIPIO DEL “DO NO SIGNIFICANT HARM” (DNSH)	FASE 1 - Finanziamento	Fare riferimento ai principi PNRR a cui gli Avvisi e i progetti devono ispirarsi
	FASE 1 - Finanziamento	Prevedere documenti/atti tecnici o dichiarazioni di assolvimento del principio DNSH
	FASE 2 - Criteri di ammissibilità degli interventi	Tra i requisiti di ammissibilità prevedere il rispetto del principio DNSH ai sensi dell'articolo 17 del Regolamento (UE) 2020/852
	FASE 3 – Selezione dei beneficiari e modalità di erogazione delle risorse	Prevedere specifici obblighi del Soggetto attuatore per il perseguimento del principio DNSH
	FASE 3 – Selezione dei beneficiari e modalità di erogazione delle risorse	Possibilità di sospensione oppure di revoca del finanziamento nel caso di accertamento della violazione dei principi generali di DNSH
	FASE 4 – Erogazione risorse ai beneficiari	Prevedere negli atti di rendicontazione la dichiarazione di aderenza al principio DNSH

Seguono alcune declinazioni dei punti precedenti, sotto forma di osservazioni al ddl in oggetto e di proposte.

OSSERVAZIONI E PROPOSTE: INFRASTRUTTURE

Per **ridurre rischi di significative spese evitabili**, sempre maggiori in futuro ma già oggi molto rilevanti a causa di eventi meteorologici estremi sempre più critici, sono necessari **investimenti urgenti in infrastrutture verdi-blu** in grado di aumentare la resilienza dei territori e le loro capacità di **adattamento** ai cambiamenti climatici.

L'infrastrutturazione del sistema Italia dovrà essere significativamente potenziata per quanto attiene:

- interventi mirati di prevenzione sul dissesto idrogeologico, con regia e supervisione a livello di bacini e sottobacini idrografici,
- interventi di rimboschimento e forestazione,

Si evidenziano, tra le molte, alcune degli aspetti che offrono possibilità specifiche di miglioramento del ddl al riguardo.

- Nell'ottica di un recupero polivalente di funzionalità dei mosaici territoriali ed ecologici, per un aumento della loro resilienza e capacità di adattamento ai cambiamenti globali in corso, occorrerebbe investire in modo esplicito sulla **Rifunzionalizzazione tutte le infrastrutture abbandonate** (quali caselli ferroviari, linee ferroviarie dismesse, pali della luce, etc.) ai fini della mobilità dolce e del Capitale Naturale (es: laboratori di ricerca, semenzai, nursery sul campo, per aree rifugio e posatoi per la fauna, etc.). La rifunzionalizzazione degli scali ferroviari minori, da dedicare all'approvvigionamento urbano, potrebbe essere ad esempio un tipo di provvedimento che tenderebbe a ridurre drasticamente il traffico pesante in ingresso e uscita dalle città, a vantaggio della circo-

le immediatamente in occasione di opere di manutenzione stradale con costi bassi, e poi in tempi più lunghi a seguito di una pianificazione urbana multi obiettivo. Può assorbire, previa breve formazione, una quantità di mano d'opera, per attività che migliorano le risorse invece di consumarle: l'acqua piovana resta risorsa perché non viene inviata in fognatura, ma viene restituita al paesaggio, la gestione delle reti diventa più economica, l'aumento dell'umidità dei suoli urbani riduce l'esigenza idrica della vegetazione e favorisce notevolmente la capacità di cattura di carbonio da parte dei suoli.

- L'articolo 142 del disegno di legge di bilancio (Fondo per la progettazione degli interventi di rimessa in efficienza delle opere idrauliche e di recupero e miglioramento della funzionalità idraulica dei reticoli idrografici) prevede la costituzione di un fondo per “il finanziamen-

to della progettazione di interventi di miglioramento della funzionalità idraulica dei reticoli idrografici”. Andrebbe sottolineato come tale miglioramento, ancor più alla luce dell’esperienza di quanto sta accadendo nell’intero territorio nazionale in queste settimane, non può ridursi ad una revisione ed incremento dei sistemi di contenimento attivo dei deflussi (argini, canalizzazioni, opere idrauliche in genere), ma deve assolutamente prevedere una restituzione di spazio ai territori di pertinenza fluviale, e che tali attività devono essere pianificate e progettate attraverso la regia delle Autorità di Bacino Distrettuale (come applicazione dei Piani di Gestione del Rischio delle alluvioni). L’effetto idrologico a valle di opere e non opere di laminazione/ rallentamento, delle acque può essere fondamentale per il controllo del rischio idraulico (mitigazione/non aumento)

- Si pone in modo sempre più pressante l’esigenza, per la pubblica amministrazione, di poter seguire efficacemente nel tempo la qualità dell’intero iter progettuale e realizzativo delle opere che hanno un impatto sull’ambiente ed il paesaggio; occorre l’avvio di centri di “consulenza- accompagnamento”, oppure, sul modello francese, l’istituzione di un “Collegio di esperti di Paesaggio e Ambiente”. Entrambe con il compito di “accompagnare” i grandi progetti, svolgendo il doppio ruolo di contribuire a innalzarne la qualità e di formare/facendo, tecnici pubbli-

ci e progettisti. Strumenti di questo tipo sarebbero di enorme utilità per lo svolgimento delle attività previste con il PNRR e più in generale per la realizzazione delle infrastrutture di interesse nazionale finanziate con la Legge di Bilancio.

LE PROPOSTE

Istituire un Fondo nazionale specificamente dedicato alle Infrastrutture Verdi e Blu, in grado di integrare gli insufficienti strumenti attualmente esistenti:

- mettendo a disposizione risorse per ulteriori realizzazioni in territori ove attualmente non sono previste;
- offrendo casi pilota ed occasioni di benchmarking per il miglioramento della qualità progettuale delle infrastrutture di interesse nazionale e locale;
- potenziando il sistema della ricerca scientifica connesso al mantenimento e sfruttamento virtuoso del Capitale Naturale e dei servizi ecosistemici, offrendo così prospettive di futuro ai ricercatori italiani costretti altrimenti ad emigrare.
- potenziando l’offerta formativa in merito, in particolare per quanto attiene le capacità di lavoro interdisciplinare e valorizzando le competenze già esistenti in Italia.

OSSERVAZIONI E PROPOSTE: FISCALITÀ E MECCANISMI TRASVERSALI

Ai fini delle decisioni di spesa per il prossimo anno riteniamo rilevante la

considerazione preliminare dei seguenti **punti di carattere generale:**

- non esiste un risparmio di risorse non rinnovabili se la fiscalità continua a premiarne lo sfruttamento. È dunque urgente un graduale passaggio ad una fiscalità che premi significativamente le attività volte alla conservazione delle risorse non rinnovabili, alla rigenerazione delle risorse rinnovabili e che penalizzi il consumo di risorse non rinnovabili;
- **i contributi per le attività produttive** devono essere indirizzati a risparmiare energia e materie prime, a durare nel tempo, e ad essere condizionati dalla possibilità di attivare la conversione industriale verso la **circolarità; in tal senso occorre finanziare nuovi prodotti costruiti per durare nel tempo, riparabili**, costituiti da assemblaggi di pezzi diversi, che comprendono autocostruzione, tutte le componenti sostituibili, possibilmente riciclabili e reperibili a distanze limitate (per quanto possibile); occorre altresì finanziare le realizzazioni per **l’accorciamento delle filiere produttive, il tracciamento e certificazione di processo dei prodotti, offrire vantaggi fiscali per i prodotti a filiera corta certificata;**
- occorre favorire le externalità positive avviando nuove attività lavorative; potrà così generarsi, nel tempo, una **nuova classe di piccoli artigiani** per le riparazioni e di **piccole imprese** per la produzione dei pezzi di ricambio, un significativo risparmio di risorse (materie prime e rifiuti,



09-20 NOV 2020
GLASGOW

COP26

IN PARTNERSHIP WITH ITALY



energia per produzione e trasporto); il consumatore non resterà passivo nell'acquisto, ma potrà intervenire nella scelta di opzioni diverse di assemblaggio, reso consapevole dei benefici ambientali,

- o nuovi oggetti potranno avere un costo maggiore di produzione e volumi di vendita inferiori e proprio perché durevoli nel tempo potrebbero costare di più, ma proprio per questo e per la loro intrinseca rilevanza ai fini della sostenibilità ecologica e sociale avrebbero bisogno di forme di sostegno economico, attraverso **finanziamenti** per la ricerca, la progettazione la formazione dei **riparatori, tassi molto agevolati** per far partire il mercato. La previsione di un aumento di forza lavoro nel tempo, e il relativo gettito fiscale, potrà compensare in parte l'onere dell'aiuto pubblico.

In modo più specifico, occorre una spinta all'artigianato ed alla piccola e media impresa italiana affinché si possa occupare di restauro/valorizzazione del ns Patrimonio culturale e ambientale, trasversalmente (dalle opere artistiche agli edifici storici, ai borghi, al paesaggio, attivando percorsi formativi (STEM/ altri) anche in situ, integrando quanto nel DDI già esiste a livello settoriale. Ad esempio per quanto attiene il reddito di cittadinanza (art 21), il Servizio civile (art 42 e 43), gli stanziamenti per la manutenzione delle infrastrutture (art 140/...). Occorre favorire in modo esplicito la necessità di trasversalità sui processi attuativi. Anche senza spostare articoli/fondi/meccanismi indicati dal presente ddl, sarebbe necessario aggiungere riferimenti alle possibilità/necessità di "reciproco incrocio" per potenziarne gli effetti positivi sul sistema territoriale ed ecologico (e ridurre le distorsioni).

LE PROPOSTE

Prevedere nella Legge di Bilancio l'introduzione di

- un'IVA agevolata (4 o 10%) sul materiale vegetale, la costruzione di spazi verdi, le opere di Ingegneria Naturalistica, gli interventi inquadabili come Nature Based Solutions (oggi è pari al 22%);
- un aumento dell'IVA al 22%, per le costruzioni che consumano risorse primarie, tra cui il suolo (infrastrutture, logistica, nuovi insediamenti anche pubblici su suolo naturale);
- richiami, negli specifici punti settoriali che lo consentono, all'esigenza di considerare meccanismi trasversali e polivalenti in grado di migliorare le funzionalità dei territori e degli ecosistemi

OSSERVAZIONI E PROPOSTE: MIGLIORAMENTO DEI PROCESSI DECISIONALI E APPLICAZIONE DEL PRINCIPIO DNSH

Le urgenze in corso, dettate sia da fattori ambientali esterni (i cambiamenti climatici in atto), sia dai tempi di strumenti programmatici adottati (in primis quelli collegati al PNRR), richiedono processi decisionali rapidi ed efficaci. Al loro interno l'efficienza e l'efficacia degli strumenti valutativi di ordine ambientale svolgono un ruolo molto rilevante, in particolare quando si parla di finanziare azioni che possono produrre impatti sul territorio e sull'ecosistema.

Oltre a quelli tradizionali (VIA, VAS ecc.) si è adesso aggiunto il rispetto del principio DNSH, obbligatoriamente previsto per tutte le azioni derivate o collegate al PNRR. Si tratta di nuovo tipo di valutazione integrata, di importanza strategica ma ancora praticamente

sconosciuto a livello amministrativo e professionale. Ricordiamo che la valutazione riguarda il rispetto dei 6 obiettivi fondamentali individuati a livello europeo:

1. mitigazione dei cambiamenti climatici;
2. adattamento ai cambiamenti climatici
3. uso sostenibile e alla protezione delle acque e delle risorse marine;
4. economia circolare;
5. prevenzione e riduzione dell'inquinamento;
6. protezione e ripristino della biodiversità e degli ecosistemi.

Per evitare ritardi legati ad ulteriori complicazioni procedurali rispetto a quelle esistenti, visti i tempi attuativi ristretti pare necessario nel 2022 un investimento per una rapida ed efficace introduzione dello strumento nel sistema italiano, il che richiede, oltre anche uno sforzo immediato sia di messa a punto tecnica e procedimentale (in corso) sia di tipo formativo per chi dovrà applicarlo (Regioni ed enti locali, aziende, professionisti).

LE PROPOSTE

Prevedere nella Legge di Bilancio una voce di spesa specificamente dedicata alla **efficace conoscenza ed attuazione del principio DNSH** in Italia, urgente già nel 2022, che preveda il sostegno a:

- azioni di messa a punto applicativa da parte di soggetti tecnici e scientifici già attivati in materia;
- monitoraggio degli avanzamenti al fine di perfezionare progressivamente gli aspetti applicativi;
- formazione nei confronti dei soggetti coinvolti con potenziali difficoltà di risposta (enti pubblici, aziende, mondo professionale)

Divulgazione delle scienze geologiche attraverso i geositi: l'esempio del progetto "Geoscuola" in Basilicata

Disclosure of geological sciences through the geosites: the example of Geoscuola project in Basilicata

Parole chiave: Divulgazione, Geoscienze, Progetto GeoScuola, Geositi, Basilicata
Keywords: Disclosure, Geoscience, GeoScuola project, Geosites, Basilicata region

Salvatore Lucente¹

E-mail: salvatore_lucente@libero.it

Mario Bentivenga^{1,2}

E-mail: mario.bentivenga@unibas.it

Valentina Cantarelli¹

E-mail: valentina.cantarelli@libero.it

Giacomo Prosser^{1,2}

E-mail: giacomo.prosser@unibas.it

Giovanna Rizzo^{1,2}

E-mail: giovanna.rizzo@unibas.it

Giovanni Soldo¹

E-mail: soldogiovanni@gmail.com

Ivan Giulio Baggi³

E-mail: ivan.baggi@shell.com

Giammarco Guidetti¹

E-mail: giamm.guid@gmail.com

¹ ExtraGEO s.r.l.s., Potenza

² Dipartimento di Scienze - Università degli Studi della Basilicata, Potenza

³ Shell Italia E&P

RIASSUNTO

GeoScuola è un progetto divulgativo finalizzato alla promozione della cultura geologica tra gli studenti delle scuole secondarie di primo grado della Basilicata. L'iniziativa, realizzata dallo spin off accademico ExtraGEO dell'Università degli Studi della Basilicata, in collaborazione con Shell E&P Italia, viene riproposta dal 2014 ed è giunta alla sesta edizione.

Il progetto ha coinvolto fino ad oggi 20 scuole per un totale di circa 2000 studenti. Le attività didattiche, svolte in genere tra marzo e maggio, sono suddivise tra cinque lezioni frontali e un'esplorazione finale presso Sasso di Castalda (PZ), Castelmezzano (PZ) o Rionero in Vulture (PZ), geositi di rilievo nazionale e internazionale.

Il programma didattico affronta i principali ambiti delle Geoscienze (origine del sistema solare, tettonica a placche, riconoscimento delle rocce, vulcani, terremoti, panoramica sul mondo delle energie, patrimonio geologico e ambientale) attraverso strumenti multimediali e tecnologie avanzate. L'intero corso si basa su un approccio laboratoriale e interattivo, arricchito da metodi didattici innovativi quali *cooperative learning*, *flipped classroom*, *mind mapping* e *problem posing*.

In questo lavoro raccontiamo l'esperienza di sei edizioni del progetto GeoScuola, analizzando metodologie e risultati e dimostrando come la scuola possa diventare un sistema dinamico, capace di co-evolversi con il territorio e di agire come co-attore di tutela, valorizzazione e promozione del patrimonio geologico.

ABSTRACT

GeoScuola is an educational project aiming at promoting Geoscience

among students of first degree – secondary school in the Basilicata region. The initiative, promoted by ExtraGEO, spin off of Basilicata University, in collaboration with Shell E&P Italy, official sponsor, has been proposed since 2014 and reached the sixth edition.

The project involved 20 schools and 2000 students up today. Teaching activities, generally carried out between march and may, are divided into 5 frontal lessons and 1 final field trip in the national and international geosites of Sasso di Castalda (PZ), Castelmezzano (PZ) or Rionero in Vulture (PZ).

The teaching program encloses the main topics of Geoscience (origin of solar system, plate tectonics, rocks recognition, volcanoes and earthquake, energy overview and geological heritage) while classroom activities benefit from multimedia tools and advanced technologies. During lectures, laboratory and interactive approaches are adopted, with innovative teaching methods such as cooperative learning, flipped classroom, mind mapping and problem posing.

In this paper we present the experience of 6 editions of GeoScuola, analyzing methodologies and feedback. We also demonstrate how the school can become a dynamic system, capable of evolving together with the territory and acting for protection, enhancement and promotion of geological heritage.

1. INTRODUZIONE

I geositi (Wimbledon, 1996) racchiudono la memoria della Terra, l'identità dei luoghi, la testimonianza di processi che hanno reso e rendono tutt'ora possibile l'esistenza e l'evoluzione di qualsiasi forma di vita, vegetale e animale. *“La nostra storia e quella della*

Terra sono inseparabili; le sue origini e la sua storia sono le nostre, il suo futuro sarà il nostro futuro”, recitava il quarto comma della Dichiarazione Internazionale della Memoria della Terra del 1991. Circa 30 anni dopo, lo sviluppo sostenibile improntato alla valorizzazione del patrimonio geologico ha fatto enormi passi avanti. Oggi, per esempio, le parole geodiversità, geosito e geoconservazione (Gray, 2004; Henriques *et al.*, 2011) si sono diffuse tra la comunità scientifica e iniziano a permeare anche l'ambito normativo. Alla data odierna, esistono 169 Geoparchi Mondiali UNESCO, distribuiti in 44 Paesi. Di questi, 11 si trovano in Italia (database UNESCO, 2021).

La regione Basilicata ospita 120 geositi e 1 Geoparco (database ISPRA, 2021) e, da alcuni anni, si è dotata di uno strumento normativo a garanzia della tutela e dello sviluppo del patrimonio geologico, attraverso l'approvazione della Legge Regionale n. 32/2015, promossa dall'Università degli Studi della Basilicata, dalla SIGEA, dall'Ordine dei Geologi di Basilicata, con il contributo delle associazioni ambientaliste locali. La necessità di tutelare il patrimonio geologico attraverso leggi *ad hoc* incontra l'esigenza di accrescere, soprattutto nei giovani, una cultura e una sensibilità verso la geoconservazione. Negli ultimi anni, anche la letteratura scientifica sta maturando un'attenzione crescente verso la divulgazione scientifica in ambito geologico (Rodrigues, 2012; Fermeli *et al.*, 2015; Cantarelli *et al.*, 2016; Pescatore *et al.*, 2019).

Il progetto divulgativo GeoScuola, realizzato da ExtraGEO, spin off accademico dell'Università degli Studi della Basilicata, in collaborazione con Shell Italia E&P, nasce proprio con l'obiettivo

di promuovere la cultura geologica tra gli studenti delle scuole secondarie di primo grado di alcune aree della Basilicata (Lucente *et al.*, 2018). Durante le attività, gli studenti vengono coinvolti in lezioni frontali ed escursioni, imparano a conoscere e apprezzare le peculiarità geo-naturalistiche del loro territorio, acquisiscono le necessarie conoscenze per validare le informazioni e le loro fonti. Tali abilità si rivelano molto utili per aumentare la coscienza di luogo e per sviluppare il pensiero critico, molto vantaggioso in un'epoca in cui i *social media*, con la loro capillare diffusione, garantiscono l'accesso a dati e informazioni tanto più semplice e immediato quanto incontrollato e privo di riscontro e verifica.

In questo lavoro vogliamo presentare il progetto GeoScuola (Fig. 1), dall'organizzazione ai *feedback*, esaminando i suoi punti di forza e di debolezza emersi dai primi 6 anni di attività, sperando di fornire un piccolo contributo alla crescente e diffusa attività di valorizzazione e promozione dei geositi e della cultura geologica in atto nel nostro Paese.



Figura 1. Logo del progetto divulgativo GeoScuola. La mascotte è un drago con il martello di nome Geodino

2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Le attività del progetto GeoScuola hanno in genere inizio nel mese di ottobre, con la redazione del calendario delle lezioni, concordato con i dirigenti scolastici e i docenti di scienze. In parallelo si lavora alla verifica e all'aggiornamento e dei contenuti (lezioni, materiale didattico, campioni di roccia, ecc.).

A partire dal mese di gennaio, lo staff del progetto, costituito da 12 persone comprendenti organizzatori e collaboratori dello spin off ExtraGEO, si riunisce almeno 5 volte per condividere gli aggiornamenti, organizzare e ripassare i contenuti, definire metodi e tempistiche e coordinare i vari gruppi di lavoro. Viene inoltre svolto un sopralluogo nei geositi dove si terranno le escursioni, con la finalità di verificare gli standard di sicurezza, l'integrità dei geotinerari e la manuten-

zione dei sentieri. La cartografia escursionistica e, più in generale, tutti i dati territoriali relativi al progetto, vengono elaborati e gestiti in ambiente GIS.

Nel mese di marzo iniziano le attività di aula, che coinvolgono normalmente fino a 20 scuole, con un totale anche di oltre 100 incontri, suddivisi tra lezioni frontali e attività di campo. Al termine di ogni incontro, la classe deve affrontare un momento di verifica rappresentato dai *Geoquiz*. Di seguito descriviamo più in dettaglio le fasi operative.

2.1. ATTIVITÀ IN AULA

Il programma di didattica frontale si articola in 5 lezioni di 2 ore ciascuna, svolte in classe di mattina o di pomeriggio, in genere con cadenza settimanale (Fig. 2). Ogni lezione è incentrata su un tema specifico e viene tenuta da 2 formatori di ExtraGEO. Durante il meeting, i formatori coinvolgono attivamente gli allievi, commentano diapositive, figure e animazioni proiettate a schermo ed eseguono laboratori in cui i ragazzi acquisiscono competenze e conoscenze attraverso vie esperienziali.

Durante la prima lezione, i divulgatori introducono il progetto ed espongono il programma delle attività, passando subito alla fase pratica. Al termine della lezione, viene svolto *Geoquiz*, che serve a verificare e consolidare in maniera ludica le conoscenze acquisite dalla classe. Le lezioni coinvolgono i principali campi teorici e applicativi delle Scienze della Terra e sono ordinate secondo nessi logici di tipo temporale e causale.

La prima lezione racconta la storia del Sistema Solare, esplora l'interno del-

la Terra e illustra la tettonica a placche e il ciclo delle rocce, focalizzandosi sulla distinzione tra rocce ignee, metamorfiche e sedimentarie. La seconda lezione stringe il campo sui fenomeni sismici e vulcanici, connessi alla tettonica a placche. La terza lezione presenta un excursus sull'evoluzione della vita sulla Terra, spiegando come i resti di organismi fossili abbiano dato origine agli idrocarburi. La quarta lezione fa il punto sulle altre fonti naturali di energia, dall'idroelettrico alla geotermia.

La quinta e ultima lezione introduce gli studenti ai significati di patrimonio geologico, geodiversità, geoconservazione e geoturismo (Bentivenga *et al.*, 2019). Vengono descritti i geositi presenti in regione, in Italia e nel resto del mondo. In questo modo gli allievi imparano meglio la storia geologica della loro regione, e assumono una "coscienza di luogo", ossia la consapevolezza della rilevanza del patrimonio geonaturalistico locale, anche attraverso il confronto con luoghi più remoti. L'ultima lezione è anche finalizzata a preparare gli studenti alle successive attività di campagna.

2.2. ATTIVITÀ SUL CAMPO

Al termine della fase d'aula, viene programmata un'uscita sul campo in un geosito della regione (Fig. 3). Durante l'escursione, i ragazzi assumono il ruolo di piccoli geologi, avendo l'opportunità di riconoscere e toccare letteralmente con mano forme, strutture e prodotti derivanti da processi fisici e geologici studiati in classe (fratture, pieghe, faglie e indicatori cinematici, sovrascorrimenti, strati con diverse litologie, fossili, morfoselezione ecc.).



Figura 2. Classe partecipa durante una lezione frontale sull'origine del pianeta Terra



Figura 3. Alcuni momenti delle escursioni geoturistiche finali. Le attività di campo sono interattive: ad ogni stop del percorso, le spiegazioni dei docenti si alternano alle domande del Geoquiz



Figura 4. Due momenti del gioco di ricostruzione del puzzle tettonico. Gli studenti, divisi in due squadre, partono da dietro una linea di start e raggiungono la stazione di gioco. Una volta assemblato il puzzle ritornano al punto di partenza. Vince la squadra che taglia per prima il traguardo

La giornata inizia con il trasporto in autobus di 2-4 classi e l'arrivo al geosito in prima mattinata. Lo staff dà il benvenuto agli studenti distribuendo alcuni gadget e spiegando come si svolgeranno le attività. Le classi vengono divise in gruppi, che percorrono l'itinerario geologico in momenti diversi, nel rispetto degli standard di sicurezza e sotto la supervisione costante dei loro insegnanti e dei formatori di ExtraGEO.

Durante la passeggiata si svolgono esercitazioni, soste panoramiche, osservazioni di affioramenti da vicino; nascono quindi discussioni in cui gli studenti mostrano un elevato livello di interesse e un'attiva partecipazione attraverso continue domande, osservazioni e annotazioni sui loro blocchi per appunti. Il geo-tour dura circa un'ora. Al termine, quando le classi tornano unite, queste si sfidano attraverso vari giochi, come la caccia al tesoro e l'*orientteering*, che coinvolgono abilità motorie e di orientamento mediante lettura e interpretazione della cartografia. Una fra le attività più apprezzate è la ricostruzione, nel più breve tempo possibile, del *puzzle tettonico*, in cui le tessere sono costituite dalle placche litosferiche (Fig. 4).

I punteggi ottenuti nelle lezioni in aula, cumulati con quelli acquisiti nei giochi all'aperto, consentono di individuare la classe vincitrice di giornata. A fine mattinata, dopo la premiazione dei gruppi, gli studenti si avviano al rientro.

I geositi destinati alle attività di campo vengono selezionati sulla base

di 4 requisiti fondamentali, analizzati in ambiente GIS, utile supporto informatico per la gestione delle attività geoturistiche (Guidetti & Lucente, 2015):

- *canoni di sicurezza*: presenza di balaustre, buona condizione dei sentieri, reti paramassi, assenza di ostacoli o altri oggetti sporgenti o taglienti lungo i camminamenti ecc.;
- *logistica*: disponibilità di parcheggi, ampi spazi di raccolta, traffico limitato, aree all'ombra, punti ristoro, servizi igienici, ecc.
- *rilevanza scientifica e paesaggistica*: presenza e buona esposizione di elementi puntuali o areali esemplificativi di processi geologici (vulcanismo, fenomeni morfogenetici, tettonica),

impatto estetico ecc., che hanno ispirato l'istituzione del geosito;

- *processo di valorizzazione*: presenza di elementi fondamentali che testimoniano la filiera di sviluppo del geosito, dalla geoconservazione alla valorizzazione e gestione (attrattori, percorsi multitematici, infrastrutture, piani di sviluppo ecc.).

I geositi della Basilicata selezionati in base ai predetti requisiti sono di seguito descritti:

- **Sasso di Castalda (PZ)**: la geologia emerge tra le case dell'abitato, esponendo strutture tettoniche a diverse scale (Ciarapica & Passeri, 2000; Palladino *et al.*, 2013; Guido *et al.*, 2021). Lungo le pareti del fosso dell'Arenatra affiorano successioni del Triassico e del Giurassico afferenti alla serie calcareo-silico-marnosa del Bacino di Lagonegro (Scandone, 1967; 1972) (Fig. 5). Il principale attrattore è un ponte nepalese alto 120 m e lungo circa 300 m, chiamato *Ponte alla Luna* in onore di Rocco Petrone, illustre cittadino sassese, direttore delle missioni Apollo dal 1966 al 1969. Un percorso geoturistico con punti panoramici, pannelli informativi e campioni di roccia esposti



Figura 5. Strati piegati nel Fosso dell'Arenatra (Sasso di Castalda, PZ). Verso sinistra è visibile uno dei due ponti nepalesi che costituiscono i principali attrattori turistici del paese



Figura 6. (a) Pannello introduttivo del percorso geologico-turistico di Sasso di Castalda (PZ). (b) Uno degli stop panoramici dell'itinerario

racconta la storia geologica dell'area (Palladino *et al.*, 2013) (Fig. 6).

- **Castelmezzano (PZ):** il paese è arroccato sui versanti delle Dolomiti Lucane, rilievi scolpiti in arenarie e conglomerati miocenici, che mostrano una singolare convergenza morfologica con le Dolomiti alpine (Fig. 7). Tra i torrioni e i pinnacoli che dominano il borgo, è possibile osservare strutture a nido d'ape, profili zoomorfi e antropomorfi scolpiti dall'erosione, strati con serie di *Bouma* complete ed eccezionalmente conservate (Boenzi & Ciaranfi, 1970; Collella, 1979; Loiacono, 1994; Boiano, 1997; Giannandrea *et al.*, 2009; Pitts *et al.*, 2017; Casciano *et al.*, 2019). Il sito è immerso nel Parco di Gallipoli Cognato Piccole Dolomiti Lucane. Il principale attrattore locale è il volo dell'angelo: una *zipline* che sorvola il paesaggio dolomitico e su cui si scivola imbracati e in sicurezza con una velocità di punta di 120 km/h e a un'altezza massima di 130 m.
- **Monte Vulture (PZ):** vulcano a chimismo potassico, attivo nel Pleistocene medio (Schiattarella *et al.*, 2005; Giannandrea *et al.*, 2006) (Fig. 8). Durante le ultime manifestazio-

ni eruttive, sono state emesse lave carbonatiche (Stoppa & Principe, 1997), mentre il collasso di una parte dell'edificio ha formato una caldera con due laghi profondi fino a 40 m (Giannandrea *et al.*, 2006). I sedimenti depositi nei laghi sono importanti indicatori paleoclimatici (Zolitschka, 1996). Il microclima attuale invece permette la sopravvivenza della farfalla *Brahmaea (Acanthobrahmaea) europaea*, fossile vivente del Miocene (Spicciarelli, 2018). Il Monte Vulture è anche l'unico vulcano posto così a oriente nella Catena appenninica e ciò lo rende particolarmente interessante (Schiattarella *et al.*, 2005). L'area è soggetta a vincoli di tutela grazie all'istituzione della Riserva regionale Lago piccolo di Monticchio, nel 1984, e del Parco Naturale Regionale del Vulture, nel 2017. Nei dintorni ricadono svariati siti di interesse geologico, storico e archeologico (Bentivenga *et al.*, 2016). L'attrattore principale è l'Abbazia di San Michele, nella quale coesistono locali destinati alle funzioni religiose e un museo di scienze naturali diviso in sezioni dedicate a flora, fauna e geologia.

3. MATERIALI E METODI

Lo staff del progetto GeoScuola ha adottato, fin dalla prima edizione, metodologie innovative per sostenere una divulgazione originale, coinvolgente e attuale. Secondo il *cooperative learning* o apprendimento cooperativo (Slavin, 1980; 1982; Qin *et al.*, 1994), la classe può essere suddivisa in piccoli gruppi, in cui gli studenti cooperano attivamente, maturano abilità e competenze sociali, diventano *problem solver* di gruppo e iniziano a sentirsi responsabili del percorso di crescita proprio e degli altri. Inoltre, attraverso la condivisione delle conoscenze, compensano le lacune individuali limitando al minimo l'intervento degli insegnanti.

L'apprendimento cooperativo è il metodo più usato dallo staff di GeoScuola e vede una sua naturale prosecuzione in un altro modello innovativo, quello della *flipped classroom* o classe capovolta (Lage *et al.*, 2000; Little, 2005), in cui gli studenti continuano ad essere la parte più attiva e autonoma del percorso di conoscenza, mentre le tecnologie diventano delle risorse abilitanti. In particolare, i formatori progettano ambienti di apprendimento fruibili con tempi e strumenti flessibili, poi selezionano i contenuti e li propongono in modo tale che possano essere esplorati quasi autonomamente dalla classe. La lezione viene avviata secondo metodi tradizionali. Con il supporto di strumenti audiovisivi, i docenti forniscono concetti e conoscenze base, necessari a orientarsi nella disciplina e a risolvere dei problemi. Ben presto, però, la classe viene "attivata" con domande, quesiti da risolvere e interpretazione di *role play*, a cui gli studenti dovranno fornire risposte attraverso confronti, esperimenti e laboratori.

Per semplificare i concetti, riassumere le lezioni e ordinare gli argomenti



Figura 7. (a) Inizio dell'escursione sulla terrazza panoramica con vista sul borgo di Castelmezzano (PZ). (b) Le suggestive morfologie delle Dolomiti Lucane, scolpite dall'erosione negli strati torbiditici arenaceo-pelitici appartenenti alla formazione del Flysch di Gorgoglione



Figura 8. Studenti alla scoperta della vulcanologia. Nella foto, l'inizio dell'escursione presso uno dei due Laghi di Monticchio, incastonati nella depressione calderica del Monte Vulture (PZ), unico vulcano presente in Basilicata, inattivo da circa 130.000 anni

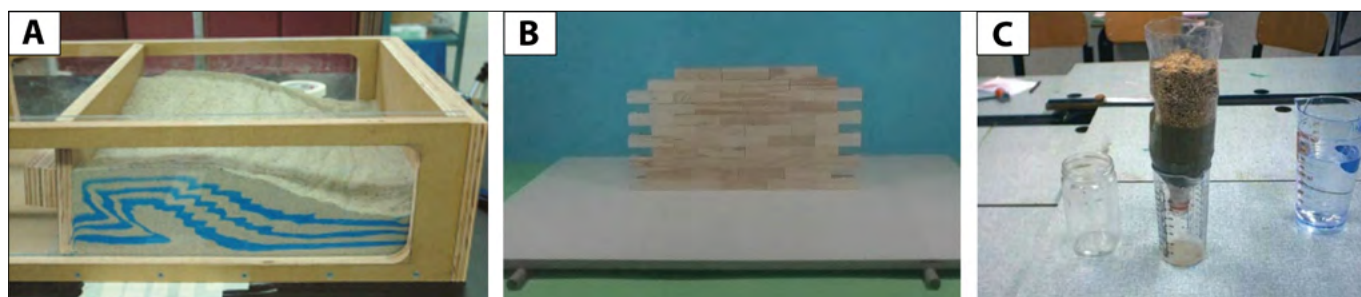


Figura 9. Alcuni semplici esperimenti svolti in classe durante le lezioni del progetto GeoScuola: (a) sand box; (b) seismic box; (c) perm box (si rimanda al testo per la spiegazione dettagliata)

rispetto ai loro collegamenti logici, lo staff di GeoScuola fa ampio ricorso anche alla tecnica del *mind mapping*, basata sulla costruzione delle mappe mentali (Mento *et al.*, 1999; Davies, 2011; Buran & Filyukov, 2015). L'apprendimento pratico infatti potenzia le abilità associative degli studenti perché permette, ad esempio, di riassumere con semplici *parole chiave* non solo i concetti astratti ma anche le esperienze vissute, con il loro carico concettuale, sensoriale ed emozionale. Quando alle parole chiave viene associata un'esperienza o una competenza, diventa più facile costruire un piano cognitivo superiore, dove le parole e i loro sottintesi vengono tra loro collegati all'interno di mappe concettuali attraverso nessi logici, causali, spaziali e temporali. La finalità è quella di *conoscere prima* e poi *mettere in rete*.

Le attività sono sempre accompagnate da una mascotte, rappresentata anche nel logo del progetto: un giovane drago, dal nome Geodino (Fig. 1), che compare nei contenuti audiovisivi e supporta lo staff di progetto nella divulgazione, nei giochi e negli esperimenti. Riportiamo di seguito alcuni semplici esperimenti svolti in classe:

- **Sand box:** simula l'evoluzione di una catena montuosa. In un contenitore trasparente, viene deposta della sab-

bia policroma. Ogni strato ha un colore diverso. Uno stantuffo azionato a mano comprime lateralmente la sabbia formando pieghe e faglie. Il risultato è visibile in Fig. 9a.

- **Seismic box:** simula gli effetti dei terremoti con e senza i dissipatori sismici. Su una tavola di legno, poggiata su un banco, viene costruito un edificio con dei mattoncini. Nella prima prova, il banco viene scosso e l'edificio crolla. In una seconda prova, sotto la tavola vengono aggiunti dei listelli tondi che, ruotando, isolano la base di legno e permettono all'edificio di restare in piedi. Il risultato è visibile in Fig. 9b.

- **Perm box:** simula il deflusso dell'acqua nei diversi tipi di sedimenti. Una bottiglia, tagliata a metà e posizionata con il collo verso il basso sopra un bicchiere, viene riempita da sedimenti. L'acqua versata dall'alto attraverserà il contenuto della bottiglia con tempi dipendenti dalla sua porosità e permeabilità. Il risultato è visibile in Fig. 9c.

Un altro degli aspetti metodologici fondamentali del progetto GeoScuola è il Geoquiz: gli studenti, collaborando attivamente, devono rispondere al termine di ogni lezione a 10-12 domande aperte o a crocette, per misurare il grado

di comprensione e di confidenza con la materia. La prova si svolge con infografica in stile quiz televisivo, proiettata a schermo o sulla LIM (Lavagna Interattiva Multimediale). La classe sceglie un responsabile, che annota le risposte su una scheda dopo aver consultato i compagni entro un tempo limite.

Il punteggio ottenuto da ogni classe viene pubblicato sulla pagina Facebook ufficiale del progetto e cumulato fino al giorno dell'escursione. Durante l'uscita sul campo, le classi si sfidano dal vivo in una serie di prove per aggiudicarsi il premio finale (in genere una coppa o una targa). In ogni uscita, si sfidano da 2 a 4 classi, da cui viene decretata una vincitrice di giornata. All'inizio dell'escur-

sione, vengono distribuiti dei gadget a tutti gli studenti (blocchi note, matite, cappellini, magliette e zaini con il logo del progetto) (Fig. 10).

Le attività sono gestite in modo da favorire l'aspetto ludico e la cooperazione invece che la competizione: quando si sbaglia non si perde, ma si impara. Il *count down* che precede la nomina del vincitore viene vissuto con grande ec-



Figura 10. Gadget distribuiti agli studenti prima delle attività sul campo. Nelle sacche porta oggetti trovano posto t-shirt, cappellini, blocchi per appunti e matite



Figura 11. Momenti finali dell'attività di campo, in cui vengono premiati gli studenti delle classi vincitrici

citamento. La giornata si conclude con un caloroso applauso e le foto di gruppo (Fig. 11).

4. ELABORAZIONI STATISTICHE E RISULTATI

Il progetto GeoScuola, all'indomani di 6 edizioni completate, offre una base di dati molto utile per studiare l'impatto e la riuscita della manifestazione. Al termine di ogni edizione, lo staff ha sottoposto agli studenti un questionario di gradimento con domande aperte e a risposta multipla, al fine di ampliare le prospettive di lettura e di raccogliere spunti migliorativi. Le domande proposte sono mirate a conoscere cosa sia piaciuto di più e di meno, la lezione preferita, quanto siano stati chiari i contenuti e apprezzati gli insegnanti. L'ultima domanda propone allo studente di fornire dei suggerimenti utili a perfezionare le successive edizioni.

Le risposte, nel corso degli anni, hanno mostrato tendenze simili e spesso in miglioramento. I feedback ottenuti sono rappresentati in Fig. 12. Come si evidenzia dalla grafica, le componenti più amate dagli studenti sono sempre gli argomenti delle lezioni e il Geoquiz, in tutte le edizioni del progetto. La durata delle lezioni invece risulta la componente meno apprezzata. In decine di schede consegnate, gli studenti hanno specificato che avrebbero desiderato un numero e una durata di incontri ben superiore a quella prevista. Le lezioni incentrate sull'origine del Sistema Solare e sui vul-

cani e i terremoti sono, in proporzione, sempre più gradite, anche se tutte le altre lezioni mostrano trend di gradimento in crescita nelle ultime edizioni. Infine, le valutazioni sulla chiarezza dei contenuti e sui divulgatori si aggirano, in genere, tra 9 (ottimo) e 10 (eccellente).

Le statistiche appena esposte sono state integrate con i risultati dell'ultimo quesito, riguardante i suggerimenti

scritti dagli studenti, e con le valutazioni formulate dallo staff, alla luce delle esperienze vissute. È stato così possibile costruire una matrice SWOT per definire punti di forza, di debolezza, opportunità e minacce del progetto (Fig. 13).

Un altro risultato interessante emerge confrontando il tempo trascorso dai docenti nelle classi e il numero di preferenze espresse dagli studenti, nel trien-

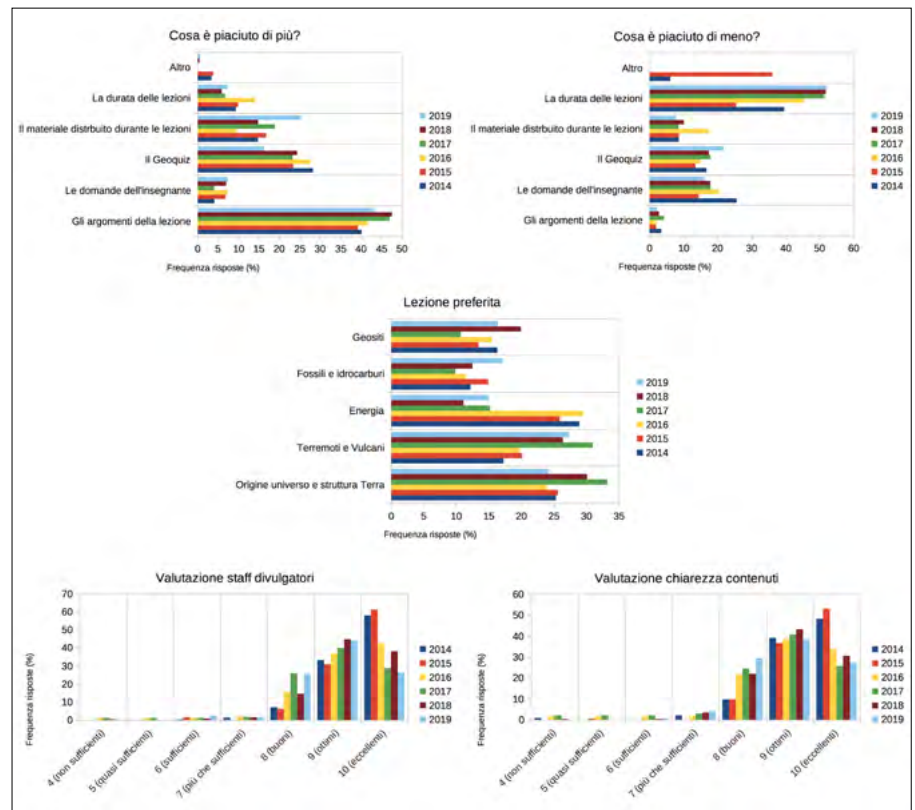


Figura 12. Risultati dei questionari di gradimento compilati dagli studenti partecipanti al progetto GeoScuola. Si rimanda al testo per il commento

nio 2016-18. Le due variabili mostrano una chiara correlazione (Fig. 14). Il formatore che trascorre più ore con gli studenti costruisce infatti un rapporto empatico e fiduciario, abitua la classe al proprio metodo e ottiene maggiore ascolto. Queste considerazioni sono state molto utili nel miglioramento del progetto. Nella stesura dei calendari, infatti, si fa in modo che i formatori seguano la stessa classe per tutto il percorso formativo.

Un'ultima osservazione va riservata alle modalità di apprendimento degli studenti quando sono sul campo. In questa Fase, i ragazzi dimostrano una grande propensione a interpretare il paesaggio geologico attraverso il disegno: schematizzano gli affioramenti, individuano gli elementi costitutivi come strati, passaggi formazionali e morfologie. Riproducendo sulla carta quello che osservano, sono capaci addirittura di distinguere le faglie dirette dalle inverse individuando il piano di faglia, i marker e la loro cinematica.

5. CONCLUSIONI

Nei suoi primi 6 anni di vita, il progetto didattico-divulgativo GeoScuola ha rivestito un ruolo chiave nella sensibilizzazione degli studenti della Basilicata verso le Geoscienze e il patrimonio geologico. L'iniziativa si afferma come progetto pilota nel panorama nazionale e si presenta come un *unicum* quanto a durata, continuità, metodologie adoperate, risorse, organizzazione e feedback.

L'impiego di tecniche didattiche innovative, messe in campo grazie a uno staff specializzato nei diversi settori delle Scienze Geologiche, ha contribuito a radicare in generazioni di studenti il valore identitario del patrimonio geologico. Durante il periodo di formazione trimestrale, gli allievi hanno avuto modo di sperimentare in prima persona come un geologo studia la Terra, dai fenomeni globali, come la tettonica a placche, alle deformazioni microscopiche osservabili in una sezione sottile di roccia.

Triplice quindi è l'ambizione di questo progetto: (i) instillare nei più giovani il bisogno di diventare turisti consapevoli della propria terra, con un approccio e una *forma mentis* di un geologo; (ii) accrescere le loro conoscenze nel campo delle Scienze della Terra utilizzando un metodo di approccio alla materia che vada oltre il nozionismo; (iii) innescare un processo di supporto e partecipazione a future azioni di tutela e valorizzazione del patrimonio geologico (Henriques *et al.*, 2011, Geremia *et al.* 2015).

Punti di forza	Punti di debolezza
<ul style="list-style-type: none"> - Supporto di materiali interattivi; - Approccio laboratoriale e pratico; - Impiego di tecniche divulgative innovative; - Studente protagonista del processo di apprendimento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Numero ridotto di uscite sul campo; - Logistica (continuo trasporto dei materiali didattici, allestimento dei laboratori e smontaggio).
Opportunità	Minacce
<ul style="list-style-type: none"> - Interessamento di nuove scuole; - Richiesta, da parte degli studenti, di estendere la durata e il numero delle lezioni; - Proposta degli studenti di realizzare concorsi a premi e nuove attività. 	<ul style="list-style-type: none"> - Rallentamento delle attività dovuto alle misure di contrasto alla pandemia da coronavirus.

Figura 13. Matrice SWOT del progetto GeoScuola recante punti di forza e di debolezza, opportunità e minacce riscontrati durante tutte le edizioni

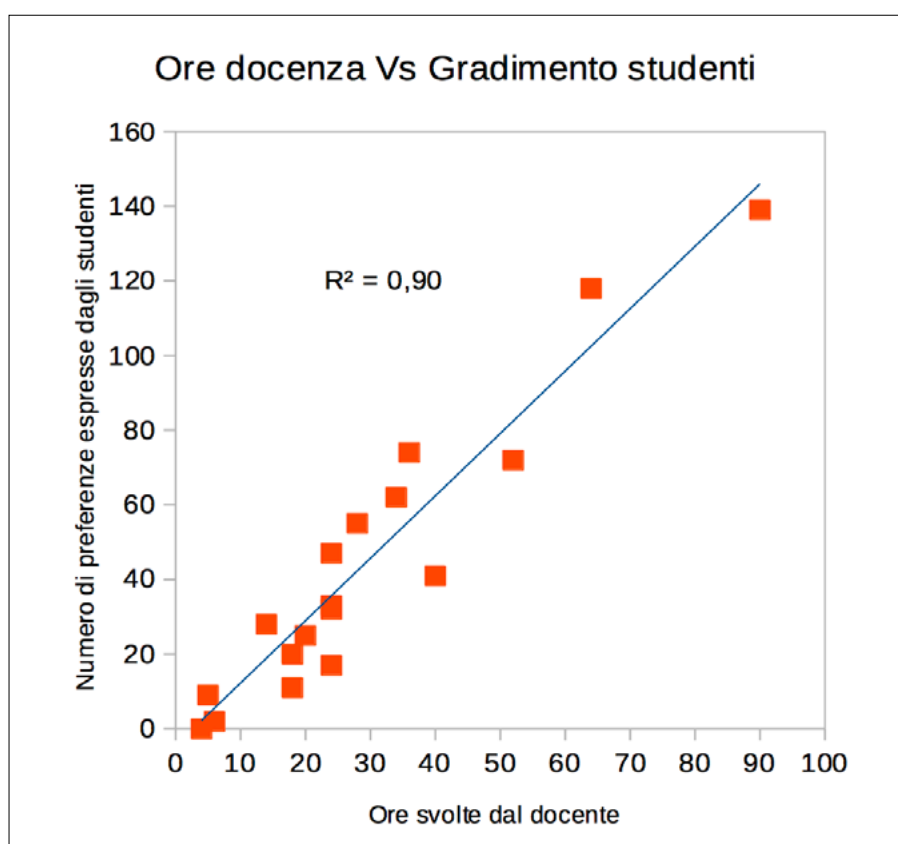


Figura 14. Correlazione tra ore trascorse in classe dai docenti e gradimento degli studenti. Si rimanda al testo per il commento

Riteniamo infatti che, anche grazie all'attività divulgativa e didattica di questo progetto, emergeranno un giorno, dalle nuove generazioni, cittadini e amministratori sempre più consapevoli, attenti alla cura e alla valorizzazione del patrimonio geonaturalistico, al suo significato identitario per le comunità e al suo potenziale geoturistico.

I confortanti risultati dei geoquiz e dei questionari di gradimento hanno, fin dalla prima edizione, trovato ampio riscontro nella curiosità, nella partecipazione e nell'entusiasmo manifestati

dagli studenti durante attività d'aula e di campo. Segnaliamo anche un'ampia richiesta di partecipazione da parte di altre scuole che, grazie al passaparola di studenti, docenti e dirigenti scolastici, hanno dimostrato interesse verso il progetto GeoScuola.

6. BIBLIOGRAFIA

BENTIVENGA M., CANTARELLI V., GUIDETTI G., LUCENTE S., PROSSER G., RIZZO G. & SOLDI G. (2016), *A geological, archaeological and anthropological journey throughout the north-eastern Basilicata*,

- Italy. Rend. Online Soc. Geol. It., Suppl. 1, vol. 40, 854.
- BENTIVENGA M., CAVALCANTE F., MASTRONUZZI G., PALLADINO G. & PROSSER G. (2019), *Geoheritage: the Foundation for Sustainable Geotourism*. Geoheritage J., DOI:10.1007/s12371-019-00422-w
- BOENZI F. & CIARANFI N. (1970), *Stratigrafia di dettaglio del Flysch di Gorgoglione (Lucania)*, Memorie della Società Geologica Italiana, 9, 65-79.
- BOIANO U. (1997), *Anatomy of a siliciclastic turbidite basin: the Gorgoglione Flysch, Upper Miocene, southern Italy: physical stratigraphy, sedimentology and sequence-stratigraphic framework*. Sedimentary Geology, 107(3-4), 231-262.
- BURAN A. & FILYUKOV A. (2015), *Mind mapping technique in language learning*. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 206, 215-218.
- CANTARELLI V., BENTIVENGA M., GUIDETTI G., LUCENTE S., PROSSER G., RIZZO G. & SOLDI G. (2016), *The "Geoscienze" project: an educational project for primary and intermediate school students of the Basilicata region, Italy*. Rend. Online Soc. Geol. It., Suppl. 1, vol. 40, 951.
- CASCIANO C. I., PATACCI M., LONGHITANO S. G., TROPEANO M., MCCAFFREY W. D. & DI CELMA C. (2019), *Multi-scale analysis of a migrating submarine channel system in a tectonically-confined basin: The Miocene Gorgoglione Flysch Formation, southern Italy*. Sedimentology, 66(1), 205-240.
- CIARAPICA G. & PASSERI L. (2000), *Le facies del Triassico inferiore e medio (fm. di Monte Facito Aucct.) nelle aree di Sasso di Castalda e di Moliterno (Basilicata)*. Boll. Soc. Geol. Ital., 119, 339-378.
- COLELLA A. (1979), *Medium-scale ttractive bedforms and structures in Gorgoglione Flysch (lower Miocene; Southern Apennines, Italy)*. Boll. Soc. Geol. Ital., 98(3-4), 483-494.
- DAVIES M. (2011), *Concept mapping, mind mapping and argument mapping: what are the differences and do they matter?* Higher education, 62(3), 279-301.
- FERMELI G., MELÉNDEZ HEVIA G., KOUTSOVELI A., DERMITZAKIS M., CALONGE A., STEININGER F., D'ARPA C. & DI PATTI C. (2015), *Geoscience Teaching and Student Interest in Secondary Schools—Preliminary Results from an Interest Research in Greece, Spain and Italy*. Geoheritage, 7, 13-24.
- GEREMIA F., BENTIVENGA M. & PALLADINO G. (2015), *Environmental Geology Applied to Geoconservation in the Interaction Between geosites and linear infrastructures in South-Eastern Italy*. Geoheritage, Doi: 10.1007/s12371-015-0145-0.
- GIANNANDREA P., LA VOLPE L., PRINCIPE C. & SCHIATTARELLA M. (2006), *Unità stratigrafiche a limiti inconformi e storia evolutiva del vulcano medio-pleistocenico di Monte Vulture (Appennino meridionale, Italia)*. Bollettino-Società Geologica Italiana, 125(1), 67.
- GIANNANDREA P., LOIACONO F., MAIORANO P. & LIRER F. (2009), *Carta geologica del settore orientale del bacino di Gorgoglione (Eastern sector)*. Litografia Artistica Cartografica S.r.l., Firenze.
- GRAY M. (2004), *Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature*. Chichester, U.K.: John Wiley & Sons.
- GUIDETTI G. & LUCENTE S. (2015), *Proposta di guida alla classificazione dei geositi*. Atti della giornata divulgativa "EconGEO". Suppl. al periodico trimestrale della SIGEA "Geologia dell'Ambiente" n. 1/2015, 19-23.
- GUIDO A., PALLADINO G., SPOSATO M., RUSSO F., PROSSER G., BENTIVENGA M. & MASTANDREA A. (2021), *Reconstruction of tectonically disrupted carbonates through quantitative microfacies analyses: an example from the Middle Triassic of Southern Italy*. Facies, 67, 22. <https://doi.org/10.1007/s10347-021-00631-2>
- HENRIQUES M.H., PENA DOS REIS R., BRILHA J. & MOTA T. (2011), *Geoconservation as an Emerging Geoscience*. Geoheritage, 3, 117-128.
- LAGE M. J., PLATT G. J. & TREGLIA M. (2000), *Inverting the classroom: a gateway to creating an inclusive learning environment*. Journal of Economic Education, 31(1), 30-43.
- LITTLE C. (2015), *The flipped classroom in further education: literature review and case study*. Research in post-compulsory education, 20(3), 265-279.
- LOIACONO F. (1994), *Geometrie e caratteri deposizionali dei corpi arenacei nella successione stratigrafica del flysch di Gorgoglione (Miocene superiore, Appennino meridionale)*. Bollettino della Società geologica italiana, 112(3-4), 909-922.
- LUCENTE S., BENTIVENGA M., CANTARELLI V., GUIDETTI G., PROSSER G., RIZZO G. & SOLDI G. (2018), *Il progetto didattico-divulgativo GeoScuola: un esempio di valorizzazione del patrimonio geologico attraverso il geoturismo*. Presentazione poster, Convegno "Il Patrimonio Geologico: dallo studio di base al geoturismo sostenibile", Sasso di Castalda, 26-27 aprile.
- MENTO A. J., MARTINELLI P. & JONES R. M. (1999), *Mind mapping in executive education: applications and outcomes*. Journal of Management Development.
- PALLADINO G., PROSSER G. & BENTIVENGA M. (2013), *The geological itinerary of Sasso di Castalda: a journey into the geological history of the Southern Apennine thrust-belt (Basilicata-Southern Italy)*. Geoheritage. DOI 10.1007/s12371-012-0073-1.
- PESCATORE E., BENTIVENGA M., GIANO S.I. & SIERVO V. (2019), *Geomorphosites: Versatile Tools in Geoheritage Cultural Dissemination*. Geoheritage J. <https://doi.org/10.1007/s12371-019-00378-x>
- PITTS A. D., CASCIANO C. I., PATACCI M., LONGHITANO S. G., DI CELMA C. & MCCAFFREY W. D. (2017), *Integrating traditional field methods with emerging digital techniques for enhanced outcrop analysis of deep water channel-fill deposits*. Marine and Petroleum Geology, 87, 2-13.
- SCANDONE P. (1967), *Studi di geologia lucana: la serie calcareo-silico-marnosa e i suoi rapporti con l'Appennino calcareo*. Bollettino Società Naturalistica in Napoli, 6, 1-175.
- RODRIGUES J. (2012), *Pedagogical Geosciences tools to explain Naturtejo Geopark in both non-formal and formal environments*. Libro de Ponencias II Conferencia del Proyecto Geoschools: "Geología y Sociedad: Alfabetización Geocientífica". Publicaciones del Seminario de Paleontología de Zaragoza, 10.
- SCANDONE P. (1972), *Studi della geologia lucana: Carta dei terreni della serie calcareo-silico-marnosa e note illustrative*. Istituto di Geologia dell'Università di Napoli.
- SCHIATTARELLA M., BENEDEUCE P., DI LEO P., GIANO S. I., GIANNANDREA P. & PRINCIPE C. (2005), *Assetto strutturale ed evoluzione morfotettonica quaternaria del vulcano del Monte Vulture (Appennino lucano)*. Bollettino-Società Geologica Italiana, 124(3), 543.
- SPICCIARELLI R. (2018), *New bioethological observations on Brahmaea (Acanthobrahmaea) europaea and its host plants in Special Area of Conservation "Grotticelle di Monticchio" (Basilicata, Southern Italy) (Lepidoptera: Brahmaeidae)*. Fragmenta entomologica, 50(1), 43-52.
- STOPPA F. & PRINCIPE C. (1997), *Eruption style and petrology of a new carbonatitic suite from the Mt. Vulture (Southern Italy): The Monticchio Lakes Formation*. Journ. Volcanol. Geotherm. Res., 78, 251-265.
- QIN Z., JOHNSON D. W. & JOHNSON R. T. (1994), *Cooperative Versus Competitive Efforts and Problem Solving*. Review of Educational Research, 65(2), 129-143.
- SLAVIN R. E. (1980), *Cooperative Learning*. Review of Educational Research, 50(2), 315-342.
- SLAVIN R. E. (1982), *Cooperative learning: Student teams. What research says to the teacher*. National Education Association Professional Library, PO Box 509, West Haven, CT 06516 (Stock No. 1055-8-00; \$2.00).
- WIMBLETON, W. A. P. (1996), *Geosites – A new conservation initiative*. Episodes Journal of International Geoscience, 19(3), 87-88.
- ZOLITSCHKA B. (1996), *Sedimentology, Dating and Palaeoclimatic Interpretation of a 76.3 Ka Record from Lago Grande Di Monticchio, Southern Italy*. Quaternary Science Reviews, 15(2-3), 101-12.

SITOGRAFIA

- ISPRA (2021), Sito <http://sgi.isprambiente.it/GeositiWeb/default.aspx?ReturnUrl=%2fgeositiweb%2f>, consultato ad agosto 2021.
- UNESCO (2021), Sito <http://www.unesco.it/it/ItaliaNellUnesco/Detail/187>, consultato ad agosto 2021.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia la dott.ssa Enrica Laveglia di Shell InventivaGiovani per il grande supporto fornito al progetto Geoscuola in questi anni, i collaboratori di ExtraGEO, gli studenti, docenti e dirigenti delle scuole secondarie di primo grado che hanno contribuito alla buona riuscita di tutte le edizioni. Un ringraziamento speciale al prof. Fabrizio Agosta e al prof. Sergio Longhitano dell'Università degli Studi della Basilicata per il supporto prezioso nella fase preparatoria e di lancio del progetto.

Una nuova immagine della Terra: il paradigma della “Zona Critica” tra geologia e filosofia

A new image of the Earth: the “Critical Zone” paradigm between geology and philosophy

Parole chiave: Antropocene, “Zona Critica”, Latour, ecologia
 Keywords: Anthropocene, “Critical Zone”, Latour, ecology

Quando Giuseppe Gisotti, Direttore Responsabile della Rivista «Geologia dell’Ambiente», amico e collega di vecchia data, mi ha parlato della “Zona Critica della Terra” di cui pubblichiamo oggi l’articolo del dr. Enrico Comes “Una nuova immagine della Terra: il paradigma della “Zona Critica” tra geologia e filosofia” ho subito pensato ai colleghi geomorfologi che si occupano anche di dinamica fluviale e alla ricercatrice sedimentologa Gail Ashley (una donna che è stata Presidente della Società Geologica Americana) che nel 1988 ha definito la Zona Critica come «l’ambiente eterogeneo, vicino alla superficie, in cui complesse interazioni che coinvolgono roccia, suolo, acqua, aria e organismi viventi regolano l’habitat naturale e determinano la disponibilità di vita per sostenere le risorse». Insomma parliamo dell’ambiente superficiale di supporto per tutti gli ecosistemi terrestri, che si estende verticalmente dalle acque sotterranee (direi dal primo livello di falda se c’è), ai suoli, all’estremità superiore della vegetazione. Nella Zona Critica avvengono interazioni complesse, tridimensionali, tra processi geologici, pedologici, geomorfologici, idrologici e biologici influenzati dal comportamento antropogenico. Credo che la lettura dell’articolo che segue, proprio perché scritto non da un geologo ma da un filosofo, con una visione differente ma culturalmente valida, possa aiutarci a capire ancora di più sui misteri di questo nostro piccolo pianeta nel quale abitiamo e viviamo e ad avviare, con l’approccio interdisciplinare tipico della Società Italiana di Geologia Ambientale – APS, la ricostruzione dei cambiamenti ambientali. Tutto questo è oggi più che mai necessario, in quanto, nell’alveo degli Obiettivi dell’Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile dell’ONU, obbliga gli abitanti del pianeta ad un Cambiamento Globale.

Endro Martini

Geologo Ambientale, Comitato Scientifico di “Geologia dell’Ambiente”

1. LE ORIGINI DI UNA MUTAZIONE

Come la stratigrafia insegna, le rocce e più in generale il sottosuolo possono essere degli archivi preziosissimi, custodi di ogni significativa variazione avvenuta nel corso della storia geologica della Terra. Infatti, attraverso l’identificazione di limiti stratigrafici, i geologi sono in grado di stabilire delle datazioni indicanti le varie epoche geologiche o fasi di transizione del Sistema Terra. Dal 1977 circa questi limiti vengono rintracciati all’interno delle sequenze stratigrafiche utilizzando dei marcatori ben precisi, generalmente si tratta di segni biostratigrafici distintivi come la comparsa del primo organismo fossile. Tali marcatori, meglio noti come “chiodi d’oro” identificano un punto specifico nella sequenza stratigrafica e vengono formalmente chiamati «sezioni e punti stratigrafici globali» (Padoa-Schioppa, 2021).

Da diverso tempo gli archivi stratigrafici ci presentano alcune testimonianze inquietanti: una significativa variazione della sedimentazione dei fiumi quale effetto della costruzione di dighe, i cambiamenti di acidità delle acque, l’elevata concentrazione nel sottosuolo di sostanze chimiche inquinanti, l’aumento di anidride carbonica nell’atmosfera, i cambiamenti nel ritmo e nella natura delle erosioni e molto altro ancora. Uno scenario la cui genesi è stata sin da subito chiara allo studioso di chimica dell’atmosfera Paul Jozesf Crutzen che, in relazione ad esso, ha coniato il termine Antropocene. Il neologismo presto divenuto noto ben oltre gli ambienti scientifici è volto ad indicare l’età geologica in cui, per mezzo dell’attività antropica, la storia umana e quella geologica entrano in risonanza determinando più che uno stato di crisi, una radicale mutazione (Crutzen, 2005).

Da allora, sulle sollecitazioni di Crutzen sono stati condotti numerosi

studi che hanno confermato l’effettiva origine umana delle alterazioni del “Sistema Terra”; per quanto però resta incerto quale marcatore utilizzare per fissare il “chiodo d’oro” indicante l’origine temporale dell’Antropocene. In altri termini, il problema non è più dimostrare se delle mutazioni ambientali siano state o meno innescate dall’uomo, ma quando hanno iniziato a configurarsi in modo così nefasto e irreversibile (Ellis, 2018).

Lo stesso Crutzen, avanzando una proposta circa l’identificazione di un possibile marcatore, ha suggerito di risalire alla Rivoluzione Industriale, cioè quando l’incremento nell’uso di combustibili fossili ha iniziato a determinare una concentrazione spropositata di anidride carbonica nell’atmosfera, di cui occorrerebbe trovare tracce per mezzo dell’analisi stratigrafica.

Nel 2004 uno studio pubblicato dallo *International Geosphere-Biosphere Programme* (IGBP) ha provveduto a confermare l’intuizione di Crutzen, precisandone alcuni aspetti attraverso una teoria che intreccia i cambiamenti sociali, politici ed economici con le loro conseguenze ambientali su scala locale e globale. Pur ritenendo l’attività industriale un fattore decisivo, tuttavia non è con la Rivoluzione Industriale che si può far cominciare l’Antropocene. Infatti, come lo studio dimostra, è solo dopo il 1945 che si è verificato un impressionante punto di flesso riguardante tutte le attività umane e tutti i cambiamenti del sistema Terra; conseguenza del poderoso processo di ripresa economico-industriale messo in atto a livello globale alla fine dei conflitti mondiali¹. In altre parole, secondo l’IGBP,

¹ La ricerca condotta dallo “IGBP” è disponibile al seguente link <http://www.igbp.net/publications/igbpbookseries/igbpbookseries/globalchangeandtheearthsystem2004.5.1b8ae20512db692f2a680007462.html>

la Terra ha mandato un messaggio chiaro: dagli anni Cinquanta l'uomo ha iniziato a modificare irrimediabilmente l'equilibrio dei processi naturali. A questa importante conclusione gli scienziati sono giunti incrociando marcatori del tutto nuovi per la ricerca stratigrafica, come le tracce di piogge radioattive (la cui origine è conseguente ai test nucleari effettuati nel corso del Novecento), i depositi di plastica e i residui carboniosi (Ellis, 2018).

Per indicare un fenomeno così repentino e al tempo stesso complesso, nel 2005 alcuni studiosi hanno adottato l'espressione "La grande accelerazione", rifacendosi al celebre libro di Karl Polanyi *La grande trasformazione* (McNeil, Engelke, 2018). Da ultimo, nel 2016, in un articolo apparso sulla rivista "Science", l'*Anthropocene Working Group* (AWG) diretto dal professor Jan Zalasiewicz ha riconosciuto "La grande accelerazione" come la principale teoria scientifica che spiegherebbe l'ingresso nell'Antropocene. Tuttavia, ad oggi manca ancora un accordo unanime sul marcatore stratigrafico che possa meglio rappresentare i cambiamenti antropogenici, ragion per cui proprio l'AWG continua a condurre ricerche in merito che dovrebbero portare a dei primi risultati entro il 2022².

2. ANTROPOCENE: UNA LETTURA FILOSOFICA

Bisognerà attendere l'ufficializzazione da parte del gruppo di lavoro AWG per sapere quando l'Antropocene è iniziato. Intanto, a volerlo leggere con Bruno Latour, rappresenta uno dei termini filosofici più interessanti per meglio descrivere la realtà socio-politica contemporanea (Latour, 2020); per quanto non mancano perplessità provenienti da alcune/i critiche/i tra cui Donna Haraway e T.J. Demos. Secondo costoro il termine è tutt'altro che positivo sostanzialmente per due ragioni: anzitutto, da un punto di vista teorico non fa che riproporre la stessa visione antropocentrica che ha informato il rapporto fra uomo e natura nel corso della modernità; in secondo luogo, pone in un astratto "*anthropos*" il soggetto responsabile della catastrofe ambientale in atto³. Latour, per parte

sua, pur legittimando le criticità sollevate suggerisce invece un recupero positivo e provocatorio del termine, provando a guardare la questione da una prospettiva del tutto singolare (Latour, 2020).

Stando alla sua argomentazione, l'Antropocene permetterebbe di prendere definitivamente congedo proprio dall'utopia modernista, dal momento che ne mette in discussione l'assunto di fondo; vale a dire la radicale divisione ontologica fra "natura-cultura" su cui l'uomo moderno ha strutturato la sua immagine di mondo e tutto il suo operare tecnico-scientifico (Latour, 1991). È in forza di questa "Grande Divisione", osserva il filosofo francese, che si è potuta legittimare quella visione tipicamente moderna secondo cui l'uomo è ritenuto l'unico attore agente, capace di svincolarsi da qualsiasi dipendenza dalla natura e perciò proiettato in una prospettiva di progressiva emancipazione. Lì dove, per converso, alla natura è riservato un ruolo periferico, concepita unicamente come dominio altro, sussistente in sé, dal quale estrapolare risorse infinitamente e senza riguardi.⁴ Infatti, al fondo del pensiero scientifico-filosofico moderno di indirizzo galileiano-baconiano ritroviamo l'aspirazione a dar vita ad un "*regnum hominis*" globale, la cui realizzazione diviene possibile allorquando, per mezzo dello "*scientiam facere*"⁵ l'essere umano prende controllo della natura nella sua interezza. Nel progetto moderno, quindi, tanto più l'uomo può ritenersi libero, quanto più è capace per opera della scienza di lanciarsi alla conquista della natura intesa come mero spazio esterno. In questa tensione verso il globale è l'immagine del globo, della sfera, a costituire la vera ossessione teo-logica dell'uomo moderno (Sloterdijk, 2014). È verso il "globo" che tutto si mette in movimento, essendo esso stesso a definire l'orizzonte di senso del fare scientifico, economico, politico moderno. Per semplificare, si potrebbe supporre che sposare la visione moderna significa ritenere la freccia del tempo orientata, grosso modo, dal locale al globale.

sarebbe del tutto inutile parlare di un "*anthropos*" genericamente inteso (P.Sloterdijk, 2017).

4 A concordare con l'analisi di Latour è il filosofo tedesco Peter Sloterdijk, che in relazione al paradigma modernista usa l'espressione "ontologia del fondale". L'Antropocene anche secondo Sloterdijk metterebbe in crisi proprio questa idea della natura come "sfondo". Cfr. Sloterdijk, 2017.

5 È al filosofo Bacone che si deve la formulazione originaria di tale progetto ben descritto nella "Nuova Atlantide". Cfr. Bacone, 2009.

Il sopraggiungere della mutazione antropocena manda in frantumi questa immagine, segnando così un'incrinatura profonda nella prospettiva moderna e generando delle conseguenze disattese. Improvvisamente ci accorgiamo dell'ingresso in scena di un nuovo attore, una forma di natura pericolosamente nuova capace di reagire alle azioni umane. Una prima difficoltà consiste nel cercare di definirla, trovare un nome appropriato per questa natura "alterata" in cui risulta impossibile qualsiasi distinzione tra la geografia fisica e quella umana. Lo stesso Latour, fra le varie ipotesi elaborate, sceglie di identificarla con la parola "Terrestre", quasi si trattasse di un nuovo pianeta sul quale ci ritroviamo catapultati e di cui non conosciamo la geografia (Latour, 2018)⁶. L'evento di enorme portata rappresentato dall'Antropocene esprime, infatti, la potenza di azione di questa nuova forza in grado di dischiudere uno spazio radicalmente diverso da quello tratteggiato dal moderno. In altri termini, se la natura non è più la cornice dell'azione umana è perché essa ne diventa parte attiva, rompendo ogni schema preesistente.

Specularmente, a venir meno è anche l'idea moderna di uomo: la Terra frana sotto i suoi piedi facendo collassare anche ogni sua vana illusione di dominio. Ciò, non senza implicazioni politiche, poiché sono tutte le rivendicazioni di appartenenza – ai territori, al suolo, al mercato globale, alle tradizioni – a subire un contraccolpo.

Abbiamo allora il disperato bisogno di un materialismo maturo in forza del quale ridisegnare il nostro vivere comune. A prospettarsi è un orizzonte geopolitico del tutto nuovo: si è sempre parlato di geopolitica come se il prefisso "geo" indicasse esclusivamente la cornice entro cui circoscrivere l'azione politica; ora, in pieno Antropocene, quel suffisso indica un nuovo attore partecipe a pieno titolo della vita pubblica. In questo senso è condivisibile l'affermazione di Latour secondo cui, così come il XIX secolo è stata l'epoca della questione sociale, il XXI è l'epoca della nuova questione geo-sociale (Latour, 2018).

6 A questo problema Latour ha dedicato una delle sue ultime pubblicazioni (Latour, 2020). Recuperando un'ipotesi già sviluppata dallo scienziato Lovelock, Latour utilizza il nome Gaia per indicare questa nuova natura (Lovelock, 2020). "Terrestre" e "Gaia" possono essere utilizzati come sinonimi. Qui si è preferito utilizzare il primo perché parlare di Gaia richiederebbe ulteriori precisazioni difficilmente contenibili in queste poche pagine.

2 Le ultime valutazioni si possono trovare al seguente link <http://quaternary.stratigraphy.org/working-groups/anthropocene/>

3 In merito al secondo problema, il filosofo tedesco Peter Sloterdijk suggerisce di sostituire la parola "Antropocene" con "Eurocene". È la società europea occidentale, a suo dire, ad aver innescato le alterazioni del Sistema Terra per via del modello di sviluppo capitalistico, ragion per cui

3. UN NUOVO PARADIGMA PER UNA NUOVA EPOCA

Sovvertendo ogni ordine preesistente, l'Antropocene costituisce davvero l'ingresso in una nuova epoca che, in quanto tale, porta con sé la necessità di ridefinire le coordinate spazio-temporali su presupposti epistemologici rinnovati. Comprendere il "Terrestre" richiede una *libido scendi* diversa da quella con cui ci si è avventurati nel Globale, ragion per cui lo stesso *scientiam facere* prima accennato si mostra inadatto a fronteggiare la mutazione antropocenica. Il "Terrestre" delinea letteralmente un altro mondo che può esser compreso unicamente da una visione organica complessiva. Dal canto loro, osserva Latour, le scienze geologiche sembrerebbero essere le più affini ad una tale possibilità di analisi.

In questa prospettiva si colloca l'interesse per il paradigma della "Zona Critica" messo a punto proprio dalle scienze della Terra (Latour, 2018). Nel suo uso corrente il termine *Earth Critical Zone* (ECZ) o Zona Critica della Terra è stato impiegato per la prima volta nel 2001 dal *U.S National Research Council*, per indicare quell'ambiente eterogeneo compreso tra la parte superiore della vegetazione e la base delle acque sotterranee, in cui si verificano complesse interazioni che interessano le rocce (la parte superiore della crosta terrestre), i suoli (pedosfera), l'acqua (i corpi idrici superficiali più gli acquiferi), l'aria (l'atmosfera in prossimità della superficie terrestre) e gli organismi viventi. Tale "Zona" è attivata da due risorse energetiche, quella solare e quella endogena della Terra⁷ (Gailardet, 2020). In essa gli studiosi sono interessati all'osservazione dell'integrazione tra i processi naturali che si svolgono sulla superficie terrestre – come quelli riguardanti la geologia/geomorfologia, l'idrologia, la meteorologia, la geochimica, la degradazione delle rocce, l'evoluzione del paesaggio – e i gradienti ambientali antropogenici.⁸ Processi la cui importanza si deve

7 Vedi Fig. 1. *Raffigurazione semplificata della Zona Critica*, disponibile sul sito dello *Interdepartmental Research Centre on the "Earth Critical Zone" for supporting the Landscape and Agroenvironment management*, (CRISP), al seguente link <http://www.crisp.unina.it/en/characterization-and-modelling-of-the-earth-critical-zone-3/>

8 Un gradiente ambientale è un cambiamento graduale di un fattore abiotico attraverso lo spazio e/o il tempo in una regione. I gradienti ambientali possono interessare

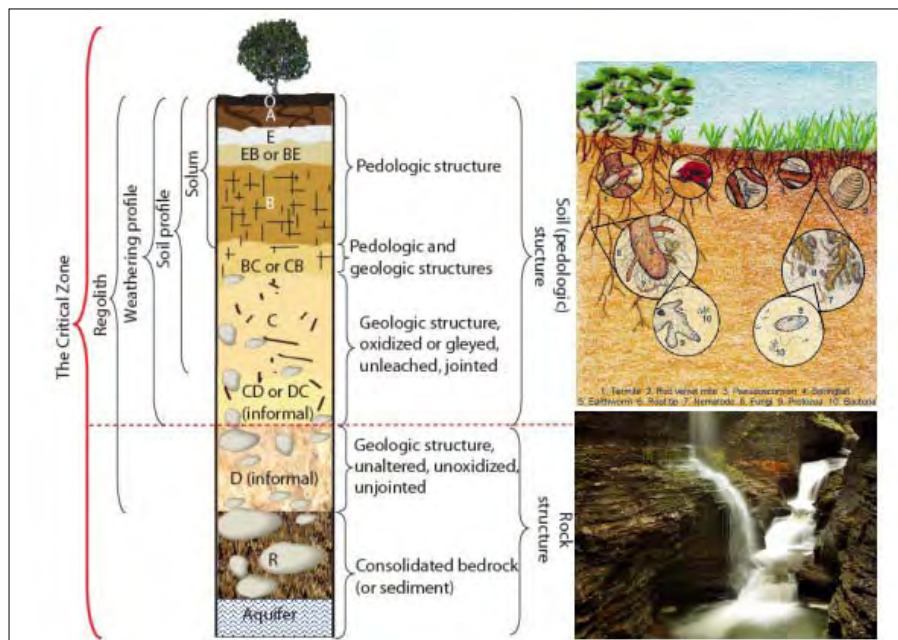


Figura 1. *Raffigurazione semplificata della Zona Critica, (CRISP)*

all'impatto che essi hanno sullo scambio di materia e di energia necessari alla produttività della biomassa, ai cicli idro-bio-geochimici e alla circolazione e stoccaggio dell'acqua.

Si comprende, dunque, quanto tale modello rappresenti una novità non soltanto rispetto al paradigma moderno basato sulla divisione ontologica "natura-cultura"; ma anche rispetto allo stesso concetto di "ecosistema" la cui storia recente ci riporta ai primi tentativi di far fronte alla mutazione ambientale in una prospettiva ecologica. Pur essendo molto affine a ciò che la "Zona Critica" designa, il modello dell'ecosistema resta intrappolato nella polarità "organico-inorganico"; lì dove, invece, nella "Zona Critica" ogni elemento contribuisce a fare la sua parte, sia esso organico che inorganico. Qui tutto si co-implica in un intreccio indistrucibile volto a regolare gli habitat naturali e a determinare la disponibilità delle risorse naturali che sostengono la vita terrestre (Gailardet, 2020).

4. LA RISCOPERTA DI UN ANTICO LEGAME

Nel corso del tempo sono stati realizzati diversi Osservatori per cercare di meglio indagare la "Zona Critica" nel suo complesso⁹. Questi siti, allestiti con

fattori quali altitudine, temperatura, profondità, umidità del suolo, concentrazione di CO₂. Conseguentemente ad un cambiamento, una specie potrebbe essere soggetta ad una modifica di più o meno grande magnitudo.

⁹ Un caso italiano è rappresentato dall'Osservatorio del bacino dell'Alento. Negli anni recenti, la Zona Critica dei bacini idrogra-

una fitta rete di sensori, permettono di collettare una gran quantità di dati relativi al movimento della vita sul nostro pianeta. Occorre però specificare che nulla di tutto ciò sarebbe possibile senza un approccio interdisciplinare e su più livelli¹⁰. I ricercatori, infatti, si trovano di fronte alla necessità di intrecciare saperi concorrenti al fine di osservare il retroagire dei soggetti agenti coinvolti all'interno di tale bio-film (Gailardet, 2020).

Abbiamo a che fare con una pratica scientifica che si potrebbe ben definire estetica, se nell'aggettivo accettiamo di cogliere l'antico significato di capacità di "percepire", essere "coinvolti", capa-

fici delle regioni intorno al Mediterraneo è stata influenzata da rapidi cambiamenti, sia nella stagionalità del clima che nell'uso del suolo. Gli ecosistemi rurali dell'Europa meridionale stanno sperimentando prolungate siccità che finiscono per compromettere la disponibilità delle risorse idriche e i raccolti, come pure stanno incrementando il rischio della occorrenza degli incendi. Per far luce su alcune delle sfide scientifiche collegate a tali fenomeni, è stato realizzato nel bacino idrografico del fiume Alento un Osservatorio della Zona Critica. Sebbene in quest'area siano state eseguite campagne di campionamento e indagini di monitoraggio per più di 25 anni, solo recentemente con l'installazione dell'Osservatorio si è dato vita ad un programma di ricerca più sistematico al fine di ottenere dati di vasta portata in subbacini rappresentativi dell'area di studio (Romano et al, 2018)

¹⁰ Vedi Fig. 2. *Immagine semplificata della Zona Critica e delle scienze coinvolte nello studio dei suoi processi*, visionabile sul sito dello *Critical Zone Observatories: Research and Application (OZCAR-RI)*, al seguente link <https://www.ozcar-ri.org/>

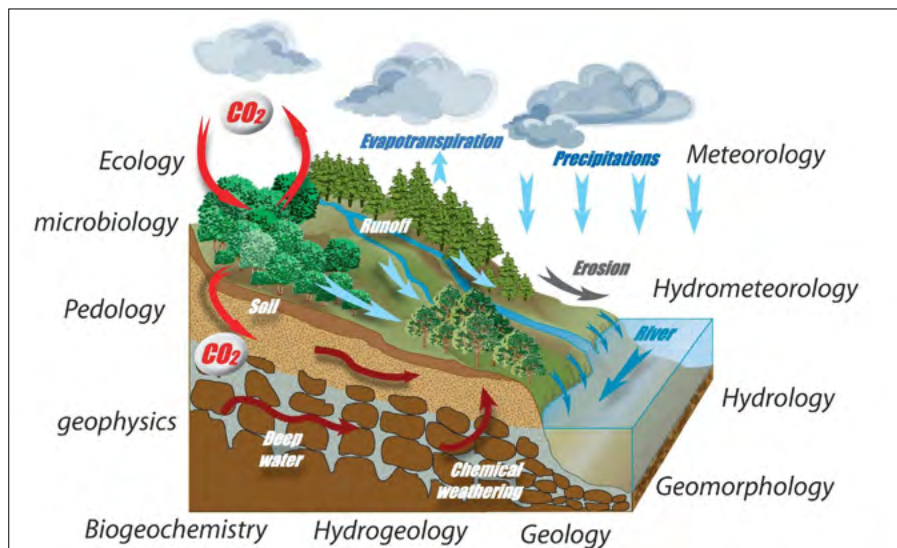


Figura 2. Immagine semplificata della Zona Critica e delle scienze coinvolte nello studio dei suoi processi, (OZCAR-RI)

ciò di rendersi sensibili. In questo quadro, all'agire tecnico-scientifico non si chiede più di operare secondo il presupposto positivista moderno, ma piuttosto di mettersi all'ascolto di una "natura" attiva. In fondo è questo lo spirito che informa l'attività svolta negli Osservatori, in cui l'osservazione è volta piuttosto a pratiche di cura, come dimostrato dal criterio diagnostico utilizzato dagli scienziati per l'identificazione del sito in cui installare i rilevatori. L'idea è di monitorare anzitutto quelle zone in evidente stato di alterazione, nella convinzione che la singola parte rifletta un malessere dell'intera "Zona Critica".

L'adozione di un presupposto vitalistico e processuale della natura, il tentativo di indagarla secondo principi organici tali per cui le parti riflettono l'intero trovano un precedente storico nelle teorie di uno dei padri degli studi geologici, Alexander von Humboldt (1769-1859). Autore del celebre *Kosmos*, von Humboldt si colloca nella schiera di quei primi filosofi romantici dediti allo studio della natura in termini davvero innovativi. In tempi in cui gli scienziati erano alla ricerca di leggi universali e la scienza tutta era impregnata di logiche meccanicistiche, egli è stato fra i precursori di una scienza teorica e pratica volta all'osservazione della natura per mezzo di connessioni e intrecci. Così inteso, l'operarsi scientifico ha il compito, secondo von Humboldt, di mettere in evidenza i principi che consentono tali equilibri naturali al fine di preservarli, dal momento che il cedimento anche di una singola parte costituirebbe un pericolo per l'intero sistema naturale (Wulf, 2020). La natura, nella visione del filosofo tedesco, non è semplicemente qualcosa che ci si pone d'avanti, un "oggetto" nel senso etimologico della parola,

bensì un ambiente, il nostro ambiente di cui occorre comprendere la morfologia per poterlo preservare. In questo, von Humboldt si mostra erede di quella tradizione morfologica originariamente elaborata da un altro filosofo romantico quale Goethe (Goethe, 2020).

È evidente quanto il paradigma della "Zona Critica" porti con sé delle risonanze storiche del tutto dimenticate da buona parte del pensiero filosofico e scientifico che, però, occorrerebbe far riemergere in modo analitico. Pertanto, le scienze geologiche e le scienze umane sono chiamate a riscoprire un dialogo antico, risalente a quella filosofia della natura romantica che per prima ha coniato dei modelli alternativi al moderno in chiave ecologica.

5. CONCLUSIONI

Circa la struttura complessiva della Zona Critica sappiamo ancora poco e ciò per via della settorializzazione in cui le scienze sono costrette. Molto resta ancora da fare per cercare di comprendere il grado di complessità che la caratterizza; tuttavia, quel che è certo è che la "Zona Critica" rappresenta un modo tutto nuovo di intendere la relazione fra natura e cultura, riscoprendone la completa co-appartenenza ed inchiodandoci ad una responsabilità rinnovata. Dalle scienze geologiche giunge un'immagine nuova con cui iniziare a pensare il pianeta Terra, di cui la "Zona Critica" altro non è che la sua interfaccia sensibile, proprio quella che l'Antropocene sta fortemente compromettendo. Se lo scorso secolo è passato alla storia come l'epoca dei viaggi nello spazio grazie ai quali abbiamo ricevuto le prime immagini di quel Globo fluttuante nel vuoto, il nostro secolo, l'epoca dell'Antropocene, si caratterizza per una nuova immagine. Questa volta,

però, non proveniente dallo spazio, ma dalle viscere più profonde della Terra.

BIBLIOGRAFIA

- BACONE, F. (2009), *Nuova Atlantide*, BUR, Milano.
- CRUTZEN P.J. (2005), *Benvenuti nell'Antropocene. L'uomo ha cambiato il clima, la Terra entra in una nuova era*, Mondadori, Milano.
- ELLIS, E.C. (2018), *Anthropocene. A Very Short Introduction*, Oxford University Press.
- GAILARDET, J. (2020), *The Critical Zone, a Buffer Zone, the Human Habitat*, in LATOUR, B., WEIBEL, P., *Critical Zones: The Science and Politics of Landing on Earth*, ZKM| Center for Art and Media Karlsruhe, Karlsruhe: 122-129.
- GOETHE, J.W. (2020), *Teoria della natura*, SE, Milano.
- LATOUR, B. (1991), *Non siamo mai stati moderni*, Eleuthera, Milano.
- LATOUR, B. (1999), *Politiche della natura. Per una democrazia delle scienze*, Raffaello Cortina, Milano.
- LATOUR, B. (2018), *Tracciare la rotta. Come orientarsi in politica*, Raffaello Cortina, Milano.
- LATOUR, B. (2020), *La sfida di Gaia. Il nuovo regime climatico*, Meltemi, Milano.
- LATOUR, B., WEIBEL, P. (2020), *Critical Zones: The Science and Politics of Landing on Earth*, ZKM| Center for Art and Media Karlsruhe, Karlsruhe.
- MCNEIL, J.R., ENGELKE P. (2018), *La grande accelerazione. Una storia ambientale dell'Antropocene dopo il 1945*, Einaudi, Torino.
- PIERRET, M.C. (2020), *The Strengbach Catchment Environmental Observatory: A needful Key for a Global Investigation of the Critical Zone*, in Latour, B., Weibel, P. (2020), *Critical Zones: The Science and Politics of Landing on Earth*, ZKM| Center for Art and Media Karlsruhe, Karlsruhe: 136-139.
- ROMANO, N., NASTA, P., BOGENA, H., DE VITA, P., STELLATO, L., VERECKEN, H. (2018), *Monitoring Hydrological Processes for Land and Water Resources Management in A Mediterranean Ecosystem: The Alento River Catchment Observatory*, in *Vadose Zone Journal/Advancing Critical Zone Science*, August.
- SLOTEDIJK, P. (2014), *Sfere II. Globi*, Raffaello Cortina, Milano.
- SLOTEDIJK, P. (2017), *Che cosa è successo nel XX secolo?*, Bollati Boringhieri, Torino.
- WULF, A. (2020), *L'invenzione della natura*, Luiss, Roma.

SITOGRAFIA

Per lo studio condotto dallo IGBP: <http://www.igbp.net/publications/igbpbookseries/igbpbookseries/globalchangeandtheearthsystem2004.5.1b8ae20512db692f2a680007462.html>

Per le valutazioni dello AWG: <http://quaternary.stratigraphy.org/working-groups/anthropocene/>

In relazione alla Fig. 1: <http://www.crisp.unina.it/en/characterization-and-modeling-of-the-earth-critical-zone-3/>

Relativamente alla Fig. 2: <https://www.ozcar-ri.org/>



MOSTRA DOCUMENTARIA

Il Terremoto Irpino del 23 luglio 1930 nel Vulture

Apertura al pubblico: 21 dicembre 2021-30 giugno 2022

Allestita presso
Museo Civico-Palazzo Donadoni
Vico Rispoli, 15
Melfi (Potenza)

QUATTRO AREE TEMATICO-ESPOSITIVE

IL TERREMOTO E LA STAMPA

GLI EFFETTI SULLA POPOLAZIONE, I SOCCORSI, I DANNI ALL'EDILIZIA PRIVATA

L'ATTIVITÀ DI RICOSTRUZIONE

L'EDILIZIA PUBBLICA E MONUMENTALE: DANNI E RESTAURI

LA MOSTRA IN NUMERI

6 SALE TEMATICO-ESPOSITIVE

2 SALE MULTIMEDIALI

60 PANNELLI ESPOSITIVI

48 METRI QUADRATI DI PANNELLI ESPOSITIVI

12 PANNELLI ESPLICATIVI

Cura della Mostra: CNR-ISPC (Fabrizio Terenzio Gizzi, responsabile scientifico; Maria Rosaria Potenza, responsabile tecnico)

Materiale documentario: Archivio di Stato di Potenza, Archivio privato di Fabrizio T. Gizzi

Logistica ed allestimento: CNR-ISPC, Comune di Melfi ed Archeoclub di Melfi

Accesso alla Mostra consentito solo con Certificazione Verde COVID-19 (Green Pass). Sarà necessario indossare la mascherina.

Visita della Mostra

Dal martedì alla domenica, orario 10:00-12:30 e 15:00-18:00
Senza prenotazione, per accesso individuale o per piccoli gruppi

Su prenotazione, per gruppi estesi (es. scolaresche)

Per contatti: archeolucana@gmail.com



comune di melfi
città delle costituzioni di federico II



Con il Patrocinio

« La **formula** vantaggiosa del confronto »



Sostieni la SIGEA-APS

Iscriviti e rinnova la tua adesione per il 2022

www.sigeaweb.it



Società Italiana di Geologia Ambientale - APS

Insieme da 30 anni per promuovere la
cultura geologica e la tutela dell'ambiente