

Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale



Supplemento al n. 1/2014

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



Atti del simposio
Geologia urbana di Torino
A cura di **LUCIANO MASCIOCO**





Torino, 19 ottobre 2012
Aula Magna del Rettorato dell'Università degli Studi di Torino, via Po
17/via Verdi 8

COMITATO SCIENTIFICO

Roberto **AJASSA**
Alessandro **BORGHI**
Giancarlo **BORTOLAMI**
Daniele **CASTELLI**
Francesco **CARRARO**
Silvano **CREMASCO**
Domenico A. **DE LUCA**
Mauro **FORNARO**
Gabriella **FORNO**
Marco **GIARDINO**
Giuseppe **GISOTTI**
Franco **GRASSO**
Giancarlo **GUADO**
Giorgio **LOLLINO**
Fabio **LUINO**
Luciano **MASCIOCCO**
Fabrizio **PIANA**
Eugenio **ZANELLA**

RESPONSABILE ORGANIZZATIVO

Luciano **MASCIOCCO**

COMITATO ORGANIZZATORE

Claudia **BORGARELLO**
Giancarlo **BORTOLAMI**
Daniele **CASTELLI**
Silvano **CREMASCO**
Domenico **DE LUCA**
Mauro **FORNARO**
Luciano **MASCIOCCO**

SEGRETERIA SCIENTIFICA

Lucia **BAIMA**
Claudia **BORGARELLO**
Caterina **CAVIGLIA**
Enrico **DESTEFANIS**

ENTI PATROCINATORI REGIONE PIEMONTE

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

CNR-IGG
CNR-IRPI
AIGA
AIGEO
GEAM

Convegno Nazionale

GEOLOGIA URBANA DI TORINO

Organizzato da:

SIGEA (Società Italiana di Geologia Ambientale)
Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Torino
Ordine Regionale dei Geologi del Piemonte



Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale

Associazione di protezione ambientale a carattere nazionale riconosciuta dal Ministero dell'ambiente, della tutela del territorio e del mare, con D.M. 24 maggio 2007, G.U. n. 127 del 4.6.2007

Supplemento al n. 1/2014
Anno XXII - gennaio-marzo 2014

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

Comitato scientifico

Mario Bentivenga, Aldino Bondesan,
Giancarlo Bortolami, Felice Di Gregorio,
Giuseppe Gisotti, Giancarlo Guado,
Giacchino Lena, Giacomo Prosser,
Giuseppe Spilotro

Consiglio Direttivo nazionale 2013-2016

Fatima Alagna, Federico Boccalaro (*Segretario*),
Antonello Fiore (*Tesoriere*), Daria Duranti,
Fabio Garbin, Sandro Gennaro, Francesco Geremia,
Giuseppe Gisotti (*Presidente*), Fabrizio Ioiò,
Giacchino Lena, Vincent Ottaviani, Debora Perazzoli,
Angelo Sanzò, Andrea Vitturi (*Vicepresidente*),
Francesco Zarlenga

Comitato di redazione

Federico Boccalaro, Giorgio Cardinali,
Giovanni Conte, Giacchino Lena,
Paola Mauri, Maurizio Scardella

Direttore responsabile

Giuseppe Gisotti

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.

Redazione

SIGEA: tel./fax 06 5943344
Casella Postale 2449 U.P. Roma 158
info@sigeaweb.it
www.sigeaweb.it

Progetto grafico e impaginazione

Fralerighe
tel. 0774 554497 - fax 0774 2431193
info@fralerighe.it
www.fralerighe.it

Pubblicità

SIGEA

Stampa

Tipolitografia Acropoli, Alatri - FR

Abbonamento annuale: Euro 30,00

Sommario

Premessa di Luciano Masciocco	2
La successione pliocenico-quadernaria su cui è edificata la Città di Torino e il suo significato per l'utilizzo del territorio M. GABRIELLA FORNO, STEFANIA LUCCHESI	3
Assetto idrogeologico della Città di Torino e del suo hinterland DOMENICO ANTONIO DE LUCA, LUCA OSSELLA	10
Caratterizzazione petrografica e valorizzazione del costruito storico e contemporaneo di Torino ALESSANDRO BORGHI	16
Il progetto Museo-Torino: Scienza e spettacolo raccontano la storia di Torino prima della città M. GIARDINO, G. PAVIA, V. LOMBARDO, S. LUCCHESI, S. RUSSO	25
Le risorse geominerarie del Torinese MAURO FORNARO	30
La regolamentazione delle attività estrattive in provincia di Torino GUGLIELMO FILIPPINI	39
La bozza di regolamento regionale sulla "Disciplina dell'installazione delle sonde geotermiche e del Registro regionale delle Sonde Geotermiche (legge regionale 27 gennaio 2009, n. 3)" MAURO FALCO, MARIA GOVERNA, MASSIMILIANO PETRICIG	42
Effetti delle piogge intense nei grandi insediamenti urbani: il sistema di monitoraggio e allarme per la Città di Torino SECONDO BARBERO, ROBERTO CREMONINI, DAVIDE TIRANTI	47
Le discariche di rifiuti e la bonifica dei siti inquinati sul territorio della Provincia di Torino GIAN LUIGI SOLDI, SAMANTHA ROSATI, CLAUDIA VIOTTO	53
Il termovalorizzatore di Gerbido GIUSI DI BARTOLO	58
La geologia tecnica del sottosuolo torinese FRANCO GRASSO	60
Eterogeneità geologico-tecniche del sottosuolo nell'area torinese e riflessi applicativi per gli scavi SEBASTIANO PELIZZA	63
Instabilità geo-morfologica in contesto urbano: l'esempio della collina di Torino L. TURCONI, D. TROPEANO	69
Caratterizzazione propedeutica all'analisi di rischio del sito della discarica di rifiuti speciali pericolosi di Barricalla(TO) C. ABATE, L. BAIMA, E. DESTEFANIS, L. MASCIOCO	74
Le pietre di Torino nella letteratura scientifica LUCA ALCIATI, ELENA DI MAJO	80
Marmo e colore: un percorso fra i marmi policromi di Torino fra Sei e Settecento ELENA DI MAJO, LUCA ALCIATI	85
Considerazioni sull'isola di calore urbana di Torino attraverso l'analisi dei dati climatici DIEGO GARZENA, SIMONA FRATIANNI, FIORELLA ACQUAOTTA	90
Le pietre ornamentali della nuova via Roma a Torino VALENTINA BERRA, ALESSANDRO BORGHI, LORENZO MARIANO GALLO	98

La giornata dedicata alla Geologia Urbana di Torino rientra nella serie di convegni che la SIGEA ha organizzato negli ultimi anni sulla geologia delle principali città italiane: Roma (2005), Venezia (2006), Milano (2007), Modena (2008), Bari (2009), Genova (2011).

Il convegno, organizzato col Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino e con l'Ordine dei Geologi del Piemonte, è stato indirizzato in modo particolare ai tecnici e ai ricercatori (geologi, ingegneri, architetti, agronomi, forestali, ecc.) interessati alla problematica del rapporto tra Torino e l'ambiente geologico (suolo, sottosuolo, risorse minerarie, acque superficiali, acque sotterranee) per fornire un quadro aggiornato sulla gestione del territorio torinese. A tal fine, sono stati coinvolti i ricercatori, i "decisioni" (politici e

amministratori pubblici), nonché il personale tecnico delle istituzioni pubbliche competenti.

Dopo un inquadramento geologico generale, il convegno si è concentrato sulle risorse e sui pericoli geologici relativi al territorio torinese, sulla pianificazione territoriale, sulle principali opere ingegneristiche realizzate negli ultimi anni e sul loro impatto sull'ambiente geologico.

Una parte del convegno è stata dedicata alla iniziative che Città di Torino organizza per la divulgazione delle Scienze della Terra.

Il convegno si inquadra nei *GeoEventi* della Settimana del Pianeta Terra (14-21 ottobre 2012) organizzata da Geoitalia – Federazione di Scienze della Terra, Onlus, con un programma di escursioni, conferenze, esposizioni, visite museali – che si sono svolte in tutta l'Italia e con cui si intendeva:

- diffondere la cultura geologica ed aumentare la visibilità delle Geoscienze;
- divulgare il patrimonio inestimabile di conoscenza delle Scienze della Terra e mostrarne la diretta applicabilità alla vita quotidiana;
- sensibilizzare le coscienze e creare consapevolezza del ruolo strategico delle Scienze della Terra per il futuro della Società;
- incrementare il dialogo tra geoscienti, politici e decisori.



La successione pliocenico-quadernaria su cui è edificata la Città di Torino e il suo significato per l'utilizzo del territorio

M. GABRIELLA FORNO
Dipartimento di Scienze della Terra,
Università di Torino
e-mail: gabriella.forno@unito.it

STEFANIA LUCCHESI
Dipartimento di Scienze della Terra,
Università di Torino
e-mail: gabriella.forno@unito.it

1 INTRODUZIONE

La Città di Torino è situata nel settore occidentale della Pianura Padana, corrispondente a una fascia ristretta compresa tra la catena alpina e i rilievi collinari. Si colloca in una posizione del tutto particolare (Fig. 1): non è ubicata al centro della pianura, ma in posizione marginale, al limite con il rilievo della Collina di Torino, dove è impostato anche l'attuale corso del F. Po. Questa posizione peculiare determina lo sviluppo asimmetrico della città (linea rossa in Fig. 1b). La maggior parte di essa, caratterizzata dal tipico tessuto urbano, si estende nell'area di pianura; una parte ridotta, residenziale, è invece edificata sui versanti occidentale e nordoccidentale del rilievo collinare, che appaiono prevalentemente boschivi. Analoga distribuzione asimmetrica hanno anche gli abitati dei principali comuni limitrofi (linea gialla in Fig. 1b). Questi si sviluppano a W del concentrico di Torino, senza soluzione di continuità con il tessuto urbano, costituendo i comuni "satellite" di Moncalieri p.p., Nichelino, Orbassano, Beinasco, Grugliasco, Collegno, Rivoli, Borgaro Torinese, Venaria Reale, Settimo Torinese e San Mauro p.p.. Il tessuto urbano risulta invece bruscamente interrotto verso E, in corrispondenza al piede del rilievo collinare: i versanti occidentale e nordoccidentale, che ospitano uno scarso numero di edifici residenziali, costituiscono una fascia di separazione tra l'area urbana e gli abitati costruiti sul versante meridionale (Moncalieri p.p., Pecetto Torinese, Pino Torinese e Baldissero Torinese) (linea verde in Fig. 1b).

2 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DELL'AREA IN ESAME

La Città di Torino è attraversata dal F. Po (Fig. 1b), che separa in modo netto il settore di pianura da quello collinare. L'area di pianura, sviluppata a quota compresa tra circa 200 e 350 m s.l.m., presenta prevalentemente una morfologia subpianeggiante, con debole inclinazione verso E e NE (dell'ordine dell'1‰) (Fig. 1a). In dettaglio la morfologia risulta lievemente articolata per la presenza

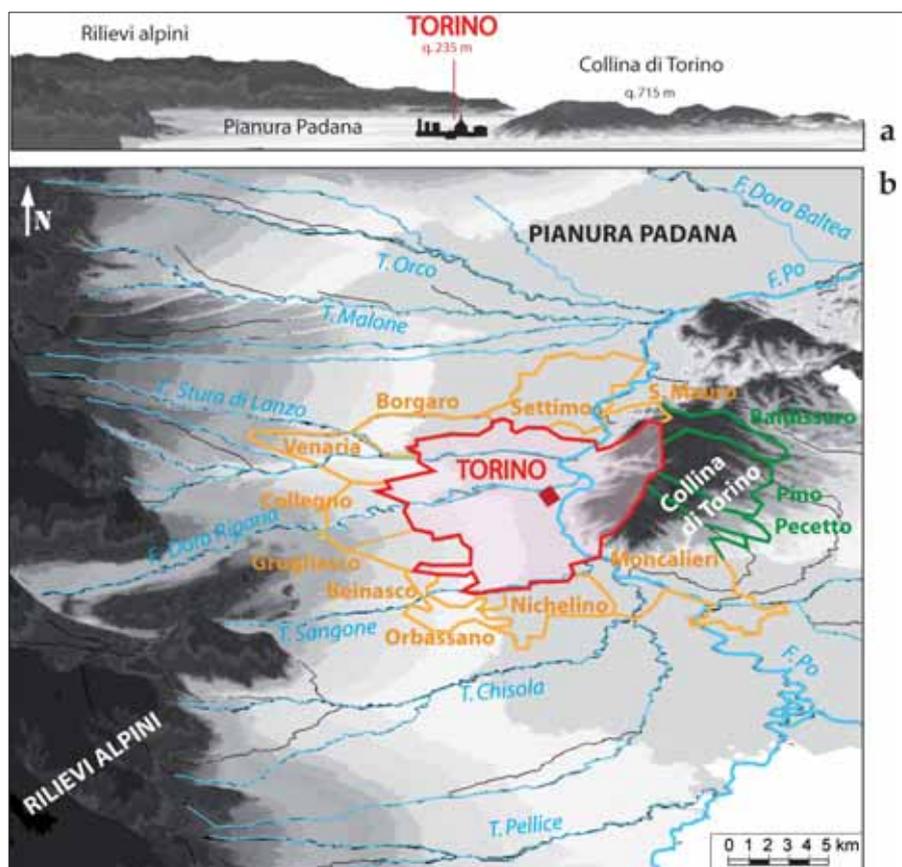


Figura 1 – Profilo (a) e modello digitale del terreno (b) dell'area in cui è edificata la Città di Torino, corrispondente ad una ristretta fascia di pianura (Pianura Padana occidentale) compresa tra il margine dei rilievi alpini e il rilievo della Collina di Torino. Attorno al concentrico di Torino (in rosso) si sviluppano i comuni della prima cintura, di pianura (in giallo) e collinari (in verde).

di forme di origine essenzialmente fluviale (ridotte scarpate e depressioni connesse con alvei abbandonati), caratterizzate da modesta estensione areale, altezza dell'ordine di pochi metri e sviluppo per lo più discontinuo. In corrispondenza alle incisioni dei corsi d'acqua si estendono invece in modo più continuo ed evidente una serie di superfici terrazzate, disposte a gradinata, delimitate da scarpate di erosione con altezza di alcuni metri. La morfologia dell'area di pianura risulta interessata in modo generalizzato dal rimodellamento antropico, particolarmente marcato in corrispondenza alle estese aree urbanizzate. Tale rimodellamento è responsabile dell'obliterazione o della modificazione di numerose forme naturali e della creazione di nuove forme antropiche (ad esempio rilevati stradali

e ferroviari, accumuli di discariche, scavi e riporti connessi con attività estrattive).

Quest'area appare drenata da importanti corsi d'acqua rappresentati oltre che dal F. Po, con andamento mediamente S-N e SW-NE e inclinazione assai modesta (dell'ordine di 1‰), dai suoi affluenti in sinistra idrografica, T. Pellice, T. Chisola, T. Sangone, F. Dora Riparia, T. Stura di Lanzo, T. Orco e F. Dora Baltea, con andamento variabile tra W-E e NW-SE e inclinazione anch'essa modesta (1÷4‰) (Fig. 1). Tali corsi d'acqua drenano importanti bacini alpini e, come tali, sono caratterizzati da portate rilevanti, relativamente costanti nel tempo (2÷70 m³/sec).

L'area collinare, sviluppata a quota compresa tra 200 m e 715 m (Colle della Madalena), presenta una morfologia articolata.

Corrisponde a un rilievo allungato in direzione SW-NE, caratterizzato da una evidente asimmetria trasversale. Il versante prospiciente la città di Torino presenta acclività verso W e NW mediamente più rilevanti (variabili tra il 10 e il 15%) (Fig. 1a). Corrisponde ad un insieme di strette dorsali allungate in direzione E-W, nel settore occidentale, e SE-NW, in quello nordoccidentale, separate tra loro da incisioni relativamente profonde (tra alcune decine di metri e il centinaio di metri). Il versante opposto, con inclinazione verso S, mostra invece acclività minore (compresa tra il 5 e il 10%) (Fig. 1a). Comprende un insieme di ampie dorsali, con allungamento prevalentemente N-S, separate tra loro da incisioni con profondità modesta (tra alcuni metri e alcune decine di metri).

Il profilo longitudinale delle dorsali che caratterizzano il versante prospiciente alla città (nel dettaglio versanti occidentale e

nordoccidentale in Fig. 4b) è interrotto da numerosi lembi di superfici pianeggianti, con modesta inclinazione verso W o NW, e ampie depressioni in contropendenza, con forma curva in pianta. Sulla base di studi recenti (Forno et al., 2002; Boano et al., 2004; Forno & Lucchesi, 2005) questi elementi sono interpretabili come i relitti di antiche forme fluviali costituenti una successione terrazzata.

A differenza di quanto osservato nell'area di pianura, nel settore collinare gli interventi antropici sono limitati e localizzati, non determinando una modifica sostanziale della morfologia originaria.

L'area collinare risulta drenata dagli affluenti in destra idrografica del F. Po, con importanza molto minore rispetto a quelli in sinistra e notevole acclività (circa 5%), con andamento W-E, nel versante occidentale, e SE-NW, nel versante nordoccidentale. Tali

corsi d'acqua (R. Rubella, R. Sappone, R. Rovei, R. Pilonetto, R. Paese, R. San Martino, R. Reaglie e R. Mongreno) costituiscono un reticolato idrografico locale, caratterizzato da portate mediamente modeste, estremamente variabili nel corso dell'anno.

3 LA SUCCESSIONE SEDIMENTARIA PLIOCENICO-QUATERNARIA

La Città di Torino sorge in una ristretta fascia di Pianura Padana occidentale, compresa i rilievi alpini e quelli collinari.

I primi sono costituiti da rocce metamorfiche di età pre-triassica riferibili ad unità di margine continentale (Massiccio Dora Maira e Zona Sesia Lanzo) e di bacino oceanico (Complesso Ultrabascio di Lanzo e Zona Piemontese), interessate dall'intensa deformazione della catena alpina (Fig. 2).

I rilievi collinari, facenti parte del Bacino terziario Piemontese, sono invece formati

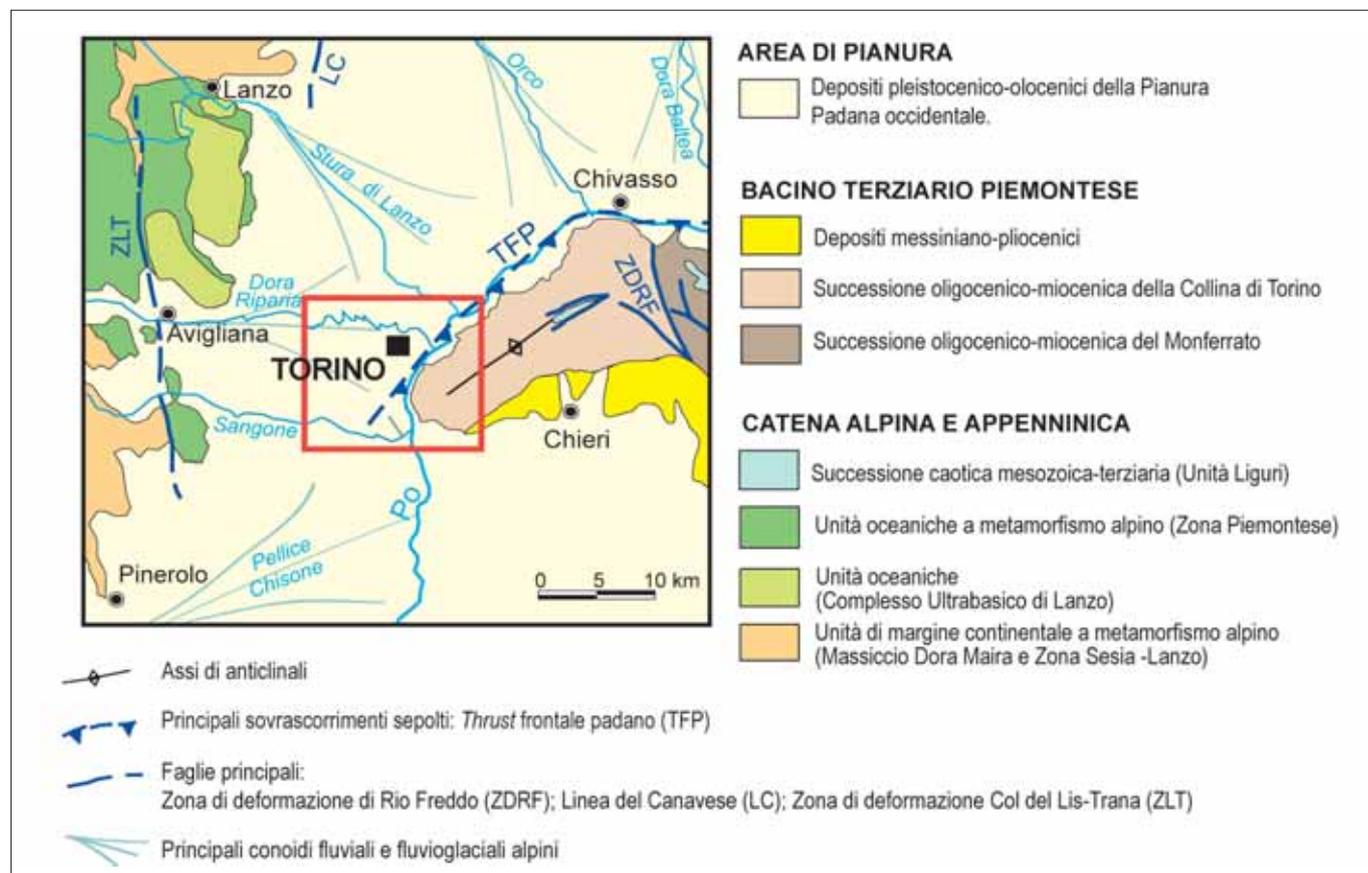


Figura 2 – Schema geologico dell'area in esame con l'indicazione degli estesi conoidi laterali che costituiscono il tratto di pianura padana occidentale considerato. Il riquadro indica l'area rappresentata in Fig. 4 (da Festa et al. 2010, modificato).

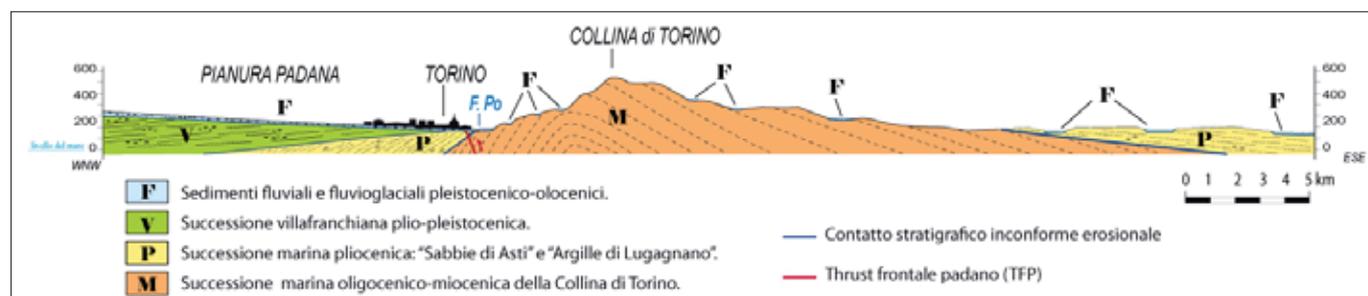


Figura 3 – Profilo schematico dell'area in cui è edificata la Città di Torino, con scala delle altezze esagerata (x2). Gran parte del tessuto urbano si sviluppa su una estesa superficie di erosione modellata sulla successione terziaria della Collina di Torino.

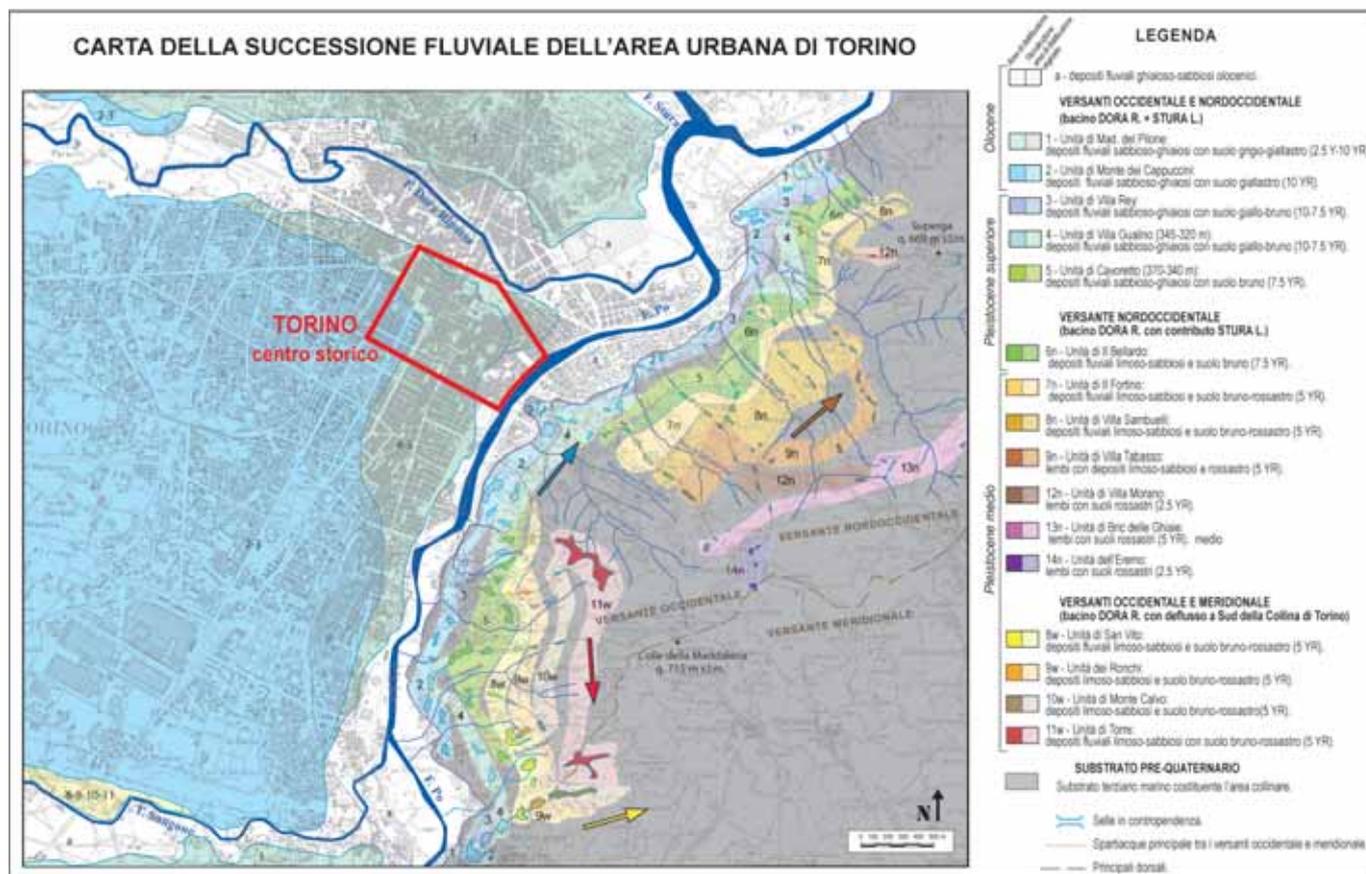


Figura 4 – Carta geologica dell'area (a), con l'indicazione delle unità fluviali che la costituiscono, e schema dei rapporti stratigrafici tra le diverse unità (b).

da sedimenti marini terziari. I recenti rilevamenti e le ricerche effettuati nell'ambito del Progetto CARG (Balestro et al., 2010a; Balestro et al., 2010b; De la Pierre et al., 2010; Festa et al., 2010) suggeriscono come le successioni oligo-plioceniche costituenti l'ossatura dei rilievi risultino differenziate tra la Collina di Torino e il Monferrato, tra loro separati dall'importante Zona di deformazione di Rio Freddo (ZDRF) (Fig. 2) e come la sovrastante successione messiniano-pliocenica, limitata al versante meridionale del rilievo, sia invece comune alle due aree. Questi sedimenti costituiscono una struttura anticlinale asimmetrica, caratterizzata da una sensibile evoluzione recente in parte connessa con la presenza dei thrusts sepolti che delimitano verso NW l'edificio collinare (TFP in Fig. 2). In particolare, la notevole inclinazione del versante prospiciente la città (10-15 %) è espressione della notevole inclinazione verso NW dei corpi geologici, prevalentemente connessa con la sensibile deformazione recente (Fig. 3) (Boano et al., 2004). La più modesta inclinazione del versante meridionale (5-10%) corrisponde alla minore inclinazione verso sud dei corpi sedimentari, interessati invece da una deformazione recente di entità inferiore.

La fascia di pianura è invece formata essenzialmente da una successione di sedimenti fluvioglaciali e fluviali legati ai corsi d'acqua affluenti alpini, che costituiscono

un insieme di conoidi alluvionali tra loro in parte coalescenti (Fig. 2). L'area di distribuzione dei sedimenti connessi con il F. Po risulta invece estremamente ridotta, limitata ad una fascia molto ristretta ai margini dell'asta fluviale principale. Complessivamente i sedimenti fluviali quaternari (F in Fig. 3) hanno spessore ridotto, compreso tra 10 m, al margine con la Collina di Torino, fino a 80 m verso l'arco alpino. Gli stessi studi recenti (Balestro et al., 2010a; Balestro et al., 2010b; De la Pierre et al., 2010; Festa et al., 2010) indicano che i diversi corpi sedimentari che li costituiscono sono separati tra loro da importanti superfici di erosione a sviluppo areale, che rappresentano gli elementi principali della successione. Ne consegue che questa è stata differenziata utilizzando il criterio allostratigrafico, attraverso il riconoscimento delle discontinuità erosionali che definiscono la base e il tetto delle singole unità e considerando il bacino di pertinenza dei sedimenti (Anselmo et al., 2001). Entrambi questi criteri si sono rivelati fondamentali, oltre che per una migliore comprensione dell'evoluzione recente, anche per considerazioni di carattere applicativo.

L'area non ha quindi il tipico assetto di una pianura alluvionale subsidente, rappresentando invece un settore caratterizzato da importanti fenomeni di sollevamento recente, che hanno condizionato la geometria dei corpi sedimentari, le notevoli variazioni nell'assetto

del reticolato idrografico e la stessa impostazione recente del F. Po (Carraro et al., 1994).

3.1 LA SUCCESSIONE PLEISTOCENICA AFFIORANTE NELL'AREA DI PIANURA

L'area di pianura su cui sorgono il centro storico di Torino e la maggior parte dei comuni limitrofi (Fig. 1) è caratterizzata da un'apparente uniformità dal punto di vista morfologico e geologico: le evidenze morfologiche (scarpate di terrazzo, alvei abbandonati) risultano infatti di modesta entità e in molti casi sono state completamente oblitrate o modificate dall'intensa urbanizzazione.

Un'analisi di dettaglio dei dati sia di superficie che relativi all'immediato sottosuolo, mette in evidenza come tale apparente uniformità non corrisponda ad un altrettanto semplice assetto stratigrafico. Come già anticipato (§3), la maggior parte del settore di pianura in esame è formata dai depositi fluvioglaciali e fluviali legati agli importanti affluenti alpini del F. Po (Fig. 2), costituenti essenzialmente gli estesi conoidi del F. Dora Riparia, a valle dell'Anfiteatro Morenico di Rivoli-Avigliana, e del T. Stura di Lanzo. Molto subordinati sono invece i depositi fluviali connessi con il F. Po, di impostazione estremamente recente (Fig. 4).

In assenza di più precisi elementi cronologici di riferimento, l'età dei diversi termini descritti è valutabile sulla base del grado di evoluzione pedogenetica dei depositi e grazie

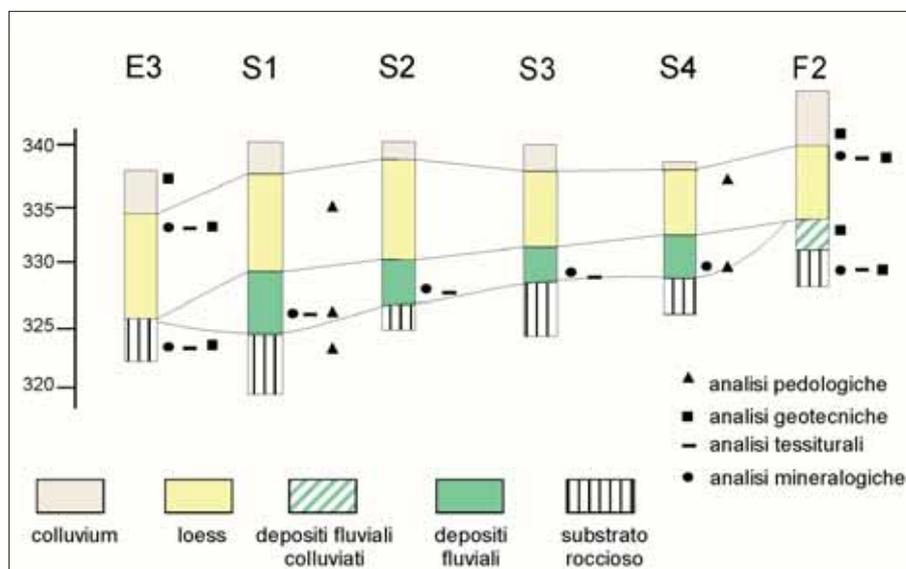


Figura 5 – Costituzione geologica del lembo di superficie pianeggiante di Villa Gualino (versante occidentale della Collina di Torino), riconosciuta tramite un insieme di sondaggi: 1) substrato marino; 2) depositi fluviali; 3) depositi colluviali; 4) loess eolico; terreno di riporto

ai rapporti tra le diverse unità. I sedimenti prevalentemente ghiaiosi sono in genere riferibili alle fasi più antiche di espansione del ghiacciaio della Valle di Susa ed invece i sedimenti prevalentemente sabbiosi sono riferibili agli episodi fluviali postglaciali.

In particolare, gran parte dell'area urbanizzata è edificata al di sopra di una successione formata da sedimenti ghiaioso-sabbiosi con spessore di alcune decine di metri e da sovrastanti sedimenti sabbioso-limosi con spessore compreso tra circa 1 m e alcuni metri. Il termine inferiore di questa successione affiora solo localmente nel settore a sud della città, in sinistra del T. Sangone (Fig. 4): è connesso con un antico percorso del F. Dora Riparia, riferibile al Pleistocene medio (unità 8-9-10-11 in Figg. 4 e 5). Il termine superiore, ampiamente distribuito, è invece riferibile a successivi percorsi del F. Dora Riparia (nel settore centrale) e del F. Stura di Lanzo (nel settore settentrionale), riferibili al Pleistocene superiore (unità 4 e 5 in Figg. 4 e 5). Tra i due corpi sedimentari sovrapposti si sviluppa un contatto di natura erosionale; tra i sedimenti riferibili ai diversi bacini si sviluppano invece per lo più rapporti di interdigitazione. Al di sopra della successione descritta, in rapporto di giustapposizione e localmente di erosione areale, poggiano i sedimenti sabbioso-limosi superficiali, con spessori ridotti di alcuni metri ed estesamente diffusi in corrispondenza all'area urbana, riferibili alla parte terminale del Pleistocene superiore (unità 2 e 3 in Figg. 4 e 5).

La successione risulta poi ulteriormente terrazzata lungo gli attuali corsi d'acqua dove, incastrati spesso di diversi metri all'interno delle precedenti unità, si sviluppano i sedimenti sabbioso-limosi, più o meno ghiaiosi, riferibili alle unità più recenti (1 e a in Figg. 4 e 5). Sono legati all'evoluzione recente

dei corsi d'acqua attuali e alla loro migrazione all'interno delle rispettive fasce alluvionali. Localmente entro tali depositi sono stati rinvenuti sia resti vegetali fossili (tronchi, frutti e pollini) sia resti archeologici (ceramiche, frammenti di mattoni, monete e resti legati ad insediamenti preistorici e storici) che ne attestano un riferimento cronologico all'Olocene.

3.2 LA SUCCESSIONE PLIO-PLEISTOCENICA NEL SOTTOSUOLO DELL'AREA DI PIANURA

Anche il sottosuolo relativo all'area di pianura su cui sorgono il centro storico di Torino e la maggior parte dei comuni limitrofi (Fig. 1) mostra una costituzione fortemente eterogenea.

In corrispondenza al settore orientale sviluppato al margine della Collina di Torino, a profondità relativamente modesta (fino a circa 10 m) al di sotto di una sottile coltre di depositi fluviali recenti, si incontrano i sedimenti marini, corrispondenti a sabbie fini e silt argillosi riccamente fossiliferi, noti in letteratura come "Sabbie di Asti" e "Argille di Lugagnano" (P in Fig. 3). Questi sedimenti, riferibili al Pliocene inferiore, poggiano sulle formazioni marine Oligo-Mioceniche: risultano in questo settore pressoché "subaffioranti", poiché in parte coinvolti nel sollevamento dell'area collinare legato alla presenza in questa posizione del *thrust* frontale padano (TFP in Figg. 2 e 3). Lo sviluppo in quest'area di una superficie di erosione con andamento articolato, che è stata descritta in letteratura come "platea" (Carraro et al. 1994), suggerisce che questo settore di pianura corrisponda geologicamente a un settore collinare spianato da un'importante superficie di erosione regionale, di natura poligenica e riferibile a un ampio intervallo di tempo (Lucchesi, 2001).

In corrispondenza alla maggior parte dell'area di pianura, al di sopra della suc-

cessione pliocenica marina, separata da una superficie talora di natura erosionale, talaltra stratigrafica, poggia la successione fluvio-lacustre villafranchiana (V in Fig. 3). Tale successione, costituita da ripetute alternanze di corpi sabbiosi, con localizzate ghiaie minute, e corpi siltosi, con tenori in argilla talvolta rilevanti e associate torbe e ligniti, è riferibile al Pliocene medio e al Pleistocene inferiore (Carraro, 1996). Questa unità mostra spessori variabili raggiungendo valori dell'ordine del centinaio di metri nel settore occidentale.

L'assetto geometrico-strutturale della successione plio-quadernaria indica che essa ha subito una deformazione in tempi relativamente recenti: le unità più antiche sono intercettate dai sondaggi unicamente in corrispondenza al margine collinare dove si colloca il *thrust* frontale padano (Fig. 2). Tale osservazione, insieme al ridotto spessore dei sedimenti quadernari, indica che questo settore ha subito un sollevamento differenziale di natura tettonica che ha coinvolto anche le porzioni più superficiale della successione plio-quadernaria (Lucchesi, 2001).

3.3 LA SUCCESSIONE PLEISTOCENICA DELLA COLLINA DI TORINO

La Collina di Torino costituisce un rilievo allungato in direzione SW-NE, che si eleva di circa 500 rispetto alla Pianura Padana occidentale, dalla quale è separato tramite l'incisione del F. Po (Fig. 1). L'area collinare sviluppata entro il territorio del Comune di Torino, che comprende la quota massima del rilievo (Colle della Maddalena, 715 m), corrisponde al versante prospiciente la città nel quale, più in dettaglio, possono venire distinti i versanti occidentale e nordoccidentale (Fig. 4a). Essi presentano un insieme di dorsali allungate (dorsali di Moncalieri, Boccia d'Oro, Ronchi, Cavoretto, Tetti Rovei, San Vito, Santa Margherita, Villa Rey, Reaglie, Mongreno, Superga e Costa Parigi) (Fig. 4a), che mostrano andamento E-W, nel versante occidentale, e SE-NW, in quello nordoccidentale. Entrambi i versanti appaiono profondamente dissecati dall'attuale reticolato idrografico affluente del F. Po, responsabile del modellamento di incisioni con direzione circa parallela alle dorsali e profondità variabile tra alcune decine e il centinaio di metri. La continuità del profilo delle dorsali è interrotta dalla diffusa presenza di lembi di superfici pianeggianti o debolmente inclinate (in media 3%) verso W o NW, con estensione compresa tra 5.000 e 25.000 m², (S2), che ne determinano un profilo altimetrico estremamente articolato. Localmente, nella fascia altimetrica superiore del versante occidentale, si osservano inoltre ampie depressioni allungate in contropendenza, con estensione di diverse migliaia di m² ed andamento arcuato in pianta (Fig.

4b). Gli elementi morfologici descritti hanno una distribuzione areale relativamente omogenea, solo interrotta in corrispondenza al settore di Valsalice, compreso tra le dorsali di San Vito e di Santa Margherita.

Gli elementi morfologici (lombi e depressioni relitti) alla luce dei recenti studi riguardanti l'evoluzione geologica recente dell'area collinare (Boano et al., 2004; Forno & Lucchesi, 2005; Barbero et al., 2007), possono venire interpretati come connessi con la presenza di antiche forme fluviali, costituenti una successione terrazzata distribuita in un'ampia fascia altimetrica (tra 630 e 240 m di quota). Nel dettaglio le singole dorsali non mostrano in genere testimonianza dell'intera successione, ma preservano un numero minore di ordini. In particolare, i lombi pianeggianti possono essere considerati come i settori conservati, marginali, di precedenti pianure alluvionali, divenute con il tempo progressivamente sospese rispetto alla pianura, e le depressioni in contropendenza come i relitti di antichi meandri incastrati, anch'essi divenuti successivamente sospesi.

I diversi elementi sono separati tra loro da evidenti scarpate (con altezza di alcune decine di metri e acclività del 10-15%): nel dettaglio sono stati riconosciuti undici ordini di forme terrazzate, nel versante occidentale, e quattordici, in quello nordoccidentale (Fig. 4b). Le caratteristiche degli elementi morfologici attribuibili ai diversi ordini terrazzati risultano in parte differenti. Le forme distribuite a quote maggiore sono conservate in modo discontinuo, mostrando complessivamente inclinazioni più sensibili e ondulazioni più marcate. I lombi a quote inferiori appaiono invece caratterizzati da una maggiore continuità e da un andamento relativamente pianeggiante. Inoltre, gli elementi a quota più elevata risultano prevalentemente modellati nei termini marini terziari; i lombi sviluppati a quote inferiori preservano invece diffusamente gli originari sedimenti fluviali, con spessore di alcuni metri.

Nel dettaglio, i sedimenti associati alla maggior parte dei lombi pianeggianti risultano fini, corrispondendo a sabbie-siltose debolmente argillose. I sedimenti preservati in corrispondenza ai relitti di meandri incastrati hanno invece tessitura più eterogenea, ghiaioso-sabbiosa debolmente argillosa. Entrambi i tipi di sedimenti sono indicativi di una modesta selezione tessiturale primaria e di un successivo arricchimento in argilla a seguito della pedogenesi, in accordo con l'origine fluviale (Forno et al., 2002; Forno & Lucchesi, 2005). Al di sopra di questi sedimenti si sviluppa una coltre discontinua di loess eolico, contraddistinto invece da una notevole selezione tessiturale (Forno, 1979) (Fig. 5).

Le diverse forme fluviali sviluppate a quote confrontabili mostrano una distribuzione complessiva secondo fasce allungate in direzione S-N, sul versante occidentale, e SW-NE, su quello nordoccidentale, trasversale a quello degli attuali corsi d'acqua collinari (Fig. 4b). Analoga distribuzione dei lombi si osserva anche nell'area collinare sviluppata immediatamente a NW rispetto al settore descritto (Barbero et al., 2007). L'attuale assetto altimetrico delle forme relitte, variamente sospeso rispetto alla pianura con un dislivello compreso tra 20 e 400 m, la loro distribuzione complessiva, in corrispondenza alle attuali dorsali secondo fasce allungate parallelamente allo spartiacque collinare, e l'allungamento prevalente dei singoli lombi, svincolato dall'andamento dei corsi d'acqua attuali, suggeriscono il legame con una situazione morfologica e geologica del rilievo notevolmente diversa dall'attuale e di escludere un legame con gli attuali corsi d'acqua collinari.

Se da un lato l'allungamento delle fasce fluviali (Fig. 4b) suggerisce un modellamento da parte di importanti corsi d'acqua con deflusso circa SW-NE, analogo rispetto all'andamento del F. Po, l'impostazione estremamente recente dell'attuale percorso di questo corso d'acqua al margine nordoccidentale del rilievo collinare, già documentata in letteratura, permette di escludere il modellamento da parte di precedenti andamenti del F. Po. L'intera successione sarebbero invece da collegare a precedenti percorsi di importanti affluenti alpini (Boano et al., 2004; Forno & Lucchesi, 2005): lo studio mineralogico dei sedimenti, attraverso l'esame dei minerali pesanti, ha confermato che i sedimenti fluviali costituenti la successione terrazzata sono alimentati essenzialmente dai bacini dei fiumi Dora Riparia e della Stura di Lanzo e pertanto riferibili ad antichi percorsi di questi corsi d'acqua (Vezzoli et al., 2010).

I rapporti degli elementi terrazzati sia con i sedimenti pliocenici marini (Pliocene inferiore) sia con la successione villafranchiana (Pliocene medio e Pleistocene inferiore), congiuntamente con il grado di alterazione dei sedimenti fluviali che li costituiscono (su cui si sviluppano suoli con indice di colore variabile tra 2,5 YR e 10,5 YR), suggeriscono per queste forme un'età pleistocenica media e superiore. Lo sviluppo altimetrico anomalo dei lombi fluviali descritti, attualmente conservati in corrispondenza a un versante collinare, suggerisce che originari settori di pianura siano stati inglobati progressivamente nel rilievo, interessato da un intenso sollevamento recente; la presenza di scarpate con altezza di alcune decine di metri tra i diversi ordini permette di ipotizzare che durante questo ampio intervallo di tempo si sia realizzata

una successione di episodi essenzialmente di approfondimento erosionale da parte del reticolato idrografico, anch'esso connesso con la deformazione recente. Contemporaneamente a questo fenomeno, i lombi modellati in precedenza e i sedimenti che li caratterizzano sono stati interessati dall'alterazione e dalla dissezione da parte degli attuali corsi d'acqua e da un progressivo rimodellamento.

La sensibile attività geodinamica recente di questo settore è testimoniata, oltre che dalle numerose evidenze morfologiche descritte (Boano et al., 2004), anche da dati strutturali e misurazioni geodetiche. La stessa deformazione recente è la principale responsabile della variazione nell'assetto di questi corsi d'acqua. Si può ipotizzare che dapprima (Pleistocene medio) si sviluppassero antichi andamenti del F. Dora Riparia (freccia rossa in Fig. 4), defluente verso sud in corrispondenza all'attuale versante occidentale della Collina di Torino, e del F. Stura di Lanzo (freccia arancione in Fig. 4), defluente verso nord in corrispondenza all'attuale versante nordoccidentale. Successivamente (essenzialmente Pleistocene superiore) si sarebbero sviluppati più recenti andamenti del F. Dora Riparia e del F. Stura di Lanzo (freccia blu in Fig. 4), tra loro confluenti, che defluivano verso nord attraverso i due versanti collinari. Tra questi corsi d'acqua, solo il più antico andamento del F. Dora Riparia verso sud (freccia rossa in Fig. 4) rappresentava verosimilmente un affluente dell'antico andamento del F. Po, che defluiva invece verso E attraverso il versante meridionale della Collina di Torino (freccia gialla in Fig. 4). L'impostazione del F. Po, al margine del rilievo collinare, è ovviamente successiva a questa evoluzione.

La successione terrazzata esaminata rappresenta quindi il risultato della progressiva deformazione del settore distale dei conoidi alpini, coinvolti nel sollevamento della Collina di Torino e nella migrazione verso NW del suo margine esterno, che hanno portato al loro inglobamento nell'area collinare. Si può stimare che tale deformazione, tutt'ora in atto, abbia avuto, nell'intervallo compreso tra il Pleistocene medio e l'Olocene, una componente verticale con velocità media di sollevamento relativo di circa 1 mm/anno (Boano et al., 2004). La presenza della successione terrazzata descritta favorisce la spiccata vocazione residenziale dell'area in esame, compresa in gran parte nel Comune di Torino: in particolare sui lombi terrazzati sono costruite le antiche ville che caratterizzano l'area collinare (Fig. 5); le incisioni fluviali, corrispondenti ai tratti più ripidi dei versanti caratterizzati da diffusi fenomeni di dissesto, sono invece per lo più incolti e presentano una fitta vegetazione boschiva e arbustiva.

4 SIGNIFICATO DEL CONTESTO GEOLOGICO PER L'UTILIZZO DEL TERRITORIO TORINESE

In un territorio fortemente antropizzato come l'area metropolitana di Torino, la componente naturale del paesaggio è strettamente interconnessa con quella antropica. Se da un lato il contesto geologico ha da sempre rappresentato una risorsa, dall'altro costituisce anche un elemento di vulnerabilità che, in rapporto all'intensa e crescente urbanizzazione della città, può rappresentare un importante fattore di rischio per la tutela dell'ambiente e della popolazione. Di seguito sono riportati alcuni esempi.

- 1) Le caratteristiche morfologiche e geologiche dell'area hanno influito e influiscono ancora attualmente, in modo sensibile, sulle tipologie e sulla distribuzione degli insediamenti antropici.

L'estensione delle aree pianura, grazie alla costituzione essenzialmente ghiaiosa e all'inclinazione estremamente modesta (circa 1 ‰), ha favorito lo sviluppo e l'ampliamento progressivo nel tempo del tessuto urbano: gli edifici relativamente antichi del centro storico insistono sulle superfici terrazzate sospese di alcuni metri rispetto ai corsi d'acqua; le nuove urbanizzazioni interessano invece le superfici terrazzate più recenti, prossime ai corsi d'acqua, non edificate in precedenza. Talvolta tali recenti urbanizzazioni presentano problemi in fase costruttiva, per il raggiungimento della falda idrica da parte delle fondazioni, e possibili danni successivi a seguito di fenomeni alluvionali.

Le aree più depresse sviluppate lungo i corsi d'acqua, corrispondenti alle fasce più vulnerabili dall'attività fluviale, sono tuttora non antropizzate e ospitano estesi parchi fluviali cittadini a fruizione pubblica: i parchi del Valentino, Michelotti e Lungo Po Antonelli (lungo l'asta del Po) e il parco della Pellerina (lungo l'asta della Dora Riparia) sono i più estesi. Particolarmente interessate da fenomeni alluvionali risultano le aree poste alla confluenza del F. Po con i corsi d'acqua alpini, ove sorgono altre importanti aree verdi: i parchi delle Vallere (confluenza Po-Sangone), della Colletta (confluenza Po-Dora Riparia) e del Meisino (confluenza Po-Stura di Lanzo). Le stesse caratteristiche morfologiche e geologiche del settore di pianura hanno consentito la costruzione già anticamente della città romana, di quella medioevale e recentemente l'espansione delle aree industriali.

Le aree collinari, costituite da sedimenti prevalentemente incoerenti e caratte-

zzate da inclinazioni mediamente più rilevanti (5-15%), ospitano invece solo sporadicamente edifici abitativi. Particolarmente marcata è l'inclinazione del versante settentrionale della Collina di Torino (sviluppato in prossimità del *thrust* frontale padano) (Fig. 2) dove la diffusione dei sedimenti marini siltoso-argillosi associata alle condizioni di forte acclività, a cui sono connessi frequenti fenomeni franosi e alluvionali, hanno impedito una massiccia edificazione, malgrado l'estrema vicinanza al centro storico della città. In questo settore, solo in corrispondenza ai lembi di superfici pianeggiate connessi con il modellamento fluviale pleistocenico (§ 3.3) è avvenuta l'edificazione di antiche ville padronali (Fig. 5). Infine il versante meridionale del rilievo collinare, con acclività meno rilevante (5-10 ‰), presenta una situazione intermedia tra quella tipica della pianura antropizzata e quella residenziale collinare: in questi settori è avvenuta una modesta edificazione di piccoli centri abitati lungo le dorsali secondarie (Revigliasco, Pecetto Torinese, Pino Torinese).

- 2) Le stesse condizioni morfologiche e geologiche influiscono anche notevolmente sulla diffusione e tipologia delle colture, che insistono sul territorio nelle diverse aree. In particolare i settori di pianura appaiono estesamente coltivati, con prevalenza di colture orticole e cerealicole. In questi settori la fertilità dei campi agricoli dipende essenzialmente dal grado di evoluzione dei suoli: la presenza di argilla e ossidi di ferro, di origine pedogenetica, determinano infatti condizioni sfavorevoli all'attecchimento e alla crescita delle colture. Le aree più fertili corrispondono, pertanto, ai settori di distribuzione dei depositi fluviali sabbiosi pleistocenici superiori e del loess eolico, diffusamente presenti nell'area torinese ed entrambi caratterizzati da modesta alterazione.

La debole inclinazione del versante meridionale, particolarmente evidente della sua fascia altimetrica inferiore, favorisce anch'essa l'uso agricolo del territorio, consentendo l'espansione delle colture viticole e dei frutteti. Le condizioni climatiche particolarmente favorevoli di questo versante (esposizione a sud e sviluppo altimetrico prevalentemente compreso tra 300 e 400 m) hanno permesso la coltivazione dell'ulivo, ancora praticata fino ad alcuni decenni addietro. La sensibile inclinazione dei versanti occidentale e nordoccidentale del rilievo collinare non permette invece un loro diffuso utilizzo agricolo ma consente esclusivamente lo

sviluppo di estese aree boschive. Queste ultime, oltre a rappresentare il più efficace sistema di protezione dal dissesto idrogeologico dei versanti, costituiscono le principali aree verdi della città. In tali aree boschive, oltre ai numerosi parchi privati delle antiche ville collinari, si sviluppano i principali parchi pubblici cittadini: Parco della Rimembranza (Colle della Maddalena), Parco Europa (Cavoretto), Parco di Villa Genero e Parco della Collina di Superga.

- 3) Alla costituzione geologica del territorio sono ovviamente strettamente collegate le numerose attività estrattive. Nei settori di pianura prossimi alla città (ad esempio Carignano, La Loggia, Beinasco, Collegno, Settimo Torinese), estesamente costituiti da ghiaie e sabbie, si sviluppano numerose ed estese cave di inerti: le attività di scavo, con formazione di estese depressioni della superficie topografica connesse con le ingenti asportazioni di materiali da costruzione, possono creare notevoli problematiche ambientali in quanto realizzano significative interruzioni degli acquiferi superficiali e, qualora gli scavi risultino particolarmente profondi, possono favorire un sensibile inquinamento degli acquiferi profondi, idropotabili, non più protetti dai corpi geologici sovrastanti. La presenza di queste attività può quindi generare danni ambientali irreversibili per le future generazioni. Localmente si hanno anche attività estrattive di sedimenti siltoso-argillosi (ad esempio Cambiano), utilizzati per l'industria dei laterizi.

Nei settori collinari, oltre ad attività estrattive di alcuni materiali lapidei utilizzati per i rivestimenti di edifici storici come ad esempio il Calcare di Gassino (utilizzato per il rivestimento della Basilica di Superga), si sviluppano anche alcune cave di inerti. In particolare i sedimenti della successione villafranchiana, interessata da cave di sabbie quarzose ed i argille, sono usati spesso per la realizzazione di intonaci pregiati e per la fabbricazione di mattoni e manufatti in cotto.

- 4) Le caratteristiche morfologiche e geologiche dell'area, associate alle condizioni climatiche, rappresentano il principale condizionamento sia delle risorse idriche superficiali sia dell'assetto idrogeologico del sottosuolo. Ne consegue che solo attraverso una dettagliata ricostruzione della successione sedimentaria e delle discontinuità erosionali/tettoniche che la interessano si possono effettuare accurate valutazioni idrogeologiche.

La rete idrografica mostra caratteristiche particolari: il tracciato del F. Po, a seguito della sua impostazione estremamente recente (§ 3.), è localizzato in una posizione geografica inconsueta, a sottolineare il limite tra area di pianura e area collinare (Fig. 1). Questa posizione determina una sensibile asimmetria nella rete affluente costituita, in sinistra, da importanti corsi d'acqua di pianura con notevoli portate e inclinazioni relativamente modeste (T. Sangone, F. Dora Riparia, T. Stura di Lanzo, T. Orco) e, in destra, da esigui corsi d'acqua collinari, caratterizzati invece da portate modeste e inclinazioni notevoli. Questo assetto del reticolato idrografico è il principale responsabile delle difficoltà di drenaggio che si verificano durante gli episodi alluvionali. L'asta idrografica principale risulta sottodimensionata rispetto alla rete affluente, essendo caratterizzata da debole inclinazione e priva di aree di espansione. L'intervento antropico sull'asta principale, con costruzione di argini e difese spondali nell'intero tratto cittadino rivolti essenzialmente a impedire fenomeni di esondazione, se da un lato salvaguarda la città dalla maggior parte degli eventi alluvionali, amplifica ulteriormente il sottodimensionamento dell'asta principale rispetto alla rete affluente. Anche le modificazioni antropiche che interessano le aste affluenti, con rivestimenti di tratti di alveo finalizzati a incrementare le aree edificabili, hanno purtroppo l'effetto di ridurre notevolmente il tempo di corrivazione dei corsi d'acqua. Questi interventi, particolarmente diffusi nei settori collinari, rappresentano talvolta elementi determinanti nel creare piene improvvise nell'asta principale.

Le risorse idriche del sottosuolo sono particolarmente abbondanti nell'area della pianura torinese costituita in superficie dagli estesi conoidi alluvionali dei corsi d'acqua alpini, affluenti del F. Po, con debole inclinazione verso E e SE e costituiti essenzialmente da sedimenti ghiaiosi grossolani: l'estrema permeabilità di questi sedimenti, se da un lato favorisce la ricchezza degli acquiferi superficiali, da un altro lato ne consente rapidi e diffusi inquinamenti, spesso collegati alla diffusione delle attività industriali.

Gli acquiferi profondi traggono invece origine dalla presenza di una successione Villafranchiana, anch'essa con inclinazione modesta verso E, spesso caratterizzata da spessori ingenti che favoriscono l'accumulo di importanti risorse idriche idropotabili. La natura eterogenea di que-

sta successione crea acquiferi compositi (multifalda) e favorisce la salvaguardia degli acquiferi profondi dall'inquinamento superficiale.

Il principale elemento geologico che condiziona il quadro idrogeologico è rappresentato dalla struttura della Collina di Torino, costituita da sedimenti per lo più fini con permeabilità modesta, che favoriscono l'accumulo di ingenti risorse idriche al margine del rilievo. Particolarmente favorevole per lo sviluppo dei pozzi della rete acquedottistica (Campo Pozzi di Cascina Giarrea) risulta la presenza del *thrust* padano sepolto al margine settentrionale del rilievo collinare (TFP in Fig. 2), associato ad un bacino di avanfossa in cui si accumulano spessori particolarmente rilevanti di sedimenti sia villafranchiani (superiori al centinaio di metri) che quaternari.

- 5) Uno dei principali fattori di rischio dell'area è rappresentato dal rischio idrogeologico. La notevole acclività del versante nordoccidentale, connessa con la posizione prospiciente al *thrust* padano che delimita verso NW l'edificio collinare, rappresenta la principale responsabile dei diffusi fenomeni franosi che coinvolgono il versante. La maggior parte di questi eventi franosi viene favorito dall'antropizzazione: numerosi dissesti si impostano lungo la viabilità, dove si osservano spesso non adeguate regimazioni delle acque meteoriche, o in corrispondenza a edifici. Inoltre, la notevole copertura antropica di estesi settori collinari crea localizzate difficoltà di assorbimento delle precipitazioni, concentrando arealmente i deflussi e creando aree particolarmente vulnerabili ai dissesti.

La situazione geologica descritta favorisce anche i fenomeni alluvionali lungo l'asta principale e la rete affluente. Particolarmente alluvionabili risultano i settori di confluenza tra il F. Po, caratterizzato da pendenza molto modesta, e gli importanti affluenti alpini, con inclinazione molto superiore e contemporaneamente portata e carico solido rilevanti (in quanto alimentati da bacini alpini molto prossimi). L'inclinazione modesta dell'asta principale, principale responsabile dei fenomeni alluvionali descritti, è in stretta relazione con l'impostazione recente del F. Po, al margine settentrionale dell'area collinare, privo già naturalmente di una estesa fascia di divagazione, ulteriormente ridotta dalle opere di regimazione nell'area urbana, che favorisce maggiori ripercussioni sulle aree immediatamente a valle.

BIBLIOGRAFIA

- ANSELMO V., CARRARO F., LUCCHESI S. (2001) - *Sull'opportunità di introdurre il bacino di provenienza tra gli elementi di distinzione cartografica dei sedimenti di pianura alluvionale*. Il Quaternario, 14(1), 55-60.
- BARBERO D., BOANO P., COLLA M. T., FORNO M. G. (2007) - *Pleistocene terraced fluvial succession, northern slope of the Torino Hill*. Quaternary International, 171-172 (2007), 64-71.
- BALESTRO G., CADOPPI P., PICCARDO G.B., POLINO R., SPAGNOLO G., TALLONE S., FIORASO G., LUCCHESI S., FORNO M.G. (2010a) - In Polino R. (ed.) - Foglio 155, "Torino Ovest", *Carta Geologica d'Italia* alla scala 1:50.000. ARPA, Tip. Geda, Torino.
- BALESTRO G., CADOPPI P., PICCARDO G.B., POLINO R., SPAGNOLO G., TALLONE S., FIORASO G., LUCCHESI S., FORNO M.G. (2010b) - In Polino R. (ed.) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia* alla scala 1:50.000, Foglio 155, "Torino Ovest". ARPA, Tip. Geda, Torino.
- BOANO P., FORNO M.G., LUCCHESI S. (2004) - *Pleistocene deformation of the Collina di Torino inferred from the modelling of their fluvial succession*. Il Quaternario, 17(2/1), 145-150.
- CARRARO F., COLLO G., FORNO M. G., GIARDINO M., MARAGA F., PEROTTO A., TROPEANO D. (1994) - *L'evoluzione del reticolato idrografico del Piemonte centrale in relazione alla mobilità quaternaria*. In: Polino R., Sacchi R. (eds.) - *Atti del Convegno "Rapporti Alpi-Appennino" e guide alle escursioni* (Peveragno (CN), 31 maggio-1 giugno 1994). Ac. Naz. Sc., 14, 445-461.
- CARRARO F. (ed.) - *Revisione del Villafranchiano nell'area-tipo di Villafranca d'Asti*. *Atti del Convegno: "Il significato del Villafranchiano nella stratigrafia del Plio-Pleistocene"* (Peveragno-Villafranca d'Asti, 20-24 giugno 1994). Il Quaternario It. Journ. Quatern. Sc., 9(1), 38-62.
- DE LA PIERRE F., FESTA A., IRACE A., PIANA F., FIORASO G., LUCCHESI S., BOANO P., FORNO M.G. (2010) In: Polino R. (ed.) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia* alla scala 1:50.000, Foglio 156, "Torino Est". ARPA, Tip. Geda, Torino.
- FESTA A., DE LA PIERRE F., IRACE A., PIANA F., FIORASO G., LUCCHESI S., BOANO P., FORNO M.G. (2010) - In Polino R. (ed.) - Foglio 156, "Torino Est", *Carta Geologica d'Italia* alla scala 1:50.000, ARPA, Tip. Geda, Torino.
- FORNO M. G. (1979) - *Il "loess" della Collina di Torino: revisione della sua distribuzione e della sua interpretazione genetica e cronologica*. Geogr. Fis. Dinam. Quatern., 2, 105-124.
- FORNO M.G., BEN G., BOANO P., BOCCA P., BOERO V., COMPAGNONI R. (2002) - *Lembi di depositi fluviali provenienti dai bacini alpini nordoccidentali sulla Collina di Torino presso Villa Gualino (NW Italy)*. Il Quaternario It. Journ. Quatern. Sc., 15(2), 175-185.
- FORNO M.G., LUCCHESI S. (2005) - *La successione fluviale terrazzata pleistocenica dei versanti occidentale e nordoccidentale della Collina di Torino*. Il Quaternario It. Journ. Quatern. Sc., 18(2), 123-134.
- LUCCHESI S. (2001) - *Sintesi preliminare dei dati di sottosuolo della pianura piemontese centrale*. Riv. Ass. Geor. Amb., GEAM, 28(2-3), 115-121.
- VEZZOLI G., FORNO G., ANDÒ S., HRON K., CADOPPI P., ROSSELLO E., TRANCHERO V. (2010) - *Tracing the drainage change in the Po Basin from provenance of Quaternary sediments* (Collina di Torino, Italy). Quaternary International, 222, 64-71.

Assetto idrogeologico della Città di Torino e del suo hinterland

DOMENICO ANTONIO DE LUCA
Dipartimento di Scienze della Terra,
Via Valperga Caluso, 35 – 10125 Torino, Italy

LUCA OSSELLA
Dipartimento di Scienze della Terra,
Via Valperga Caluso, 35 – 10125 Torino, Italy

1. INTRODUZIONE

Il presente studio ha come oggetto l'idrogeologia del tratto di pianura corrispondente all'area metropolitana della Città di Torino (Figura 1) delimitato a nord dalla Stura di Lanzo, a sud dal Sangone, ad ovest dall'Anfiteatro Morenico di Rivoli-Avigliana, e ad est dal corso del Po e quindi dalla Collina di Torino.

Si tratta di un settore di pianura torinese che costituisce un elemento morfologico di fondamentale importanza, in quanto nodo di raccordo tra la pianura cuneese, con sviluppo nord-sud, e il resto della pianura padana che presenta asse est-ovest. Infatti a sud del Sangone la pianura è larga fino a 40 Km mentre in corrispondenza della città di Torino si ha un restringimento, per effetto della presenza dei rilievi morenici e collinari, e in questo punto la larghezza è minima, raggiungendo al massimo i 15 Km. Oltre la Stura di Lanzo la pianura si allarga nuovamente. Si può quindi parlare, in accordo con Gabert (1962), di "corridoio" torinese.

Dal punto di vista morfologico l'area è in buona parte pianeggiante, presentando una superficie topografica che digrada regolarmente, e in maniera continua, in senso ovest-est, a partire dalle cerchie più esterne dell'Anfiteatro Morenico di Rivoli-Avigliana sulle quali si appoggia il conoide fluvioglaciale della Dora Riparia, fino al corso del fiume Po che rappresenta il livello di base dell'intero territorio.

2. QUADRO GENERALE DELLO SFRUTTAMENTO DELLE ACQUE SOTTERRANEE NEL TERRITORIO TORINESE

Tutta l'area Torinese, a partire dall'epoca medievale, era sicuramente costellata di pozzi di grande diametro, scavati a mano, che andavano a raggiungere la falda freatica. L'acqua era utilizzata sia per l'alimentazione umana e animale, sia per l'irrigazione; per quest'ultimo fine si sfruttavano maggiormente i canali alimentati dalle acque superficiali. Man mano che il tessuto urbano si estendeva, le vecchie cascine erano inglobate nei confini cittadini, e i vecchi pozzi sparivano. Nel corso del 1800 si iniziarono a perforare pozzi più

profondi della prima falda, necessari a garantire una maggiore qualità delle acque captate.

Attualmente le acque sotterranee nell'area torinese sono intensamente sfruttate,

specialmente a scopo idropotabile e acquedottistico.

In figura 2 si riporta l'ubicazione delle principali aree di prelievo di acque sotterranee

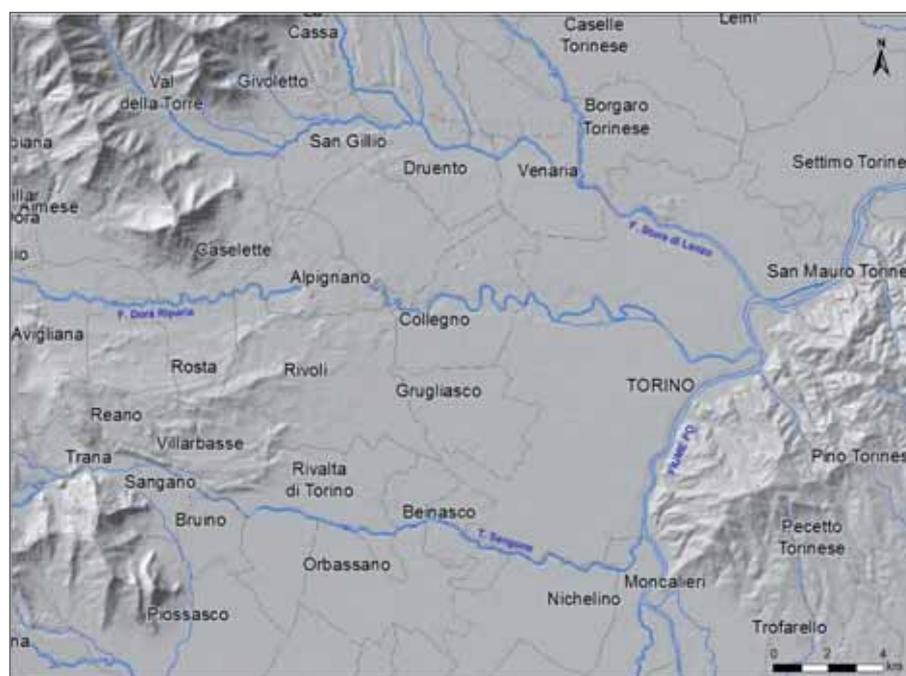


Figura 1 – Inquadramento geografico area di studio.

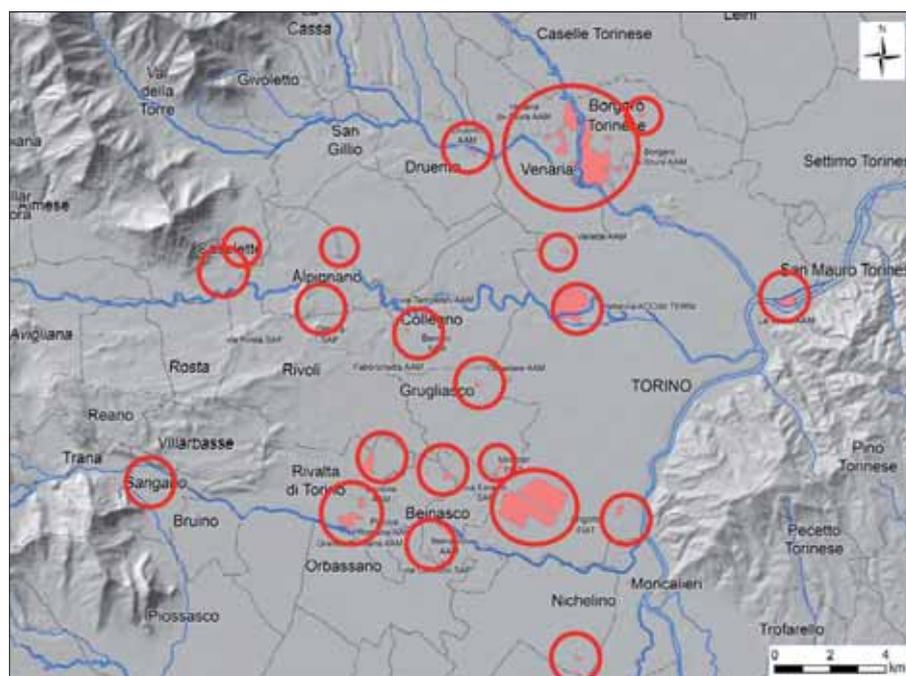


Figura 2 – Ubicazione delle principali aree di prelievo di acque sotterranee nell'area metropolitana torinese.

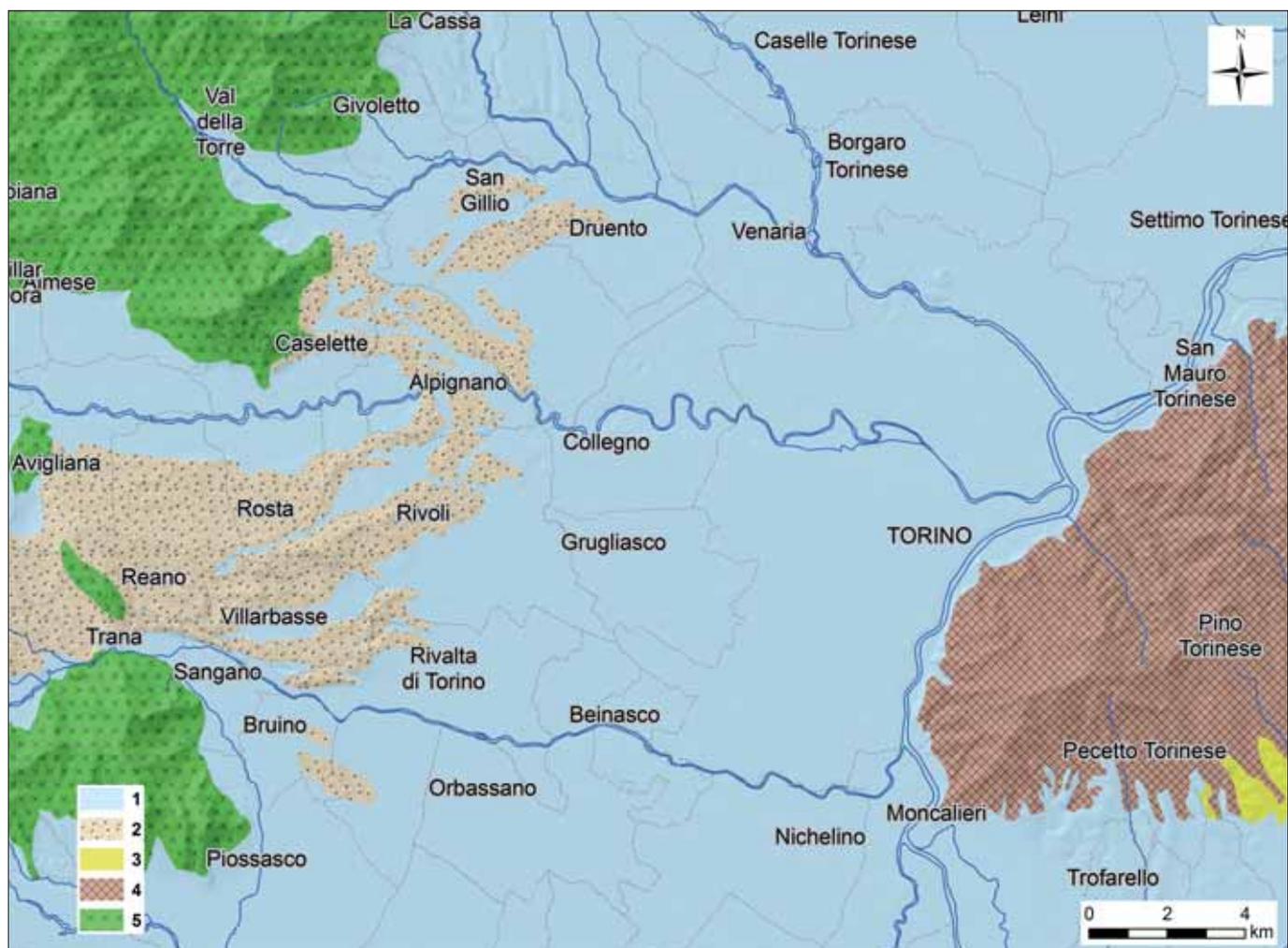


Figura 3 – Inquadramento geoidrologico (Legenda: 1: Complesso dei depositi fluviali e fluvioglaciali della Pianura Torinese; 2: Complesso dei depositi glaciali dell'Anfiteatro Morenico di Rivoli-Avigliana; 3: Complesso dei depositi marini pliocenici sabbiosi della Collina di Torino; 4: Complesso dei depositi marini pre-pliocenici della Collina di Torino; 5: Complesso delle rocce cristalline del bordo interno della catena alpina).

I prelievi idrici nel torinese, dopo il boom degli anni '60-'70 del secolo scorso, appaiono oggi in netta diminuzione, sia a causa del contrarsi della produzione industriale sia in seguito allo sviluppo di politiche di maggiore attenzione e sensibilità verso la risorsa acqua, nel settore pubblico come in quello privato. Inoltre a Torino molti pozzi acquedottistici sono stati chiusi negli anni '80, a causa di evidenti problemi di inquinamento della falda superficiale, da cui in maggioranza attingevano.

Con riguardo alla situazione attuale, e facendo riferimento all'acqua distribuita dalla rete acquedottistica, l'azienda del Torinese SMAT (Società Metropolitana Acque Torino S.p.A.) utilizza complessivamente 1604 fonti di approvvigionamento, composte da 719 pozzi, per lo più profondi oltre 50 metri, 857 sorgenti, 23 prese da acque superficiali (fiumi e torrenti) e 5 trincee/gallerie drenanti. È privilegiato l'approvvigionamento dalle acque sotterranee rispetto alla captazione da acque superficiali, poiché le prime generalmente garantiscono una migliore qualità e una minore vulnerabilità, con ricadute positive sui costi di produzione poiché non richiede processi di

potabilizzazione. Oltre l'83% dell'acqua distribuita proviene dalle acque sotterranee; in particolare il 75.2 % da pozzi, mentre il restante 8,5% viene prelevato dalle sorgenti del Pian della Mussa e di Sangano; solo il 16.3% dell'acqua distribuita proviene da corsi d'acqua superficiali.

3. INQUADRAMENTO GEOIDROLOGICO

Dal punto di vista geologico e idrogeologico sono distinguibili 6 diversi complessi idrogeologici (cfr. Figura 3 e Figura 4).

3.1 COMPLESSO DELLE ROCCE CRISTALLINE DEL BORDO INTERNO DELLA CATENA ALPINA

In questa unità sono raggruppate in prevalenza le rocce metamorfiche. Litologicamente si tratta di gneiss di vario tipo, mica-scisti, quarziti, termini vari delle pietre verdi (serpentiniti, anfiboliti e prasiniti), (graniti, porfidi e loro derivati metamorfici). La presenza di sistemi di fratture nelle rocce cristalline (che sono generalmente a componente quarzoso-silicatica e, quindi, insolubili) consente lo sviluppo di una ridotta circolazione idrica sotterranea. Le emergenze di questi circuiti sono caratterizzate da portate modeste (fino a qualche l/s).

3.2 COMPLESSO DEI DEPOSITI MARINI PRE-PLIOCENICI DELLA COLLINA DI TORINO

Tale complesso è segnalato in alcune stratigrafie nella pianura di Torino e Moncalieri mentre è in affioramento nella Collina di Torino. In un'unica perforazione, nei pressi del Cimitero Generale di Torino, è stata rilevata una facies evaporitica messiniana nella pianura ad ovest della Collina, con gessi e calcari (a 60 m di profondità). I litotipi sono rappresentati da argille, marne, limi, calcari più o meno argillosi, conglomerati, arenarie, e gessi. Si tratta in genere di rocce compatte, costituenti un mezzo praticamente impermeabile, o localmente permeabile per fessurazione. I depositi terziari pre-pliocenici della Collina possono essere considerati come scarsamente permeabili per fratturazione.

La limitata circolazione idrica lungo zone di taglio, o discontinuità, è testimoniata dalla presenza di sorgenti anche se caratterizzate da portate ridotte (al massimo di qualche decina di litri al minuto).

Il chimismo normale di alcune acque sorgive, ad esempio alla Fontana dei Francesi presso l'Eremo a Torino (classe bicarbonato-calcica), o alla Fonte del Pilonetto

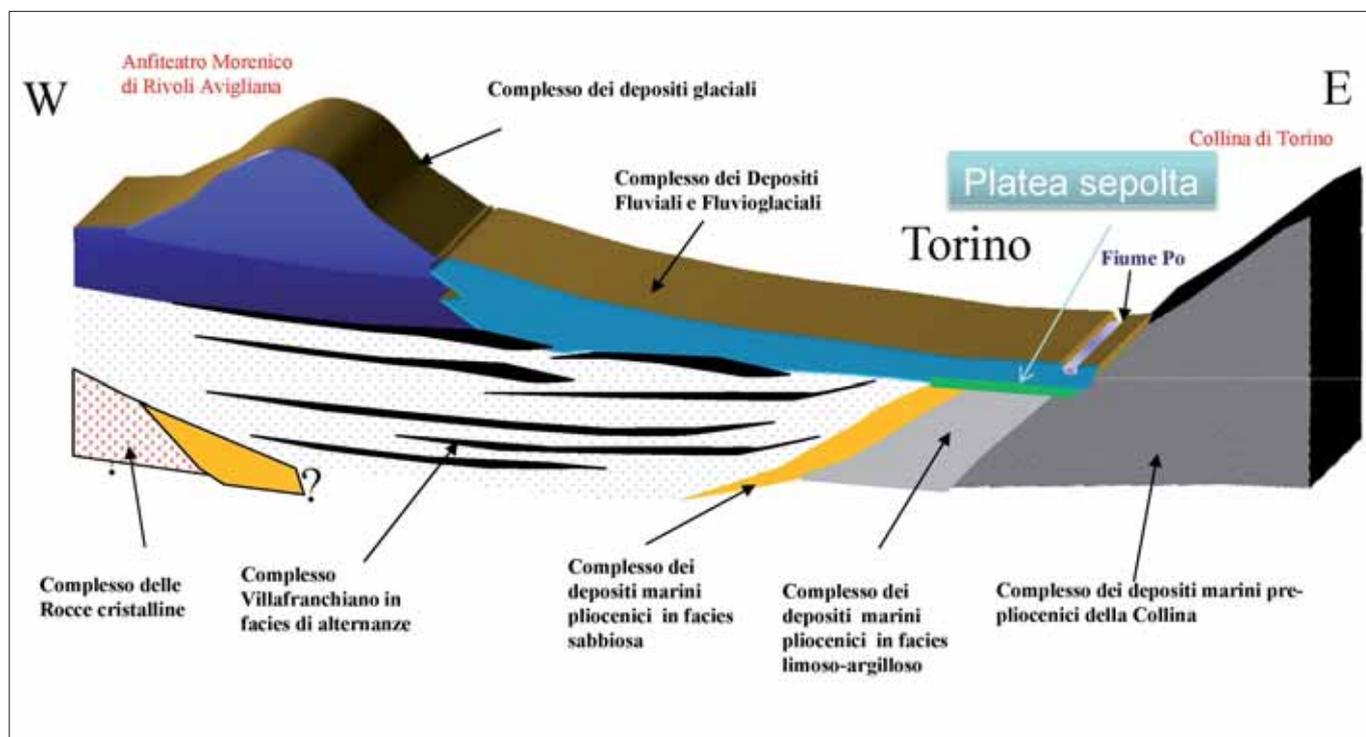


Figura 4 – Sezione litostratigrafica.

(Baldissero) corrisponde a un circuito idrico locale e relativamente superficiale. Numerose sorgenti hanno poi chimismo particolare, cloruro-sodico o solfato-calcico, legato alla mineralizzazione delle acque al passaggio attraverso livelli gessosi o evaporitici (essenzialmente messiniani) a cui spesso si associa presenza di idrogeno solforato. Le emergenze di queste sorgenti indicano circuiti idrici sotterranei piuttosto lunghi e complessi, in genere profondi. L'esempio forse più noto è quello della Sorgente di S. Genesio (Castagneto Po), molto rinomata nel '700 e '800. Nei gessi del Messiniano, particolarmente solubili, si può impostare anche una circolazione idrica di tipo carsico.

Tuttavia la maggiore possibilità di sfruttamento idrico in questo settore è data dalle ridotte falde rinvenibili nella copertura detritico-colluviale, che riveste i versanti collinari in maniera pressoché continua. Il volume d'acqua estraibile da queste falde è però molto modesto.

3.3 COMPLESSO DEI DEPOSITI MARINI PLIOCENICI DELLA COLLINA DI TORINO

Il Complesso dei Depositi marini pliocenici presenta due facies principali: una facies sabbiosa (corrispondente all'Astiano) e una facies limoso-argillosa (corrispondente al Piacenziano).

La prima è rappresentata da sabbie, da fini a grossolane, e si sviluppa maggiormente nella zona di Venaria-Borgaro, nella periferia sud-occidentale di Torino, e verso Settimo; tale facies può rappresentare acquiferi discretamente produttivi anche se la frequen-

za di presenza di matrice fine può limitarne la produttività. La presenza della facies fine, costituita da argille limose e limi argillosi in genere fossiliferi, è stata riconosciuta dalle stratigrafie di alcuni pozzi nel settore centro-meridionale dell'area. Una facies intermedia comprendente i termini sabbioso-argilloso-limosi, frammisti o in alternanze ripetute, è stata osservata nell'area tra Stura e Ceronda e nel settore di Moncalieri.

Il Complesso dei Depositi marini pliocenici si riscontra in posizione strutturalmente elevata (20-40 m di profondità) al di sotto di Torino, dove forma una platea che verso ovest si infossa rapidamente verso il centro della pianura torinese, al di sotto del Complesso dei Depositi villafranchiani delle Alternanze.

In tutto il settore orientale dell'area di studio, cioè verso la Collina di Torino, il Pliocene soggiace direttamente al Complesso dei Depositi fluviali e fluvio-glaciali; in tale settore quindi si riscontra l'assenza del Complesso Villafranchiano. Un alto strutturale pliocenico con senso di allungamento est-ovest è probabilmente presente al di sotto della Dora Riparia (dove il tetto del Pliocene raggiunge i 220 m s.l.m.). Il Pliocene è inoltre presente lungo il prolungamento sepolto della Collina di Torino, tra Torino, Moncalieri e Nichelino.

In un unico settore a ridosso del margine alpino, presso San Gillio, si può osservare la possibile risalita del Pliocene; si sono qui rilevate facies sabbioso-limose, non fossilifere, a circa 180 m di profondità. Nel resto del settore perialpino la profondità dei pozzi non è risultata sufficiente ad intercettare questo

Complesso, che dunque, ove presente, si potrebbe porre a profondità superiori ai 200 m.

3.4 COMPLESSO DEI DEPOSITI VILAFRANCHIANI IN FACIES DI ALTERNANZE

Il Complesso delle Alternanze Villafranchiane è costituito da alternanze di ghiaie sabbiose (talora si individuano livelli di sabbie predominanti, o ghiaie predominanti) con argille-limose e limi talora torbosi; tale Complesso è in gran parte coincidente con i depositi Villafranchiani di origine fluvio-lacustre e palustre. I limi e le argille sono spesso ricchi di resti organici vegetali (torbe, resti lignei) e fossili di molluschi di acqua dolce, mentre le sabbie e ghiaie sono generalmente sterili da un punto di vista fossilifero.

Tale Complesso si ritrova al di sotto del Complesso dei Depositi fluviali e fluvio-glaciali in tutto il settore occidentale dell'area; raggiunge il massimo spessore in corrispondenza del settore assiale della pianura (180 m circa di spessore al di sotto di Venaria). Verso est si assottiglia progressivamente, appoggiandosi contro la scarpata determinata dal tetto del Pliocene, fino a scomparire.

Il limite orientale oltre il quale non si segnalano più sequenze di tipo fluvio-lacustre, si può individuare a partire da Borgaro, attraverso Torino da nord a sud, in una fascia mediana della città, e quindi prosegue verso Nichelino.

L'alternanza di depositi grossolani, permeabili, con depositi fini limoso-argillosi, a carattere impermeabile o semipermeabile si traduce idrogeologicamente in un sistema multifalda, in cui le falde in pressione, ospi-

tate nei livelli grossolani, sono confinate o semiconfinate dai setti a bassa permeabilità

La zona di ricarica di questa serie si situa in corrispondenza dello sbocco della Val di Susa in pianura, dove, in alcuni settori, si sviluppa un potente complesso grossolano che si può interpretare come un unico acquifero praticamente indifferenziato, sovrapposto alla sequenza villafranchiana, ove presente, o direttamente sul substrato cristallino.

I valori della conducibilità idraulica dei livelli acquiferi variano tra un minimo di $4 \cdot 10^{-5}$ m/s e un massimo di $9 \cdot 10^{-4}$ m/s; il valore medio è $4 \cdot 10^{-4}$ m/s.

La sequenza villafranchiana rappresenta il complesso idrico maggiormente sfruttato dell'area torinese, in particolare dai pozzi idropotabili e acquedottistici, ma anche in certa misura da quelli industriali.

Sulla base del rapporto tra depositi fini impermeabili e depositi grossolani permeabili, è stato possibile riconoscere quattro facies all'interno della sequenza di questo Complesso (cfr. Figura 5):

- facies grossolana, con percentuale di livelli fini (argilloso-limosi) compresa tra 30 e 60 %, sviluppata in tutta l'area ovest;
- facies intermedia, con percentuale di depositi fini tra 60 e 80 %, occupa anche dal punto di vista della distribuzione areale una posizione intermedia;
- facies fine, composta prevalentemente da depositi fini (> 80%), osservabile nei settori nord-occidentale e sud-occidentale dell'area;

La facies sabbioso-argillosa, costituita da alternanze di sabbie e argille-limose (assenza di ghiaie), posta in genere nel settore più orientale, e quindi distale rispetto all'area di provenienza dei sedimenti.

In generale, da ovest verso est, si assiste a una diminuzione di spessore e di frequenza dei livelli ghiaiosi, che riflette un progressivo allontanamento dall'area sorgente dei materiali.

3.5 COMPLESSO DEI DEPOSITI GLACIALI DELL'ANFITEATRO MORENICO DI RIVOLI-AVIGLIANA

I depositi glaciali dell'Anfiteatro Morenico di Rivoli-Avigliana, di età pleistocenica inf.-med. (Mindel e RissAuct.), costituiscono un sistema praticamente isolato, o con scarsi punti di contatto con l'acquifero impostato nei depositi fluvioglaciali.

Tali depositi sono estremamente eterogenei dal punto di vista granulometrico, essendo compresi quasi tutti i termini litologici dai blocchi e trovanti di dimensioni metriche, fino ai depositi limoso-argillosi; questi ultimi possono essere concentrati in livelli o strati sottili, oppure possono costituire una matrice spesso abbondante. I depositi glaciali, nel

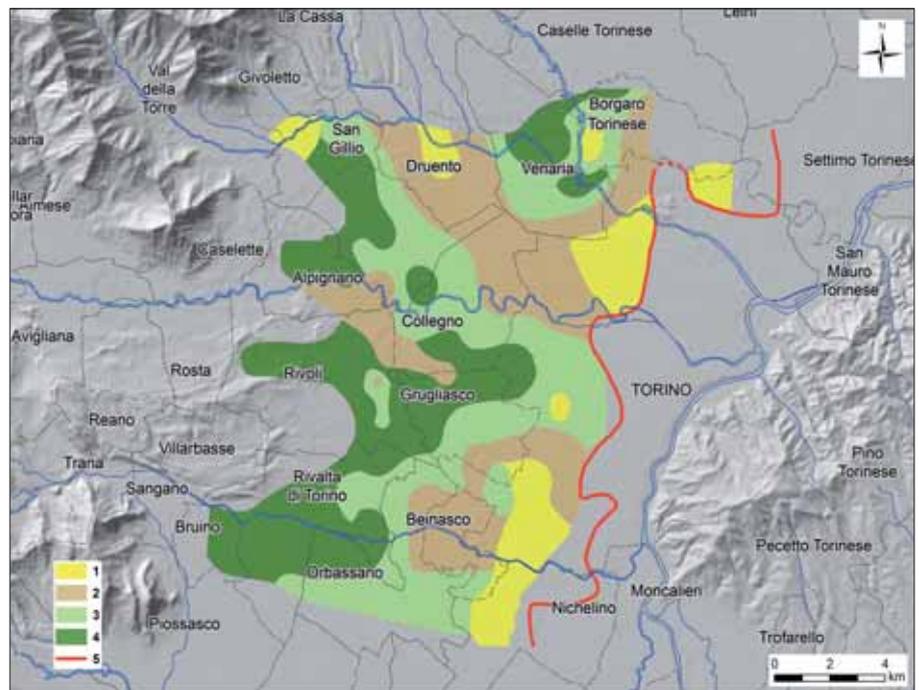


Figura 5 – Carta delle facies litologiche del Complesso del Villafranchiano in facies di alternanze (1: facies sabbioso-argillosa; 2: facies fine; 3: facies intermedia; 4: facies grossolana; 5: limite laterale della platea di depositi marini).

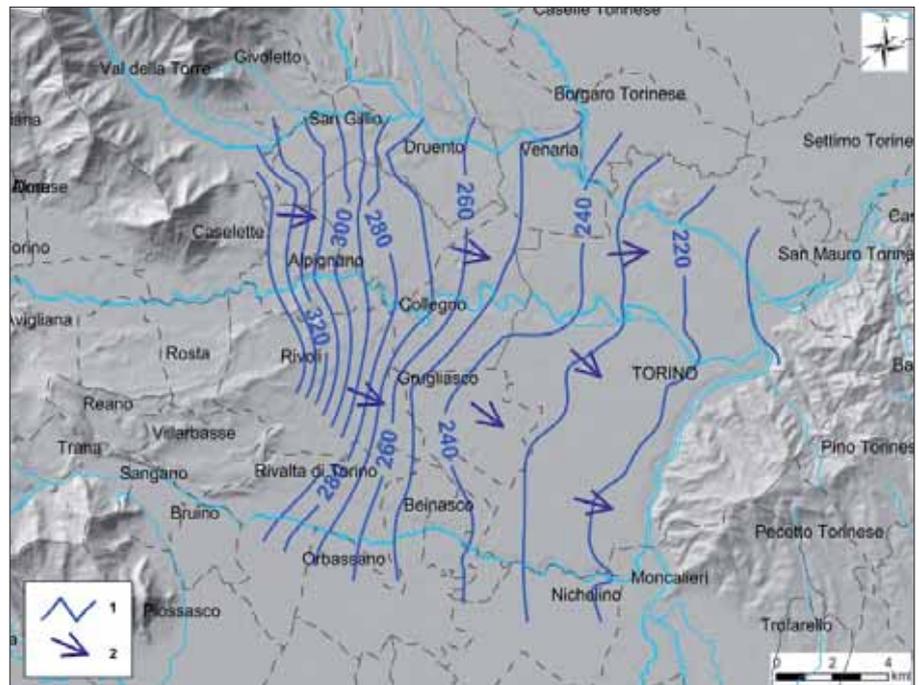


Figura 6 – Carta piezometrica della falda superficiale a superficie libera contenuta nel Complesso dei Depositi fluviali e fluvioglaciali – Gennaio 2000 (Legenda 1: linee isopiezometriche in ms.l.m.; 2: linee di flusso).

loro insieme, risultano di conseguenza scarsamente permeabili. L'elevata frazione fine ne riduce infatti la permeabilità, consentendo lo sviluppo di falde modeste generalmente a superficie libera. Solo localmente, per condizioni litologiche particolari (presenza di livelli sabbiosi, e sabbioso-ghiaiosi con ridotta matrice fine), possono essere presenti livelli acquiferi a permeabilità più elevata ma, comunque, sempre di significato locale.

3.6 COMPLESSO DEI DEPOSITI FLUVIALI E FLUVIOLACIALI DELLA PIANURA TORINESE

Il Complesso dei Depositi fluviali e fluvioglaciali quaternari è costituito da ghiaie, e

ghiaie sabbiose con ciottoli, di origine fluviale e fluvioglaciale, con granulometria crescente verso ovest. Tale Complesso in quasi tutta l'area studiata poggia sul Complesso Villafranchiano in facies di alternanze e solo in una fascia relativamente ristretta parallela alla Collinola sua base è rappresentata dal substrato terziario marino.

Nell'area del conoide fluvioglaciale della Dora Riparia, compresa tra Dora Riparia e Sangone, si rileva la presenza di orizzonti conglomeratici di potenza da metrica a decametrica, grado di cementazione variabile (si passa dai conglomerati molto cementati alle ghiaie debolmente cementate) e con scarsa

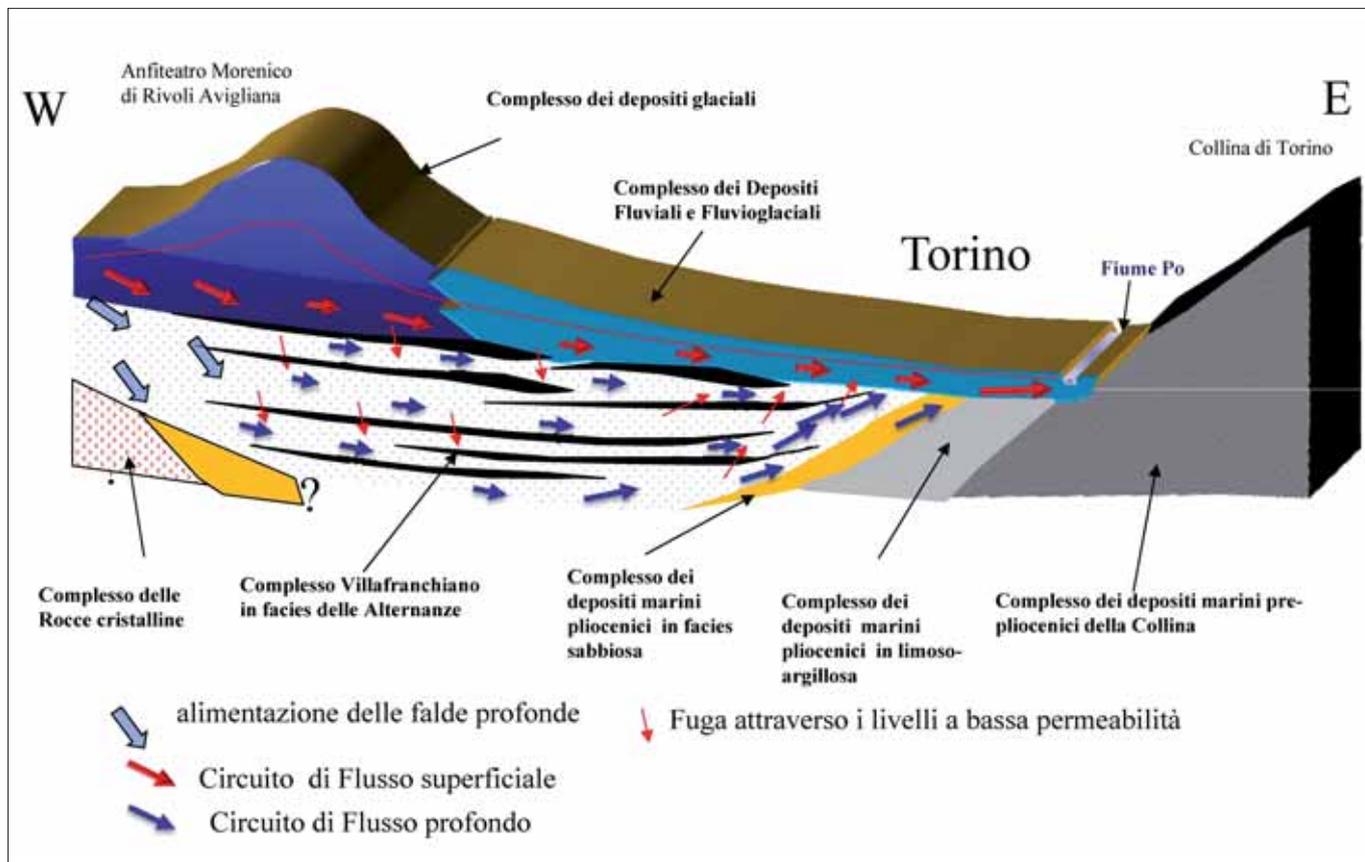


Figura 7 – Schema della circolazione idrica sotterranea dell'area torinese.

continuità laterale. Lo spessore dei depositi pleistocenico-olocenici varia da un massimo di 80 m (nell'Anfiteatro Morenico) a valori intorno ai 30 m in corrispondenza del Po. Soprattutto nelle aree occidentali, i depositi fluvioglaciali sono ricoperti da paleosuoli argillificati, talora potenti anche qualche metro, oppure presentano una copertura loessica. Questi fattori possono ridurre l'infiltrazione diretta delle acque meteoriche.

I depositi di questo Complesso contengono una falda a superficie libera con soggiacenza variabile tra i 50 metri del settore perialpino e i 5 m del settore più vicino alla Collina di Torino e delle fasce limitrofe ai corsi d'acqua.

Il valore medio di conducibilità idraulica per gli acquiferi del complesso in esame, sulla base dei dati ottenuti da prove di acquifero, risulta variare da $5 \cdot 10^{-4}$ m/s, a $5 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Dalla carta piezometrica (figura 6) si rileva come il deflusso sotterraneo della falda libera sia diretto essenzialmente verso est, cioè verso il corso del Po che rappresenta l'elemento drenante principale di tutta la pianura torinese. Le quote piezometriche variano tra un massimo di 360 m s.l.m. ad ovest (Rivoli) a un minimo di 205 m s.l.m. a nord-est, nei pressi del Po.

4. LA CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA: I CIRCUITI DI FLUSSO SUPERFICIALE E PROFONDO

In base alla ricostruzione litostratigrafica e alle caratteristiche geoidrologiche dei depo-

siti costituenti i diversi Complessi, si possono riconoscere, molto schematicamente, due circuiti di flusso principali: uno superficiale e uno profondo (cfr. Figura 7).

Il circuito di flusso superficiale fa riferimento a quella che si definisce comunemente "Falda Superficiale" cioè la falda idrica di significato regionale più vicina alla superficie del suolo; semplificando, tale falda presenta le seguenti caratteristiche:

- è generalmente di tipo libero, anche se può presentare condizioni di confinamento locale;
- è alimentata anche dalle acque di infiltrazione provenienti dalla superficie del suolo;
- è in diretta connessione con i corsi d'acqua.

L'acquifero che contiene la falda superficiale è definito "acquifero superficiale". Tale acquifero, nelle zone di pianura, è rappresentato principalmente dai depositi del Complesso dei Depositi fluviali e fluvioglaciali.

Più in profondità seguono in genere le acque sotterranee che appartengono al circuito di flusso profondo; le falde corrispondenti sono dette "falde profonde e "acquiferi profondi" gli acquiferi che le contengono. Le falde profonde possono presentare condizioni di confinamento e di interconnessione variabili in funzione dei livelli impermeabili (in genere limi e argille) che le caratterizzano. Nella pratica si tratta di un sistema multifalda in pressio-

ne coincidente con il Complesso Villafranchiano delle Alternanze e con il Complesso dei Depositi marini pliocenici. Nel caso del Complesso Villafranchiano le falde profonde in pressione, ospitate nei livelli ghiaiosi o sabbioso-ghiaiosi, sono confinate dai setti semipermeabili ed impermeabili di depositi fini; è il sistema maggiormente sfruttato nell'area metropolitana torinese, dal punto di vista soprattutto dell'approvvigionamento idropotabile, ma in parte anche dalle attività industriali. Nel caso del Complesso dei Depositi marini pliocenici gli acquiferi sono rappresentati dai sedimenti pliocenici con facies più grossolana, ovvero sequenze sabbiose con scarsa frazione limoso-argillosa. La ricarica delle falde relative al circuito di flusso profondo avviene in corrispondenza delle zone pedemontane come lo sbocco della Val di Susa in pianura, in cui si individua una percentuale di depositi superficiali grossolani maggiore rispetto alle aree circostanti; quest'area talora si caratterizza come un vero e proprio materasso indifferenziato. Procedendo verso est aumentano in profondità i livelli fini, che si ispessiscono via via, e producono un confinamento crescente delle falde ospitate nei livelli grossolani interposti.

5. VARIAZIONI DEL LIVELLO PIEZOMETRICO DELLA FALDA SUPERFICIALE

Notizie storiche sul livello della falda freatica sono state ricavate dalle caratteristiche

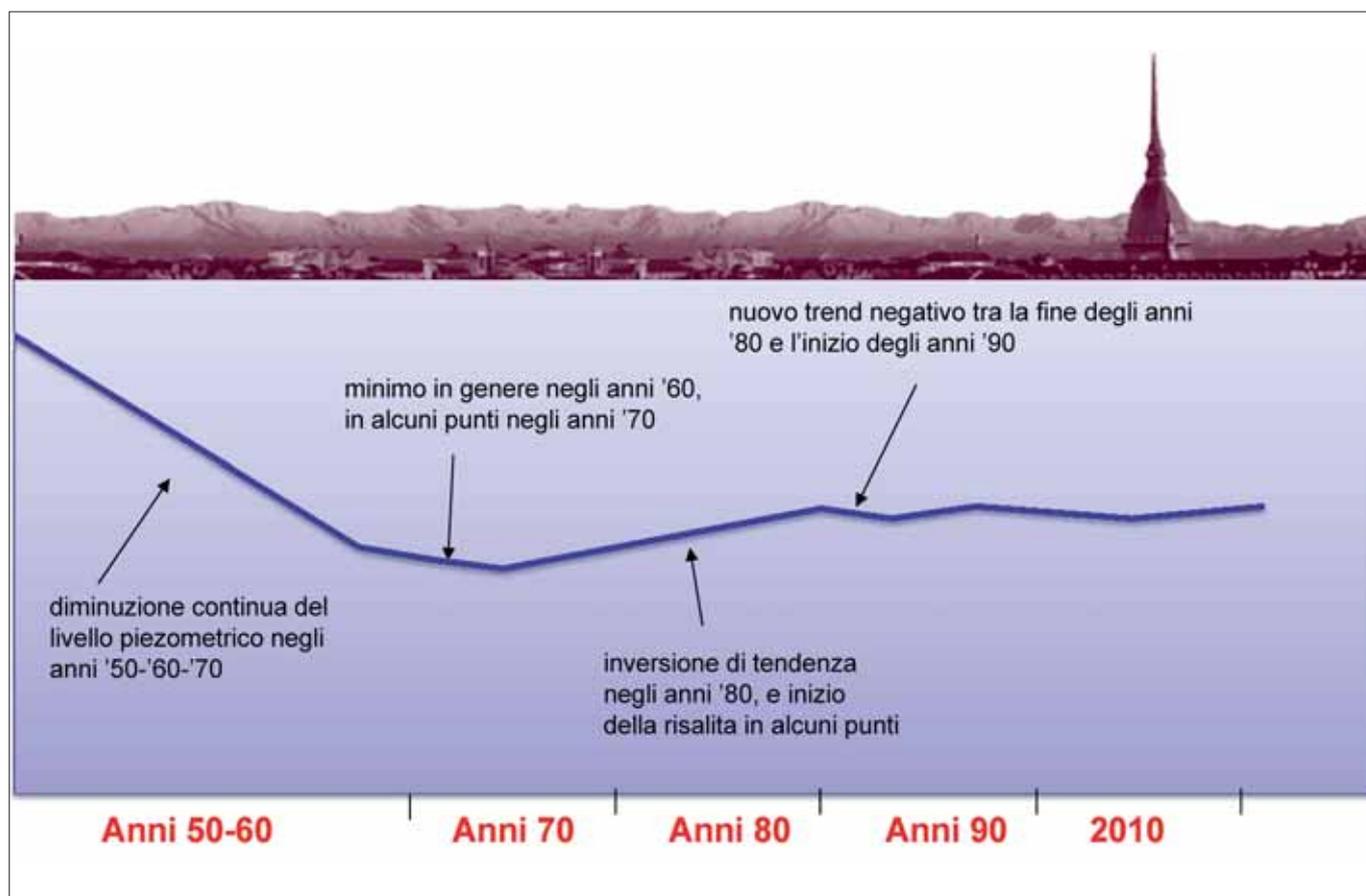


Figura 8 – Trend delle variazioni del livello piezometrico della falda superficiale nell'area torinese

del Pozzo della Cittadella e in particolare sulla base della quota inferiore delle gallerie di mina e contromina della Cittadella di Torino, costruite tra il 1500 e il 1700 appena al di sopra del livello della falda, in modo che il nemico francese non potesse scavare più in profondità. In base a tali dati, nella zona centrale della Città in corrispondenza del piazzale di C.so Bolzano, il livello della falda superficiale nel 1700 risultava essere da 2 a 4 m più alto dell'attuale livello di falda.

Partendo dalla raccolta di un cospicuo numero di misure del livello piezometrico della falda superficiale, effettuate nel corso di un cinquantennio (dal 1950) nell'area di studio, e disponendo di alcuni dati pregressi relativi alla fine del 1800, o all'inizio del 1900 (grazie soprattutto all'opera di Sacco), si è tentata una ricostruzione dell'oscillazione della superficie freatica nel tempo (cfr. Figura 8).

I trend riscontrati per quanto riguarda l'evoluzione del livello freatico sono i seguenti:

- diminuzione continua del livello piezometrico fino agli anni '50-'60-'70, in seguito all'aumento di prelievi indotto dal crescente fabbisogno della popolazione in crescita e delle attività industriali;
- raggiungimento di un livello minimo in genere negli anni '60 e in alcuni settori negli anni '70;
- inversione di tendenza negli anni '80, con la diminuzione dei prelievi e la di-

smisione di molti pozzi a Torino, che causano un arresto della depressione piezometrica e in alcuni settori un leggero innalzamento;

- nuovo trend negativo alla fine degli anni '80, fino al 1991;
- risalita del livello piezometrico tra il 1991 e il 1995-1996, seguita da un nuovo trend negativo;
- la tendenza degli ultimi anni non è univoca e costante, ma si presentano situazioni diverse nei vari settori dell'area metropolitana torinese.

6. CONCLUSIONI

Da sempre le acque sotterranee hanno avuto una importante funzione, spesso sconosciuta, nello sviluppo di aree metropolitane come quella torinese.

La forte pressione antropica esercitata sul territorio, in particolare nell'ultimo cinquantennio, ha inevitabilmente inciso a livello qualitativo e quantitativo sulle risorse idriche sotterranee. Lo sfruttamento, spesso non inserito in un piano organico e razionale, soprattutto nel periodo del boom economico del secondo dopoguerra, ha comportato un depauperamento delle falde e la compromissione delle loro caratteristiche chimico-fisiche. Solo una sempre maggiore conoscenza e comprensione dell'assetto idrogeologico del sottosuolo, del ruolo delle acque sotterranee per vari

usi antropici e soprattutto del suo ruolo ambientale, potrà consentire di tutelare in misura sempre maggiore questa importante e vitale risorsa naturale.

BIBLIOGRAFIA

- BARBERO T, DE LUCA D.A., FORNO M.G., MASCIOCO L., MASSAZZA G. (2007): *Stratigraphic revision of the subsoil of the southern turin plain for hydrogeologic purposes*. Mem. Descr. Carta Geol. It., Apat, Roma, 76:9-16.
- BORTOLAMI G.C., MASCIOCO L., DE VECCHI PELLATI R., SAUDINO DUGHERA B. (2003): *Le sorgenti della collina di Torino e del Monferrato*. Geam, 108, 40 (1): 77-82.
- BOVE A, CASACCIO D, DESTEFANIS E, DE LUCA DA, LASAGNA M, MASCIOCO L, OSSELLA L, TONUSSI M (2005): *Idrogeologia della pianura piemontese. Regione Piemonte Direzione Pianificazione delle Risorse Idriche*, Mariogros Industrie Grafiche S.P.A., Torino.
- CANAVESE P.A., DE LUCA D.A., MASCIOCO L. (2004): *La rete di monitoraggio delle acque sotterranee delle aree di pianura della Regione Piemonte: quadro idrogeologico*. Prismas: il monitoraggio delle acque sotterranee nella Regione Piemonte, Regione Piemonte, ii.
- DE LUCA D.A., DELL'ORTO V., DESTEFANIS E., FORNO M.G., LASAGNA M., MASCIOCO L. (2009): *Assetto idrogeologico dei Fontanili della pianura torinese*. Atti del 3° Congresso Nazionale Aiga - Centro di Geotecnologie, Università degli Studi di Siena, San Giovanni Valdarno (Ar), 25-27 Febbraio 2009, pp 199-200.
- OSSELLA L. (2000): *Idrogeologia della pianura torinese compresa tra stura di Lanzo e Sangone*. Tesi Laurea. Università degli Studi di Torino.

Caratterizzazione petrografica e valorizzazione del costruito storico e contemporaneo di Torino

ALESSANDRO BORGHI
Dipartimento di Scienze della Terra,
Università di Torino

1 INTRODUZIONE

Le risorse lapidee rappresentano da sempre una delle principali fonti di materiale nel campo dell'edilizia ed, in particolare, un importante elemento culturale in quanto impiegate come materia prima per realizzare i capolavori della scultura e dell'architettura che fanno ormai parte del patrimonio culturale dell'umanità. Pertanto, la conoscenza delle risorse lapidee, delle loro caratteristiche minero-petrografiche, del loro uso e delle tecniche di coltivazione dall'Antichità ad oggi, può fornire un ampio panorama del significato storico e culturale di questi materiali, sottolineando l'importanza di un'attività economica assai rilevante nella storia e nelle tradizioni delle diverse culture che si sono sviluppate nel corso dei secoli nell'area mediterranea (Fiora et al., 2002).

Lo studio delle risorse lapidee riveste inoltre una particolare importanza per la corretta conservazione dei beni architettonici ed artistici; talora, infatti, l'attività di restauro delle opere d'arte è stata condotta con pietre esteticamente simili alle originali (per colore) ma non provenienti dal medesimo sito estrattivo. Solo recentemente si sta prendendo coscienza della opportunità e della possibilità di reperire il medesimo materiale originario, identificandone il luogo di provenienza.

In alcuni casi le rocce utilizzate sono facilmente riconoscibili e attribuibili a siti di estrazione prossimi al bene culturale in cui sono stati impiegati. In altri casi, si pone invece il problema della loro natura e provenienza, che può essere efficacemente risolto con l'applicazione di metodologie scientifiche. In particolare, il riconoscimento dei marmi, per la loro ben nota somiglianza macro e microscopica, risulta generalmente molto difficile e pertanto va affrontato su basi mineralogiche, isotopiche e geochimiche.

La grande varietà di pietre ornamentali e da costruzione presenti in Torino è sicuramente da attribuire alla natura geologica estremamente composita della nostra regione. In Piemonte, infatti, sono presenti elementi geologici molto differenti tra di loro quali la porzione occidentale della ca-

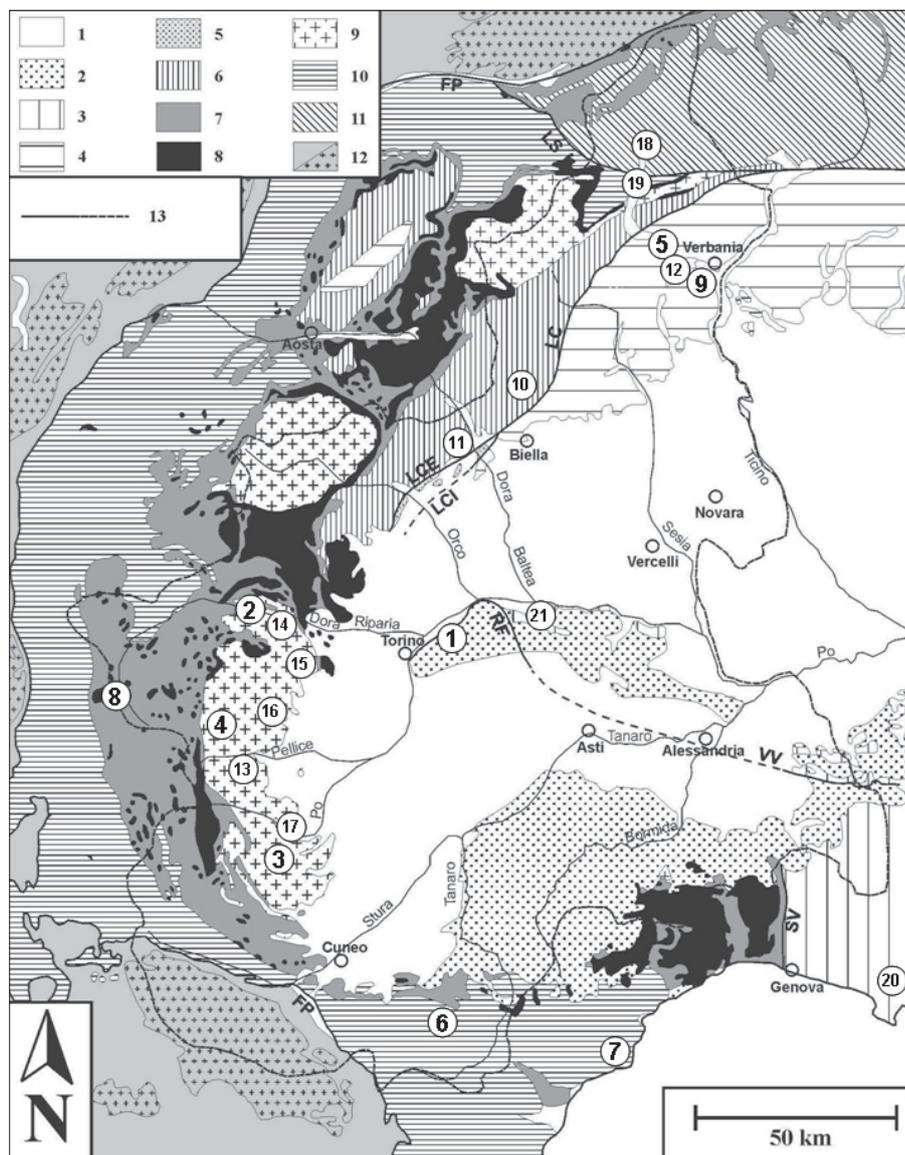


Figura 1 – Schema geologico e siti di estrazione delle principali pietre ornamentali delle Alpi occidentali (da Fiora et al. 2002, modificato).

LEGENDA 1) Depositi pleistocenici e quaternari della Pianura Padana. 2) Bacino Terziario Piemontese; 3) Appennino settentrionale; 4) Dominio Sudalpino; 5) Zona del Canavese. 6) Dominio Austro-Alpino; 7) Falda Piemontese Esterna; 8) Falda Piemontese Interna; 9) Unità penniniche superiori ("Massicci Cristallini Interni" del Monte Rosa, Gran Paradiso e Dora Maira); 10) Zona Brianzonese; 11) Unità penniniche inferiori dell'Ossola - Ticino. 12) Dominio Elvetico; 13) Linee tettoniche LC = Linea del Canavese, LCE = Linea del Canavese Esterna, LCI = Linea del Canavese Interna, FP = Fronte Penninico, LS = Linea del Sempione, VV = Linea Villalvernia - Varzi, RF = Linea di Rio Freddo, SV = Linea Sestri - Voltaggio. Bacini estrattivi 1) Calcarea di Gassino, 2) Marmi della Val di Susa (Foresto e Chianocco), 3) Marmo di Brassasco, 4) Marmo di Prali, 5) Marmi di Ornavasso e Candoglia, 6) Marmo di Frabosa, 7) Pietra di Finale, 8) Verde Cesana, 9) Graniti dei Laghi (Baveno e Montorfano), 10) Sienite della Balma, 11) Diorite del Canavese, 12) Granito nero di Anzola, 13) Pietra di Luserna, 14) Gneiss della Val di Susa (Borgone Vajes, Villarfocciardo), 15) Pietra di Cumiana, 16) Pietra di Malanaggio, 17) Quarzite Bargiolina, 18) Serizzo, 19) Beola, 20) Ardesia, 21) Pietra da Cantoni

tena metamorfica alpina e, in minor misura, il bacino sedimentario ligure - piemontese, oltre che un limitato settore dell'Appennino settentrionale.

Per questo motivo, in Piemonte la pietra rappresenta da sempre il materiale più utilizzato per costruzioni, connotando fortemente l'identità architettonica della città di

Torino. Murature, pavimentazioni, rivestimenti, *lose* di copertura, elementi architettonici vari, statuaria sono spesso realizzati nelle numerosissime varietà di rocce provenienti dalle diverse unità della catena alpina occidentale (Fig. 1)

In questo lavoro vengono brevemente descritte le principali varietà litologiche utilizzate nell'edilizia storica e contemporanea della città facendo riferimento da un lato all'unità geologica di provenienza e dall'altro riportando i principali esempi di utilizzo.

2 I MATERIALI LAPIDEI

Nella Città di Torino sono presenti oltre 150 varietà di pietre, utilizzate sia come elemento strutturale, sia, più recentemente, a fini puramente estetici. Si tratta di una ricchezza straordinaria forse insuperata a livello nazionale. A Torino sono stati utilizzati nel corso dei secoli sia "marmi", sia, più recentemente, "graniti" e "pietre".

Per marmo in senso stretto si intende una roccia carbonatica di natura metamorfica prevalentemente monomineralica (calcite e/o dolomite sono i due costituenti principali) generalmente a grana fine ed omogenea e mostrante una tessitura isotropa. Da un punto di vista storico e commerciale vengono definite "marmi" tutte le rocce che possono essere estratte, lavorate ed impiegate con tecniche e destinazioni d'uso analoghe a quelle dei marmi s.s. La categoria dei marmi comprende quindi anche altre rocce ornamentali molto diffuse quali i calcari, le dolomie, le serpentiniti e le oficalciti. Molte di queste varietà lapidee sono state utilizzate in città, in modo particolare fin verso la fine del '700, quando le pietre di natura carbonatica, più facili da lavorare grazie alla loro più bassa durezza, vennero progressivamente sostituite da rocce silicatiche.

Tra le rocce carbonatiche maggiormente impiegate a Torino è senz'altro da annoverare il "*Calcere di Gassino*", noto anche come "*Pietra di Gassino*" o "*Marmo di Gassino*" (1 in Fig. 2) Questa roccia è geologicamente rappresentata da una calcirudite di età eocenica appartenente al Bacino Terziario Piemontese (1 in fig. 1). Seppur non più estratto da oltre un secolo, la sua diffusione in città è ancora notevole. In particolare in *Calcere di Gassino* è stato realizzato il colonnato del cortile del Rettorato dell'Università in Via Po' (A in Fig. 3). Si ritrova anche nelle facciate della Chiesa di Santa Cristina, della Chiesa di San Filippo, del Palazzo del Municipio e di Palazzo Madama. In *Calcere di Gassino* sono anche state realizzati i portali di Palazzo Carignano, dell'Accademia delle Scienze e di Palazzo Cisterna. Fuori città è stato impiegato nel colonnato esterno della

Basilica di Superga. A causa della sua particolare struttura nodulare e della presenza di sottili livelli argillosi il calcare di Gassino è una delle pietre che maggiormente risente degli agenti atmosferici e, più recentemente, dello smog, causa del degrado dei materiali lapidei. Sempre tra i marmi, in città sono da ricordare le numerose varietà di marmi bianchi piemontesi, provenienti dalle diverse unità geologiche che caratterizzano la catena alpina occidentale (Borghi et al., 2009). Tra questi, il più importante è sicuramente il marmo della Val di Susa (*marmi di Foresto e Chianocco*) noto ed utilizzato fin dall'epoca Romana (vedi ad. esempio l'Arco di Augusto a Susa, datato al 9 a.C.). Si tratta di un marmo bianco dolomitico di età triassica-liassica appartenente al Massiccio Dora Maira (2 in fig. 1), caratterizzato da una debole foliazione di natura metamorfica definita dalla iso-orientazione di piccole lamelle di mica bianca (Fiora e Audagnotti, 2001). In città il principale impiego del marmo della Val di Susa è rappresentato dalla facciata del Duomo di San Giovanni, unico edificio rinascimentale ancora oggi conservato (B in Fig. 3). I blocchi in marmo mostrano un colore debolmente variabile dal bianco crema al grigio chiaro e una ben evidente foliazione metamorfica, definita dall'alternanza di livelli centimetrici cromaticamente differenti. La loro disposizione casuale sulla facciata del Duomo, produce un effetto "a scacchiera" che contribuisce a rompere la monotonia architettonica, donando alla opera una certa profondità.

Altri marmi importanti nell'architettura storica torinese sono il *Marmo di Prali*, il *Marmo di Brossasco* e il *Marmo di Ornavasso*. Per la statuaria sono invece da ricordare i marmi di *Pont Canavese* e il *marmo bianco di Frabosa*. Storicamente meno importante è invece il *marmo di Crevoladossola* (noto soprattutto per la varietà palissandro), utilizzato principalmente per edilizia privata contemporanea.

Il *marmo di Brossasco* proviene dalla Val Varaita e appartiene all'unità geologica del Dora Maira (3 in fig. 1). Si tratta di un marmo isotropo a grana grossolana, che riflette le alte temperature metamorfiche di formazione (oltre 700 °C). L'applicazione storica più importante è rappresentata dal colonnato neo-classico della chiesa di San Filippo Neri, l'edificio di culto più grande di Torino (C in Fig. 3). Le colonne sono costituite da rocchi sovrapposti decorati con scanalature. Nella facciata di San Filippo Neri sono inoltre presenti il marmo bianco di Frabosa utilizzato per il frontone e il timpano e il marmo statuario di Carrara utilizzato per le statue, i bassorilievi e altre decorazioni, mentre nelle zoccolature compare la pietra di Gassino.

Il *Marmo di Prali* proviene dalla Val Germanasca ed appartiene sempre all'unità geologica del Massiccio Dora Maira (4 in fig. 1). E' noto anche come marmo di Perrero o Gaggino. Si tratta di un marmo prevalentemente calcitico a grana fine di età pre-triassica. Il suo aspetto è listato essendo caratterizzato da livelli verde chiaro che si alternano alla matrice di fondo bianca. Si tratta di domini dove si concentrano minerali femici come anfibolo, clorite e fengite. In *marmo di Prali* sono realizzati i basamenti in pietra della cancellata di Palazzo Reale in Piazza Castello (D in Fig. 3). Altri impieghi di questo marmo si trovano negli interni sempre di Palazzo Reale e nelle statue della facciata della Basilica Mauriziana.

Il *marmo di Ornavasso* proviene dalla bassa Valle d'Ossola ed appartiene all'unità geologica della Zona Ivrea Verbano (5 in fig. 1). Si tratta di un marmo calcitico di età pre-triassica anch'esso caratterizzato da una grana grossolana (> 5 mm) per le elevate temperature di formazione. Questo marmo, affiorante sulla destra idrografica del Toce, è geologicamente analogo al più famoso *Marmo di Candoglia* (2 in Fig. 2), affiorante in sinistra orografica, da secoli ad uso esclusivo della Fabbrica del Duomo di Milano. Il *Marmo di Ornavasso* è stato impiegato negli anni '30 per il rivestimento degli absidi esterni delle Chiese di Santa Cristina e di San Carlo in Piazza C.L.N. Il *Marmo bianco di Frabosa* è un marmo calcitico appartenente alla Formazione triassica delle Dolomie di San Pietro dei Monti della Zona Brianzonese (6 in fig. 1). Per il suo aspetto compatto, la tessitura isotropa e la grana molto fine (< 1 mm) è stato il marmo piemontese più impiegato nella statuaria fin dal '600. Lo troviamo in molteplici edifici storici torinesi quali la Basilica Mauriziana (portale e stipiti), le Chiese di Santa Cristina (statue e decorazioni della facciata), San Filippo (frontone e timpano), San Carlo (capitelli e decorazioni facciata), Gran Madre (capitelli delle colonne della facciata) e Palazzo Carignano (capitelli, mascheroni di chiave e parapetto del coronamento). Una varietà di questo marmo è il Verzino di Frabosa, caratterizzato da livelli a mica bianca e clorite (3 in Fig. 2)

Tra le pietre ornamentali di Torino sono anche da ricordare i numerosi marmi colorati provenienti dal distretto estrattivo del Monregalese, che hanno trovato impiego nel corso dei secoli nelle molte chiese barocche e nelle residenze Sabaude (Badino et al., 2001). Una scheda sintetica di questi materiali, tutti appartenenti alla Zona del Brianzonese, è riportata in (Fig. 4), dove le diverse varietà sono state raggruppate in base al loro colore prevalente. Tra queste si possono ricordare il *Bigio di Moncervet-*

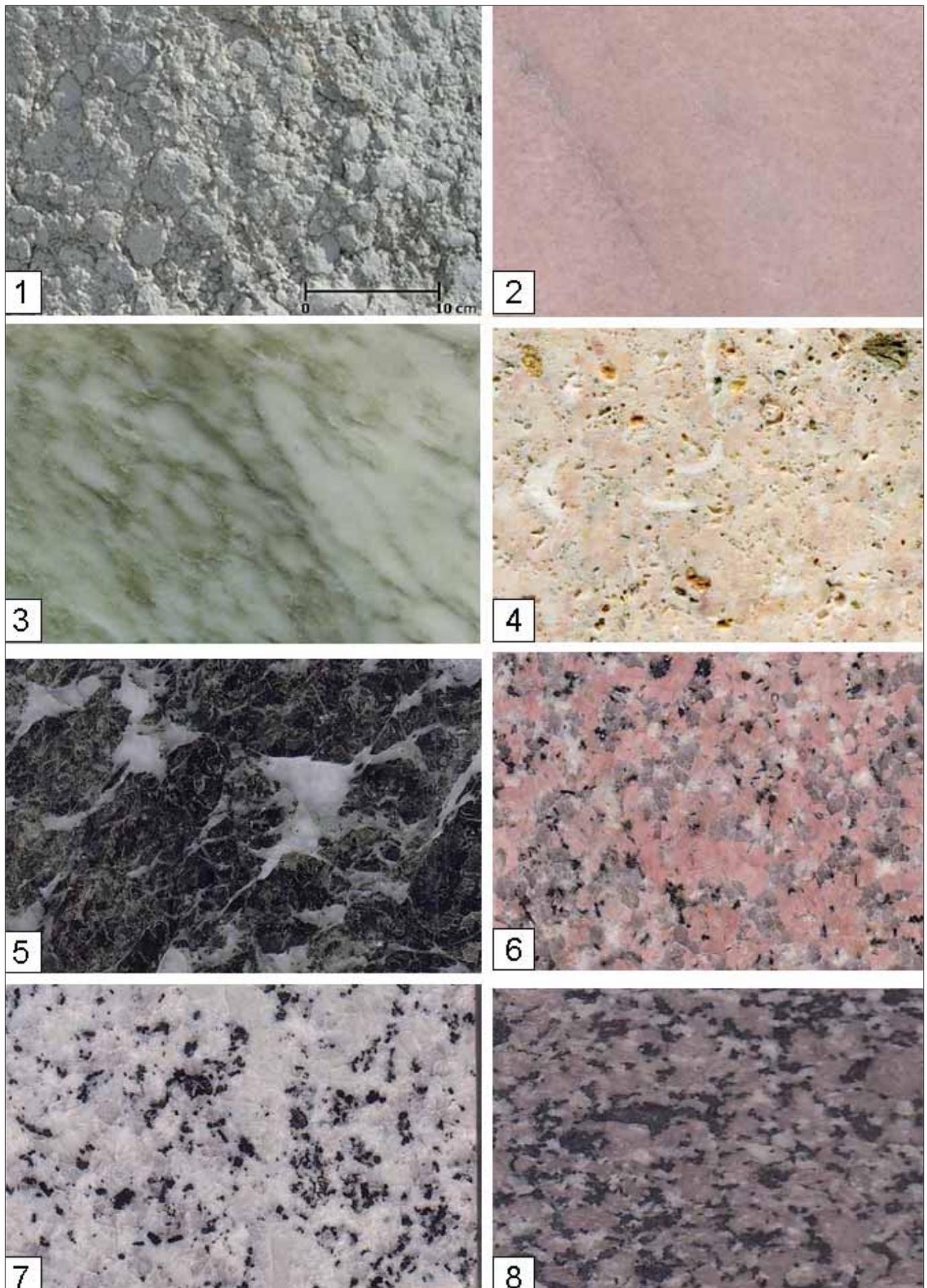


Figura 2 – Immagini rappresentative delle principali pietre ornamentali storiche e contemporanee estratte nelle Alpi Occidentali. 1) Calcarenite di Gassino, calcarenite nodulare appartenente al Bacino Terziario Piemontese; 2) Marmo di Candoglia, marmo paleozoico della Zona Ivrea Verbano; 3) Verzino di Frabosa, marmo calcitico di età triassica della Zona Brianzese Esterna; 4) Pietra di Finale, calcarenite bioclastica di età miocenica; 5) Verde Cesana, oficalcite della Zona Piemontese Esterna; 6) Granito rosa di Baveno, granito permiano della Serie dei Laghi; 7) Granito di Montorfano, granito permiano della Serie dei Laghi; 8) Sienite della Balma, quarzo-sienite oligocenica della Zona Seisa Lanzo.

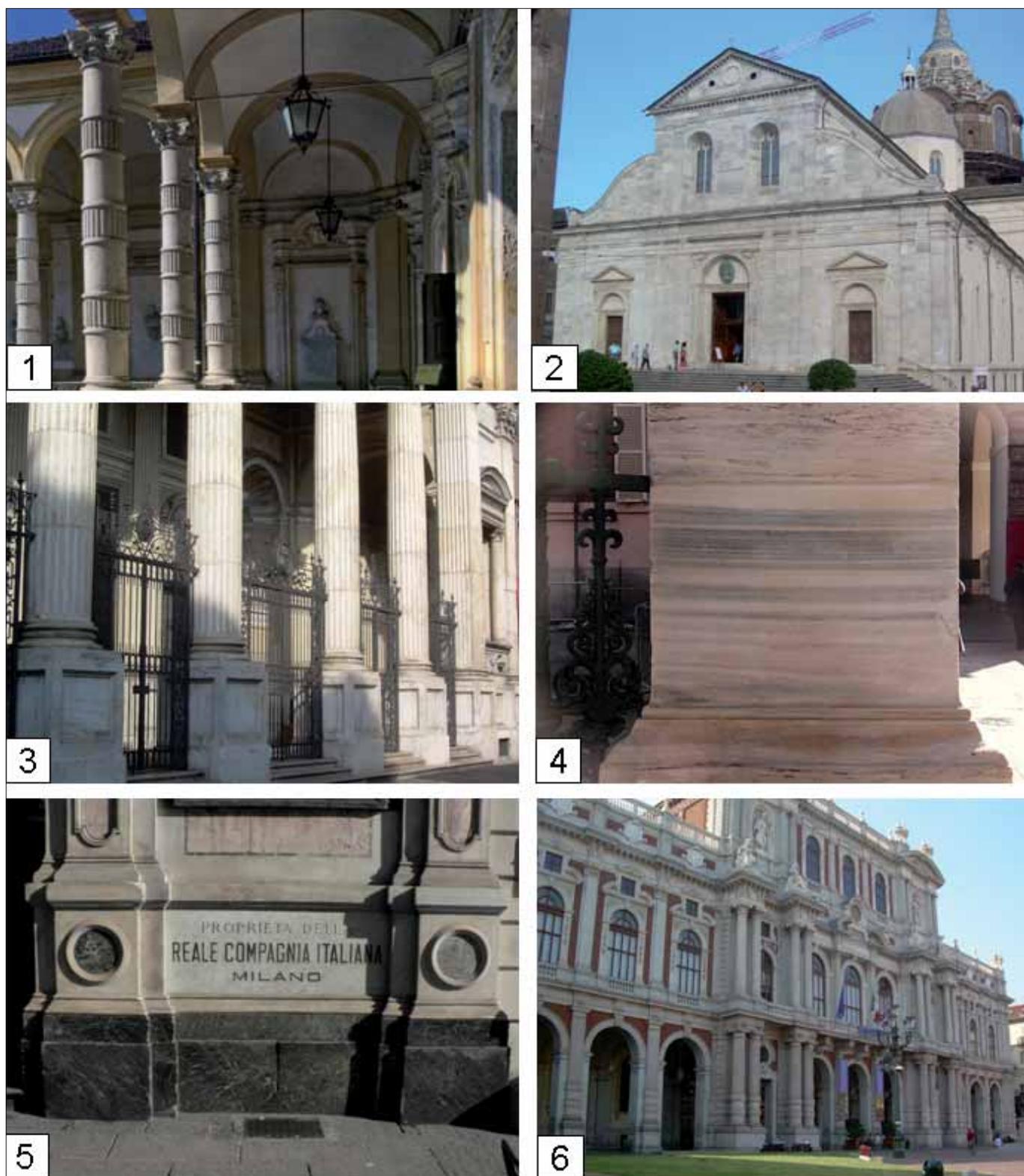


Figura 3 – Principali impieghi nel costruito storico della città di Torino. **A)** Cortile del Rettorato, colonne e rivestimenti sono realizzati in Calcarea di Gassino; **B)** Facciata del Duomo di Torino in marmi della Val di Susa (Chianocco e Foresto); **C)** Chiesa di San Filippo Neri, colonnato in Marmo di Brossasco; **D)** Particolare della cancellata di Palazzo Reale in Marmo di Prali; **E)** Particolare dell'esterno della Galleria Subalpina dove è stato impiegato l'oficalcite Verde Cesana; **F)** Facciata ottocentesca di Palazzo Carignano in cui sono stati impiegati i graniti di Baveno e Montorfano per colonne e lesene; e in Marmo di Frabosa per capitelli, mascheroni di chiave e parapetto del coronamento.

to, con cui sono state realizzate le colonne della facciata della Chiesa della Crocetta, il *Bardiglio di Valdieri*, utilizzato per gli interni delle Chiese di San Filippo Neri e della Consolata, e la *Breccia di Valcasotto* con la quale sono state realizzate le colonne interne della Chiesa della Gran Madre di Dio (Fiora e Alciati, 2006).

Tra le rocce carbonatiche di origine sedimentaria è infine da citare la *Pietra di Fi-*

nale (4 in Fig. 2), una calcarenite bioclastica appartenente alla formazione miocenica del calcare di Finale Ligure (Donati, 2000, 7 in Fig. 1). Nella città di Torino è stata impiegata per il rivestimento esterno della Palazzina Fiat di Mirafiori e nella Galleria San Federico.

Sempre alla categoria dei "marmi" sono da annoverare le serpentiniti e le oficalciti, che mostrano una mineralogia e una genesi

sensibilmente differente da quella del marmo s.s., ma che per la loro durezza simile vengono classificate nella stessa classe commerciale. Si tratta in realtà di rocce prevalentemente silicatiche costituite da serpentino (serpentiniti) e serpentino + calcite (oficalciti) e pertanto appartenenti alla categoria delle rocce metamorfiche ultrabasiche. Si tratta di rocce che derivano dalla idratazione e metamorfismo di peri-

COLORATI	NERI	PERSICHINI	BRECCE	BARDIGLI
Verzino Frabosa	Portoro di Nava	Diaspro Rosso Garessio	Breccia di Casotto	Della Chianella
Giallo Frabosa	Nuvolato di Miroglio	Rosato Rocca Rossa	Serravezza di Mojola	Di Garessio
Verde Monbasiglio	Nero Val Tardita	Broccatello di Rusca	Breccia Val d'Inferno	Bigio Frabosa
Viola Piemonte	Nero Vallone	Persichino Val d'Inferno	Breccia Val Chiosso	Venato Moncervetto
Seravezza Moncervetto	Nero Ormea	Persichino di Villarchiosso	Manto di Pardo Ormea	Bardiglio di Villarchiosso

Figura 4 – Diverse tipologie di marmi provenienti dal monregalese suddivise sulla base del loro aspetto cromatico (da Badino et al., 2001, modificato).

dotiti e che ora ritroviamo affioranti in varie unità delle Alpi occidentali. La zona di provenienza forse più nota è l'unità ofiolitica del Monginevro-Chenaillet, che si estende lungo il confine italo-francese in alta Val di Susa (8 in fig. 1). Da qui sono state estratte la maggior parte delle oficalciti che oggi troviamo in città note con il termine di *Verde Cesana* o *Verde Alpi* (5 in Fig. 2). L'impiego più noto è rappresentato dalla Galleria Subalpina e dalla Galleria San Federico. Nel primo caso il *Verde Cesana* è stato impiegato per la zoccolatura di interni ed esterni, per la pavimentazione e per i tondi (E in Fig. 4). Nel secondo caso è impiegato per lesene, stipiti di porte e cornici di tondi. Macroscopicamente la roccia è caratterizzata da una tessitura brecciata, cementata da una fitta rete di vene carbonatiche immerse in una matrice di serpentino a grana molto fine di colore verde scuro (Di Piero e Fiora, 1998). In città è stato anche utilizzata la serpentinite proveniente prevalentemente dalla Val Malenco. Un esempio è rappresentato dalla scalinata esterna e dalla pavimentazione interna di "Palazzo Nuovo", sede delle Facoltà umanistiche. In serpentinite è stata anche edificata la Sacra di San Michele, ubicata sul M. Pirchiriano all'imbocco della Val di Susa e considerata uno dei principali edifici religiosi del Piemonte. Sono infine da ricordare alcune rocce sedimentarie di natura carbonatica provenienti da aree differenti alle Alpi occidentali quali il *Botticino*, il *Rosso Ammonitico*, la *Pietra*

di Trani, la *Pietra Leccese* e il *Travertino Laziale*. Il *Botticino* è un calcare a struttura intraclastica e/o bioclastica con una abbondante matrice micritica, di colore giallo crema e caratterizzato da giunti stilolitici. La roccia viene estratta dalla formazione triassica della Corna affiorante nelle prealpi bresciane (Di Battistini et al., 2004). Le principali applicazioni in città riguardano la pavimentazione di Via Roma, la Chiesa della SS Annunziata e, come opera di edilizia contemporanea, la pavimentazione delle gallerie commerciali del Lingotto. Il *Rosso Ammonitico* è un calcare nodulare, di colore rosso – aranciato, caratterizzato dalla presenza di gusci di ammoniti proveniente dalla ben nota formazione giurassica (Baiociano – Titoniano) del Rosso Ammonitico Veronese (Martire et al. 2006). Nella città di Torino l'impiego di questa famosa pietra ornamentale è relativamente ridotto. Si trova in alcuni tratti di Via Roma e nella Galleria Subalpina, oltre che nel monumento all'artigliere. La *Pietra di Trani* è un calcare bioclastico con matrice micritica di colore giallo – nocciola, anch'esso caratterizzato da giunti stilolitici (varietà "filetto"). Questa pietra proviene dal distretto estrattivo delle Murge ed è stata impiegata nella pavimentazione dell'isolato di San Damiano di Via Roma. Infine, il travertino laziale proviene dal bacino estrattivo di Tivoli. In città è stato principalmente impiegato nel rivestimento esterno di alcuni palazzi di Via Roma nel tratto compreso tra piazza

San Carlo e Piazza Castello e nella facciata della Chiesa della S.S. Annunziata.

Le rocce silicatiche definite commercialmente "graniti" comprendono i graniti in s.s., rappresentati da rocce di natura magmatica intrusiva a tessitura faneritica costituite prevalentemente da minerali silicici quali quarzo, feldspato potassico e plagioclasio in percentuali circa equivalenti. In basse quantità (generalmente < 10 %) possono anche essere presenti minerali femici quali biotite, e più raramente, anfibolo. Sempre alla categoria commerciale dei "graniti" appartengono anche altre rocce silicatiche quali la maggior parte delle rocce magmatiche intrusive e alcune varietà di rocce metamorfiche quali gli gneiss, rocce con mineralogia simile a quella dei graniti in s.s., ma caratterizzate da una evidente anisotropia planare definita scistosità o *layering* gneissico e le migmatiti. Queste ultime sono rocce metamorfiche di alta temperatura che hanno subito processi di fusione parziale, assumendo un aspetto simile ad un granito venato. Si tratta per lo più di rocce provenienti da paesi extra-europei introdotte di recente nel mercato internazionale dei lapidei ornamentali e pertanto poco diffuse nel costruito storico piemontese (6 in Fig. 2).

A Torino il *Granito di Baveno* rappresenta certamente il "granito" più diffusa in città. Ha un colore rosato dovuto alla colorazione del feldspato potassico e proviene dal distretto estrattivo del Lago Maggiore Geolo-

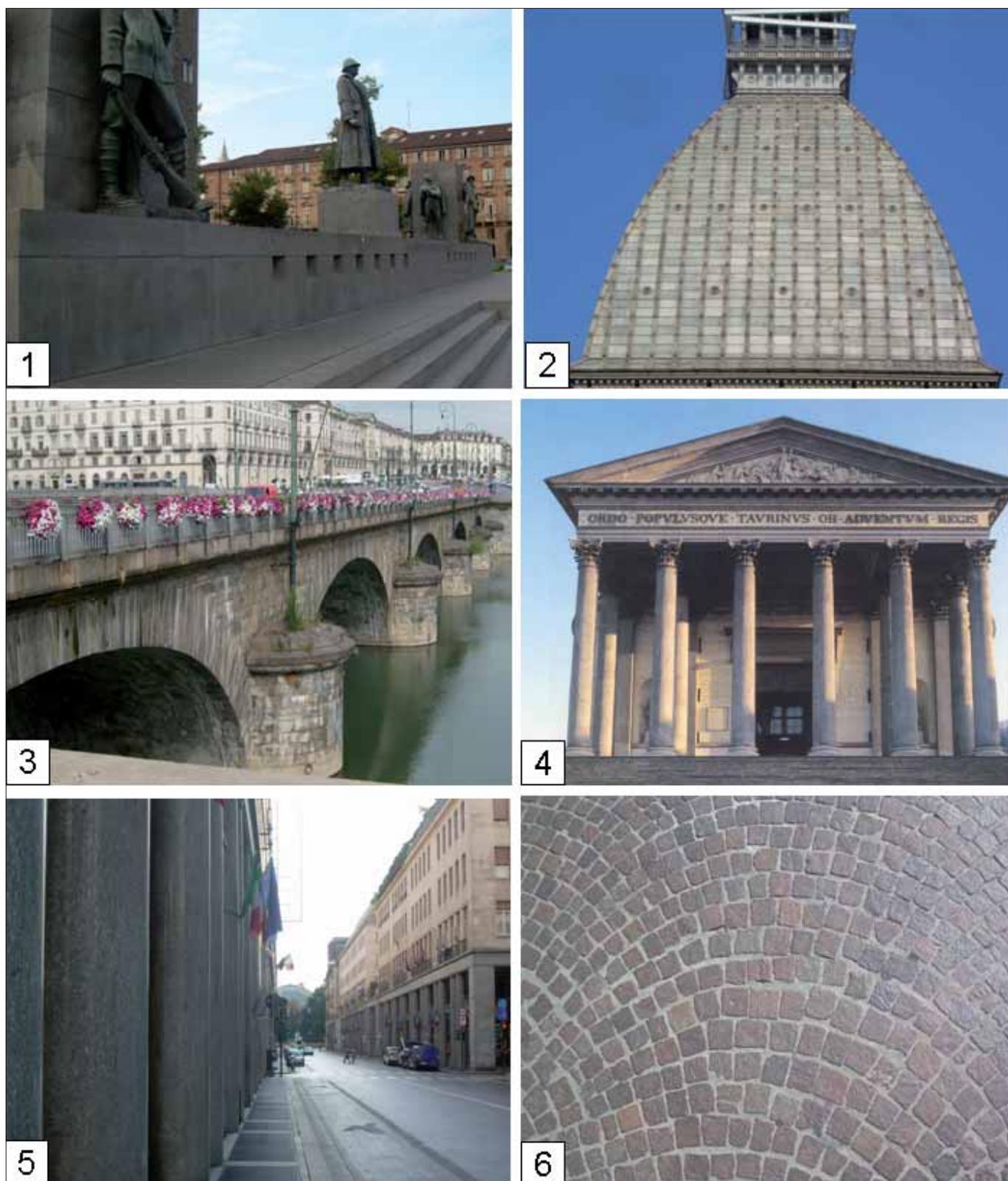


Figura 5 – Principali impieghi nel costruito storico della città di Torino. **A)** Monumento a Emanuele Filiberto Duca di Aosta realizzato interamente in Sienite della Balma; **B)** Cupola della Mole Antonelliana ricoperta da lastre di Pietra di Luserna; **C)** Ponte Vittorio Emanuele I edificato interamente in Pietra di Cumiana; **D)** la facciata della Chiesa della Gran Madre di Dio vede il largo impiego della Pietra di Malanaggio nelle colonne, lesene, zoccolature, basamenti e scalinata; **E)** Colonnato in ortogneiss della Val d'Ossola (Serizzo Antigorio), impiegato nei portici di Via Roma nel tratto compreso tra le Piazze San Carlo e Carlo Felice; **F)** Lastricato originale in Porfido Atesino in Piazza C.L.N.

gicamente appartiene ai cosiddetti “Graniti dei Laghi” (Boriani et al., 1992), un insieme di masse intrusive di età permiana intruse nell’unità geologica della Serie dei Laghi (9 in fig. 1). Gli impieghi del *Granito di Baveno* sono molteplici. Tra i più importanti vanno ricordati le colonne della Mole Antonelliana, la facciata della Chiesa di S. Carlo e le colonne e lesene della facciata ottocentesca di Pa-

lazzo Carignano, sede del primo Parlamento Italiano (F in Fig. 3). Sempre in *Granito di Baveno* sono anche le colonne degli isolati San Pietro, San Federico e San Giovanni Battista di Via Roma.

Un altro “granito” molto diffuso nel costruito storico torinese è il *Granito di Montorfano*, sempre proveniente dal distretto estrattivo della bassa val Toce. Si tratta di

un granito molto simile al granito rosa di Baveno, da cui si distingue per la colorazione grigio chiara, dato che il feldspato potassico in questo caso è bianco (7 in Fig. 3). Il *Granito di Montorfano* è stato impiegato, ad esempio sempre nella facciata ottocentesca di Palazzo Carignano, nelle colonne dei portici di Via Pietro Micca, di Via Sacchi, nonché nelle colonne dell’isolato di San Vincenzo e



Figura 6 – Immagini rappresentative delle principali pietre ornamentali storiche e contemporanee estratte nelle Alpi Occidentali 1) Diorite del Canavese, quarzo-monzodiorite oligocenica della Zona Sesia Lanzo; 2) Granito nero di Anzola, gabbro-norite permiana della Zona Ivrea Verbano; 3) Pietra di Luserna, ortogneiss fengitico a tessitura micro-occhjadina del Massiccio Dora Maira; 4) Gneiss di Villarfocchiardo, leucogneiss a tormalina del Massiccio Dora Maira; 5) Pietra di Malanaggio, ortogneiss biotitico-anfibolico del Massiccio Dora Maira; 6) Bargiolina, quarzite di età permo-triassica del Massiccio Dora Maira; 7) Serizzo, orto gneiss biotitico dell'unità Antigorio; 8) beola; ortogneiss a biotite e muscovite del Pennidico inferiore.

nella pavimentazione di altri isolati di Via Roma.

Sempre tra le rocce intrusive sono da ricordare la *Sienite della Balma* e la *Diorite del Canavese*. Sono entrambe costituite da due piccoli corpi intrusivi post-metamorfici di età oligocenica, appartenenti all'unità geologica della Zona Sesia Lanzo e affioranti rispettivamente lungo la Valle del Cervo (10 in fig. 1) e in Val Chiusella (11 in fig. 1), nei comuni di Traversella, Vico e Brosso. La *Sienite della Balma* è una roccia composta prevalentemente da feldspato potassico, che nel caso specifico impartisce alla roccia una tipica colorazione violetta, con minori quantità di plagioclasio e tenori in quarzo molto bassi (8 in Fig. 2). Tra i femici sono da ricordare anfibolo e biotite. Pur essendo le sienite rocce relativamente rare, il suo impiego in città, vista la relativa vicinanza, è notevole. In sienite è realizzato il Monumento a Emanuele Filiberto Duca d'Aosta ubicato in Piazza Castello di fronte al Teatro Regio (A in Fig. 5). Sempre in sienite sono le colonne di via Roma nell'isolato di San Damiano e parte della pavimentazione degli isolati di San Pietro e San Giovanni Battista. In sienite sono anche alcuni elementi della facciata della Chiesa di San Massimo e la colonna votiva della Consolata (Fiora et al., 2000). La *Diorite del Canavese* è una roccia a grana eterogenea e colore variabile da grigio chiaro a molto scuro a seconda della grana e della percentuale dei minerali femici, sempre rappresentati da anfibolo e biotite con più raro pirosseno (1 in Fig. 6). Tra i minerali sialici è presente prevalentemente plagioclasio oltre a raro quarzo. Il suo impiego in Torino è meno diffuso rispetto alla sienite. L'esempio più eclatante è rappresentato dal colonnato dell'isolato di Sant'Emanuele in Via Roma. E' stata impiegata anche nella pavimentazione degli isolati del secondo tratto di via Roma, compreso tra le piazze San Carlo e Carlo Felice. Un'altra roccia intrusiva particolare impiegata a Torino è il *granito nero di Anzola* (2 in Fig. 6). In realtà si tratta di una roccia molto più basica di un granito nota con il termine di gabbro-norite proveniente dalla bassa valle d'Ossola (12 in fig 1). Appartiene all'unità geologica della Zona Ivrea – Verbano ed è di età permiana (Perissini et al., 2007). Si tratta dell'unico "granito nero" estratto in Italia, anche se la sua coltivazione come pietra ornamentale è ormai interrotta da tempo. In città è stata impiegata nella zoccolatura esterna e nella scalinata della Chiesa della S.S. Annunziata in Via Po e nella pavimentazione dell'isolato di Santa Maria Maddalena di Via Roma.

In città molto abbondante è anche l'uso di "pietre", cioè di materiali lapidei che non

presentano superfici lucidate. Ovviamente in questa categoria rientrano soprattutto gli gneiss provenienti dalle vallate alpine. Tra questi il materiale certamente più utilizzato risulta essere la *Pietra di Luserna*, un ortogneiss di età permiana riequilibrato in facies eclogitica durante l'orogenesi alpina appartenente all'unità pennidica del Massiccio Dora Maira (13 in fig. 1). Si tratta di una pietra caratterizzata da una evidente foliazione di natura tettonica definita dalla iso-orientazione dei fillosilicati, prevalentemente mica bianca di alta pressione e, in quantità più ridotte, di biotite e di clorite (3 in Fig. 6). Sono inoltre presenti porfiroclasti magmatici di feldspato potassico, oltre a quarzo e albite ricristallizzati durante l'evento metamorfico alpino (Sandrone et al., 2000). Nell'insieme la roccia, di colore grigio chiaro, mostra un aspetto tabulare e una buona fissilità essendo facilmente lavorabile lungo superfici a spacco naturale. Molti sono stati nel tempo gli utilizzi della *Pietra di Luserna* in città a partire dalle lastre che rivestono la cupola della Mole Antonelliana (B in Fig. 5). Altri impieghi riguardano la facciata del museo dell'Automobile, recentemente restaurato, e la pavimentazione di molte vie e piazze cittadine, come, ad esempio, Piazza Castello. La zona di estrazione della *Pietra di Luserna* storicamente è la valle Pellice, anche se attualmente la maggior parte di questo materiale viene estratto nel Comune di Bagnolo Piemonte. In Val di Susa molte altre varietà di gneiss simili alla *Pietra di Luserna* sono stati estratti nel corso del tempo (14 in fig. 1). Fra queste si possono ricordare la *Pietra di Borgone*, la *Pietra o Gneiss di Vajes*, utilizzata per le colonne della facciata di Santa Cristina e la zoccolatura di Palazzo Madama) e lo *Gneiss di Villarfochiardo*, (4 in Fig. 6), uno gneiss leucocrato a tormalina orientata, impiegato nel Ponte Isabella. Leggermente più a SE (15 in fig. 1), era estratta la *Pietra di Cumiana*, materiale utilizzato per la realizzazione agli inizi del '800 del Ponte Vittorio Emanuele I, primo ponte in pietra sul fiume Po', che collega piazza Vittorio Veneto con la collina (C in Fig. 5). Una varietà leggermente più scura della *Pietra di Luserna* è rappresentata dalla *Pietra di Malanaggio* o *Perosa* (5 in Fig. 6), rappresentata da un ortogneiss anfibolico – biotitico, avente come protolite una roccia a composizione dioritica, sempre appartenente al Massiccio Dora Maira (16 in fig. 1). Questa pietra è stata utilizzata per le colonne della chiesa della Gran Madre di Dio (D in Fig. 5), per i piloni del ponte sul Po' Umberto I, nella facciata della chiesa della Misericordia e della Basilica Mauriziana, oltre che nella

zoccolatura di numerosi palazzi torinesi. La *Pietra di Malanaggio* è stata anche impiegata nel Forte di Fenestrelle. Un'altra importante pietra storica piemontese è la quarzite *Bargiolina*, proveniente dal Monte Bracco (17 in fig. 1). Geologicamente rappresenta il prodotto metamorfico alpino della copertura quarzo-arenitica di età permo-triassica del Massiccio Dora Maira. Si tratta di una quarzite micacea a grana fine ed omogenea mostrante un aspetto tabulare (6 in Fig. 6). Commercialmente sono distinte tre varietà cromatiche: grigia, verde e dorata. Di importanza storica è la varietà "marmorina" di colore bianco già citata da Leonardo da Vinci (Fiora et al., 2002). Questa roccia è stata prevalentemente utilizzata per pavimentazioni (scale interne dell'attuale sede del Museo Regionale di Scienze Naturali opera di fine '600 di Amedeo di Castellamonte; atrio della Chiesa di San Filippo, pavimentazione di Via Roma negli isolati di San Casimiro e Santa Costanza). Altre due importanti "pietre" piemontesi sono la *Beola* e il *Serizzo* ossolani. Il *Serizzo* è rappresentato da un ortogneiss occhiadino di colore grigio scuro (7 in Fig. 6) estratto in numerose cave della alta e media valle d'Ossola (18 in fig. 1). Geologicamente appartiene all'unità Antigorio del Pennidico inferiore ed è caratterizzato da relitti magmatici pluricentimetrici di feldspato potassico oltre che da abbondante biotite in quanto riequilibrato in facies anfibolitica durante l'ultimo evento metamorfico alpino (Sandrone et al., 2004). Il principale impiego di questa varietà litologica è costituito dalle colonne monolitiche che caratterizzano i portici di Via Roma negli isolati compresi tra Piazza San Carlo e Piazza Carlo Felice (E in Fig. 5). La *Beola* è una varietà di ortogneiss affiorante nella bassa Valle d'Ossola (19 in fig. 1) caratterizzata da una struttura milonitica e da una forte lineazione mineralogica definita dai componenti principali quali feldspato potassico, quarzo, plagioclasio, mica bianca e biotite, oltre che tormalina presente in quantità accessorie (Cavallo et al., 2004) (8 in Fig. 6). Infine, è da ricordare l'*Ardesia ligure*, utilizzata per le lastre di copertura del Castello del Valentino. Questa roccia, proveniente dalla Val Lavagna (Cimmino et al., 2004, 20 in fig. 1) da una grana finissima e un clivaggio ardesiaco molto penetrativo che conferiscono alla roccia una elevata fissilità. L'ardesia, infatti, viene facilmente suddivisa in lastre sottili, lungo piani a spacco naturale perfettamente regolari. Questa roccia è di colore nero a causa della abbondante grafite e della grana fine. Altri componenti mineralogici sono il quarzo, la

clorite, la mica bianca e i carbonati. Tra i materiali non piemontesi appartenenti alla categoria commerciale delle "pietre" è necessario ricordare il *porfido atesino* affiorante in sinistra idrografica dell'Adige nel tratto compreso tra Bolzano e Trento. Si tratta di una roccia vulcanica a chimismo riolitico, caratterizzata da una serie di fenocristalli (quarzo, plagioclasio e feldspato potassico) immersi in una massa di fondo microcristallina dal tipico colore rosso-violaceo. Il porfido trentino è stato impiegato negli anni passati per la pavimentazione di numerose piazze e vie torinesi, come piazza Carlo Alberto, Piazza C.L.N (F in Fig. 5) e piazza San Carlo. Negli ultimi anni, purtroppo, l'originale porfido trentino viene via via sostituito dall'asfalto o, come avvenuto in Piazza San Carlo da materiale simile, ma di provenienza differente. Tra le rocce sedimentarie si può ricordare la *Pietra da Cantoni*, una calcarenite di età burdigaliana affiorante in Monferrato e facilmente estraibile e lavorabile per la sua elevata porosità (21 in fig. 1). Essa è stata utilizzata principalmente come materiale da costruzione per le numerose pievi romane del Monferrato e dell'Astigiano, tra cui la più importante è rappresentata dalla Abbazia di Vezzolano (Alciati e Fiora, 2004). A Torino la *pietra da Cantoni* è stata utilizzata per le colonne del portale della chiesa di S. Giovanni da Thiene (Fiora e Carando, 2008). Un'altra pietra di natura sedimentaria impiegata a Torino (rivestimento esterno della sede della Fondazione Sandretto Re Rebaudengo) è la *Pietra di Lecce*, una biocalcarenite miocenica proveniente dalla penisola salentina, protagonista dell'architettura barocca locale.

Non ultimi sono da ricordare le preziose collezioni lapidee conservate presso alcuni musei cittadini. In primo luogo è da citare il Museo Regionale di Scienze Naturali dove sono attualmente conservate in comodato d'uso le numerose collezioni lapidee storiche e contemporanee dell'Università di Torino, tra le quali si possono citare a titolo d'esempio una collezione ottocentesca di oltre 700 campioni di roccia e minerali provenienti dall'Egitto, probabilmente messa insieme da Carlo Borreani, ufficiale del Regno Sabauda, nonché ingegnere minero (Gallo et al., 2012) e la collezione delle litologie incontrate durante lo scavo del traforo del Monte Bianco nei primi anni '60 (Borghi et al., 1987). Altre collezioni lapidee sono conservate presso il Museo di Antichità, ricco di reperti storici tra i quali sono da ricordare numerose statue scolpite nelle diverse varietà di marmo greco antico. Infine, un importante collezione lapidea è rappresentata dalle opere esposte presso le sale

dello "statuario" del Museo delle Antichità Egizie di Torino, dove sono rappresentate le principali e più significative varietà litologiche utilizzate dagli Antichi Egizi (Borghi et al., 2006).

3 CONCLUSIONI

L'ampia varietà di pietre ornamentali ha da sempre caratterizzato l'identità architettonica della città di Torino, anche se la forte geo-diversità della città e dell'architettura storica e contemporanea è stata finora sottovalutata.

A questo proposito è stato da poco avviato un tema di ricerca (PROGEO Piemonte, Giardino, 2011) rivolto al censimento e alla caratterizzazione delle numerose pietre ornamentali estratte sul territorio piemontese, con particolare riguardo a quelle provenienti dal settore alpino.

La sua finalità principale sarà la diffusione delle conoscenze sulla pietra dal punto di vista scientifico-didattico e turistico-culturale, mettendo a disposizione di chi opera nella pianificazione del territorio uno strumento di facile utilizzo, e offrendo agli operatori del restauro le conoscenze basilari indispensabili per qualsiasi intervento.

In particolare, partendo da una banca dati che riporti tutti i materiali lapidei impiegati nel costruito storico e contemporaneo di Torino, sarà possibile allestire un percorso storico-petrografico lungo le vie del centro storico torinese con indicazioni facilmente fruibili non solo dagli addetti ai lavori ma soprattutto da un pubblico più vasto.

BIBLIOGRAFIA

- ALCIATI L. & FIORA L. (2004). *Le pietre delle Pievi nell'astigiano*. L'informatore del marmista, 514, 44 – 60.
- BADINO V., BOTTINO I., BOTTINO G., FORNARO M., FRISA MORANDINI A., GOMEZ SERITO M. & MARINI P. (2001). *Valorizzazione delle risorse lapidee del bacino estrattivo dei marmi del Monregalese*. Geam, Giugno-Settembre 2001, 97-108.
- BORGHİ A., CALLEGARI E., CASTELLI D., D'AMICONE E., FIORA L., VAGGELLI G. & VIGNA L. (2006). *Caratterizzazione petrografica di materiali lapidei conservati presso le sale dello Statuario del Museo delle Antichità Egizie di Torino*. Atti Convegno "Le risorse lapidee dall'antichità ad oggi in Area Mediterranea", 255-260, Geam Ed., Torino.
- BORGHİ A., FIORA L., MARCON C. & VAGGELLI G. (2009). *The piedmont white marbles used in antiquity: an archaeometric distinction inferred by a Minero-Petrographic and C-O Stable Isotope Study*. Archaeometry, 6, 913-931.
- BORGHİ A., GALLO, L.M. & PORRO, A. (1987). *Osservazioni petrografiche nel versante francese del traforo del Monte Bianco*. Boll. Mus. Reg. Sc. Nat., Vol. 5, 69-96. Torino.
- BORIANI A., CAIRONI V., GIOBBİ ORIGONI E. & VANNUCCI R. (1992). *The permian intrusive rocks of the*

- serie dei Laghi (Western Southern Alps)*. Acta Vulcanologica, 2, 73-86.
- CAVALLO A., BIGIOGGERO B., COLOMBO A. & TUNESI A. (2004). *The Beola: a dimension stone from the Ossola Valley (Piedmont, Nw Italy)* Periodico di mineralogia, 73, 85 – 97.
- CIMMINO F., FACCINI F. & ROBBIANO A. (2004). *Stones and coloured marbles of Liguria in historical monuments*. Periodico di mineralogia, 73, 71 – 84.
- DI BATTISTINI G., VERNIA L., ZUCCHI D., MODENA M. & RONCHINO R. (2004). *Il marmo Botticino*, L'informatore del marmista, 514, 29-38.
- DI PIERRO S. & FIORAL L. (1998). *Caratterizzazione petrografica della oficalcite "Verde Cesana" e di potenziali rocce oficarbonatiche sostitutive*. Atti 5° Giornata "Le scienze della terra e l'archeometria", 99-108, Bari.
- DONATI S. (2000). *La Pietra Di Finale Nel Panorama Estrattivo Italiano*. L'informatore Del Marmista, 459, 24 – 29.
- FIORA L. & ALCIATI L. (2006). *I marmi colorati del Piemonte*. L'informatore del marmista, 533, 16-22.
- FIORA L. & AUDAGNOTTI S. (2001). *Il marmo di Chiavonco e Foresto: caratterizzazione minero - Petrografica ed utilizzi*. Atti 1° Congresso Nazionale di archeometria, 235-246, Patron Editore, Bologna.
- FIORA L. & CARANDO M. (2008). *www.pietreditorino.com*
- FIORA L., ALCIATI L., BORGHİ A., CALLEGARI G. & DEROSI A. (2002). *Pietre piemontesi storiche e contemporanee*. L'informatore del marmista, 489, 50-59; 490, 26-35; 491, 36-45.
- FIORA L., ALCIATI L., COSTA E., ROLFO R. & SANDRONE R. (2002). *La Bargiolina: pietra storica piemontese*. L'informatore del marmista, 486, 6-16.
- FIORA L., FORNARO M. & MANFREDOTTI L. (2000). *Impiego della sienite piemontese nell'arredo urbano*. Quarry - Laboratory – Monument International Congress, Proceedings, 1, 299-308, Pavia.
- GALLO L.M., GIACOBINO E., BARALE I. & BORGHİ A., (2012). *Carlo Borreani e la collezione di rocce dell'egitto al museo di mineralogia e petrografia dell'universita' di Torino*. Museologia Scientifica, In Stampa.
- GIARDINO M. (2011) *Progeo-Piemonte: a multidisciplinary research project for developing a proactive management of geological heritage in the Piemonte region*. Epitome, 4, 132.
- MARTIRE L., CLARI P., LOZAR F. & PAVIA G. (2006). *The rosso ammonitico veronese (middle – upper jurassic of the trento plateau): a proposal of lithostratigraphic ordering and formalization*. Rivista italiana di paleontologia e stratigrafia. 112, 227 – 250.
- PERESSINI G., QUICK J.E., SINIGOI S., HOFMANN A.W. & FANNING M. (2007). *Duration of a large mafic intrusion and heat transfer in the lower crust: a shrimp u/pb zircon study in the ivrea-verbano zone (western alps, Italy)* journal of petrology, 6, 1185 – 1218.
- SANDRONE R., ALCIATI L., DE ROSSI A., FIORA L. & RADICCI M.T. (2000). *Estrazione, lavorazione ed impieghi della pietra di Luserna*. Quarry - Laboratory – Monument International Congress, Proceedings, 2, 41 - 49, Pavia.
- SANDRONE R., COLOMBO A., FIORA L., FORNARO M., LOVERA E., TUNESI A. & CAVALLO A. (2004). *Contemporary natural stones from the italian western Alps (Piedmont and Aosta valley regions)*. Periodico di mineralogia, 73, 211 – 226.

Il progetto Museo-Torino: scienza e spettacolo raccontano la storia di Torino prima della città

1 INTRODUZIONE

I dati scientifici raccolti negli ultimi decenni dai ricercatori del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino hanno contribuito in modo determinante alla ricostruzione dettagliata degli stadi evolutivi degli ambienti geologici del Mediterraneo e delle Alpi occidentali. Molte di queste informazioni sono già state pubblicate in lavori scientifici, più raramente sono state utilizzate in pubblicazioni a scopo divulgativo delle Scienze della Terra.

In occasione del 150° anniversario dell'Unificazione d'Italia, grazie al Progetto "Museo-Torino: Storia di una città" promosso dall'Assessorato alla Cultura della Città di Torino, è stato possibile sviluppare un'attività di diffusione della cultura geologica attraverso il prodotto multimediale "Torino, la città prima della città". In questa iniziativa, all'interno di una ricostruzione audiovisiva della storia della città di Torino, sono stati modellizzati gli ambienti geologici e geomorfologici, e le condizioni climatiche del settore torinese, prima del suo sviluppo urbano.

Attraverso l'analisi dei siti di rilevante interesse per il patrimonio geologico della nostra regione è stata descritta la storia e individuati i più significativi stadi evolutivi degli ambienti marini, costieri, fluviali, collinari e montani che hanno caratterizzato il Piemonte centrale da 5 milioni di anni fa sino alla nascita di Augusta Taurinorum circa 2000 anni fa. Il presente lavoro intende non solo sottolineare il carattere dinamico degli ambienti geologici, il quale si riflette anche nelle successive trasformazioni territoriali,

ma anche metter in luce la continuità fra Spazio e Tempo che caratterizza le ricostruzioni evolutive nell'ambito delle Scienze della Terra. All'interno del Progetto Museo Torino questi obiettivi sono stati raggiunti attraverso due differenti prodotti multimediali: una multi visione ed un sito web.

2 PRESUPPOSTI TEORICI

In Geologia, i concetti di spazio e di tempo si discostano molto da quelli del sentire comune, in termini di dimensioni e significato. Anche se lo sviluppo tecnologico ha favorito un nuovo approccio complessivo all'analisi delle forme del nostro pianeta, superando i limiti tecnici imposti dalle rappresentazioni grafiche e fotografiche tradizionali (fig. 1), rimangono ancora degli ostacoli concettuali da superare affinché si diffonda nella popolazione la consapevolezza delle dimensioni geologiche di certi fenomeni o elementi naturali come un terremoto, una intera catena montuosa, una calotta glaciale.

Per un geologo, invece, è normale parlare di una regione del nostro pianeta immaginandola nel suo complesso come un elemento a 3 dimensioni: un'area con le forme della sua superficie ed il loro substrato, fatto di rocce e strutture geologiche. Ad esempio, dal punto di vista geologico le Alpi non comprendono solo un complesso territorio di oltre 190 mila km², con le sue montagne, le valli, i ghiacciai, i fiumi, i laghi... ma anche l'articolato spessore di litosfera che esse sottendono, il quale per centinaia di chilometri si spinge in profondità articolandosi in unità geologico-strutturali di

origine e caratteristiche diverse (unità di mantello litosferico, sedimenti di margine continentale, basalti di crosta oceanica, rocce magmatiche di crosta continentale, ... ; fig. 2a, b).

A dir la verità, il geologo non si limita solo alla tridimensionalità: vede e rappresenta la realtà... a 4 dimensioni, comprendendo pure il tempo che segna le fasi dell'evoluzione geologica di un'area. Sempre prendendo come esempio il caso delle Alpi, il geologo, dopo aver riconosciuto l'origine delle diverse unità che compongono l'ossatura della catena montuosa ed averne interpretato in profondità la struttura attuale, ne può ricostruire le lunghe fasi della storia evolutiva, fino ad ipotizzare i tratti degli antichi ambienti che hanno preceduto la formazione della catena (fig. 2c).

In pratica, è possibile sintetizzare questo processo conoscitivo in tre fasi: a) attraverso la cartografia geologica (fig. 2a) alla scala dell'intera catena è possibile visualizzare l'estensione geografica dei diversi domini geologici che compongono le Alpi; b) con le sezioni geologiche alla stessa scala se ne rappresenta l'assetto attuale in profondità, "tagliandone" la struttura lungo profili ritenuti significativi (fig. 2b); c) a partire dalla disposizione geometrica delle diverse unità strutturali e delle caratteristiche delle loro deformazioni (pieghe, faglie) è infine possibile interpretarne la storia deformativa, per ricostruire l'antica collocazione geografica degli ambienti geologici da cui hanno preso origine le diverse unità delle Alpi (fig. 2c).

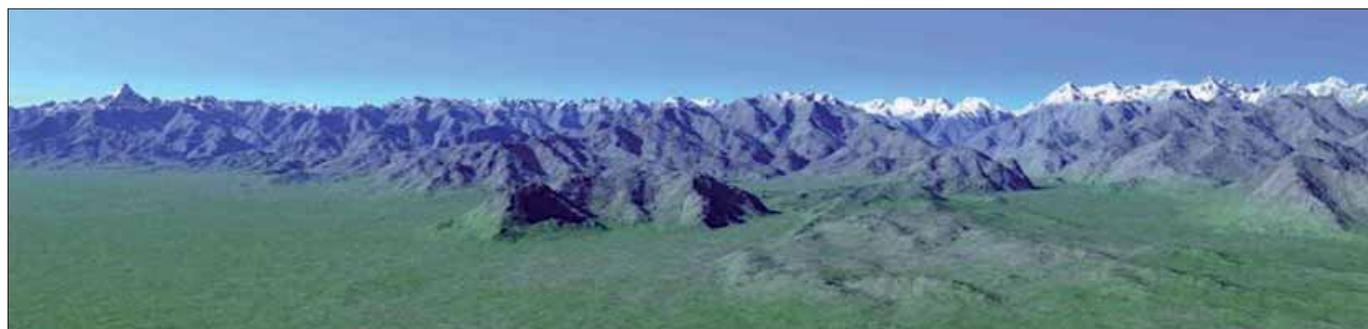


Figura 1 – Panoramica "virtuale" delle Alpi Cozie, dal Monviso alla Valle di Susa. L'immagine è stata realizzata dal Dr. Stefano Russo tramite l'elaborazione del modello digitale del terreno DEM-SRTM, ottenuto dai dati interferometrici radar della missione Space Shuttle Endeavour del 2000. (modificato da Giardino et Al. 2007).

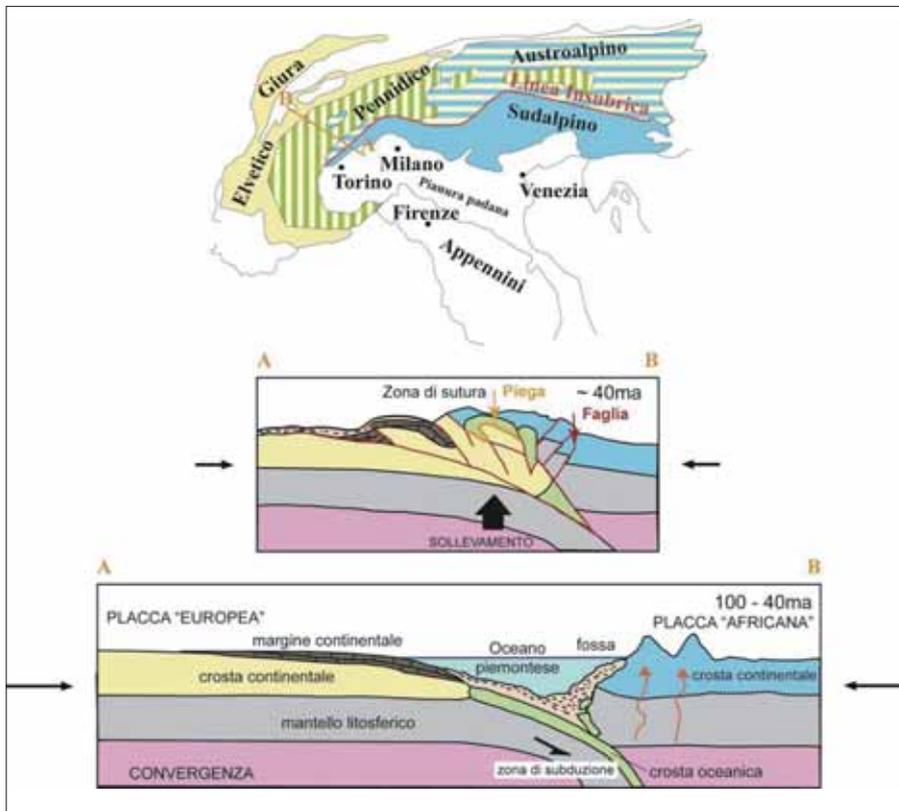


Figura 2 – Rappresentazione cartografica e sezioni geologiche della catena alpina. Nella carta geologica sono presentati i principali domini strutturali delle Alpi che corrispondono ad altrettante regioni paleogeografiche. Il primo profilo (dall'alto) mostra una sezione geologica attraverso le Alpi occidentali, rappresentandole nell'assetto strutturale assunto a partire da 40 milioni di anni fa. Il secondo profilo rappresenta una ricostruzione palinspastica della stessa sezione geologica, relativa ad un intervallo di tempo compreso fra 100 e 40 milioni di anni fa. Dal confronto delle 2 sezioni si comprende come la formazione della catena alpina derivi dai fenomeni di raccorciamento crostale connessi alla convergenza tettonica fra le placche europea ed africana, alla chiusura dell'interposto oceano piemontese, e alla successiva collisione continentale. (modificato da Giardino et Al., 2005).

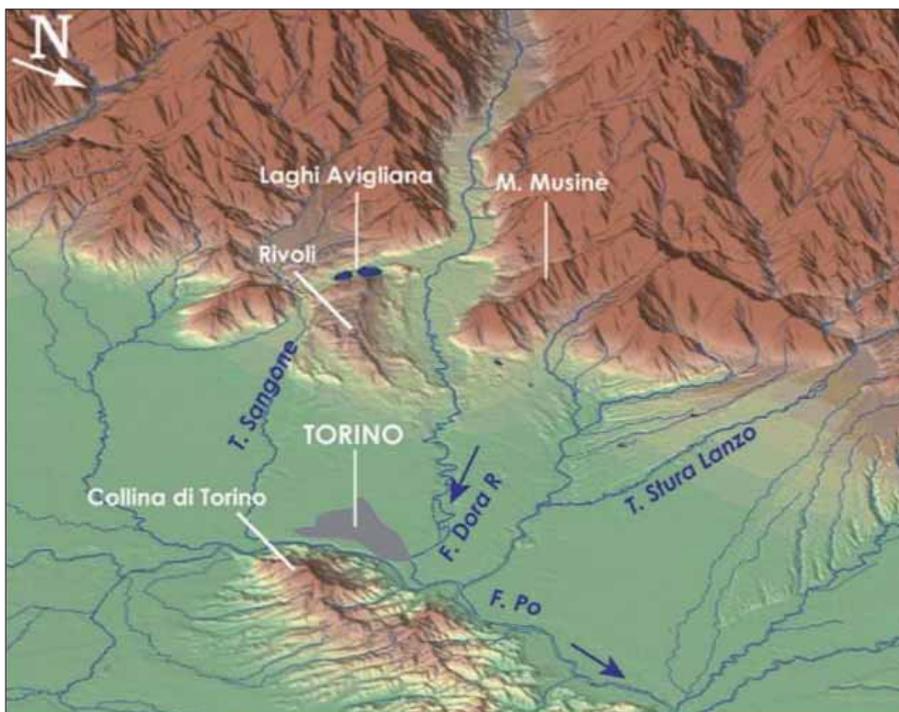


Figura 3 – Modello digitale del Terreno dell'area torinese, con visione prospettica da NE dei principali elementi geomorfologici ed idrografici (da Giardino et Al. 2010).

3 CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DELL'AREA TORINESE

Focalizziamo ora la nostra attenzione sull'area torinese, per individuare gli strumenti più utili per illustrarne i principali caratteri geologici e geomorfologici. Innan-

zitutto è possibile sfruttare le potenzialità offerte dall'informatica per ottenere una rappresentazione "tridimensionale" del territorio. L'elaborazione dei dati geografici tramite l'utilizzo di software GIS (Sistemi Informativi Territoriali) offre una visione

prospettica degli elementi del rilievo (Fig. 3; da Est ad Ovest: il settore di pianura, la Collina di Torino, l'anfiteatro morenico di Rivoli-Avigliana, il conoide fluvioglaciale della Stura di Lanzo, il margine interno delle Alpi occidentali) e dei principali caratteri dell'idrografia (il Fiume Po, la Dora Riparia, la Stura di Lanzo, il Torrente Sangone, i Laghi di Avigliana).

Come vedremo più avanti, ciascuno di questi elementi ha un preciso significato nell'evoluzione geologica recente dell'area torinese e deriva la sua forma dai processi geomorfologici che l'hanno modellato e dalle caratteristiche litologiche e strutturali dei materiali geologici che lo costituiscono. Per illustrare quest'ultimo punto di vista, è essenziale servirsi di una rappresentazione geologica come l'estratto cartografico di fig. 4, tratto dal Foglio 56 "Torino", della carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Nella settore sud-occidentale della carta (la parte inferiore destra), con i colori accesi sono state rappresentate diverse unità di rocce sedimentarie (argille, silt, sabbie, conglomerati, marne, calcari.....). Si tratta dei materiali che costituiscono la Collina di Torino, una successione di rocce di origine prevalentemente marina di età compresa fra l'Eocene ed il Pliocene (fra 35 e 2,5 milioni di anni fa), i cui originari rapporti stratigrafici sono rappresentati nello schema posto sotto la legenda. Dal punto di vista strutturale, le unità della collina di Torino appaiono deformate da pieghe (sinclinali e anticlinali, di cui in carta vengono rappresentati gli assi, come linee doppie con frecce) e faglie (le linee singole rosse), testimonianza dei fenomeni tettonici che hanno deformato, sollevato e poi portato ad emersione ed erosione le unità sedimentarie marine.

L'area di pianura su cui sorge Torino viene rappresentata nella carta geologica con delle campiture dai colori più tenui rispetto a quelli dell'adiacente Collina: si tratta delle unità di depositi quaternari (da 2,5 milioni di anni fa ad oggi), che si sono progressivamente accumulate nel settore compreso fra il margine alpino ed il rilievo collinare. La copertura quaternaria comprende depositi argillosi, sabbiosi, ghiaiosi di origine fluviale, fluvioglaciale, eolico... La loro eterogeneità riflette la variabilità climatica e ambientale che ha caratterizzato il settore torinese durante il Quaternario. Emblematica a questo proposito è la presenza sulla carta di un'alternanza di fasce colorate azzurre e beige: le prime, sviluppate a ridosso degli attuali corsi d'acqua principali, indicano i settori di accumulo dei sedimenti alluvionali; le altre, spesso separate dalle precedenti da scarpate di terrazzo (le linee blu) indicano

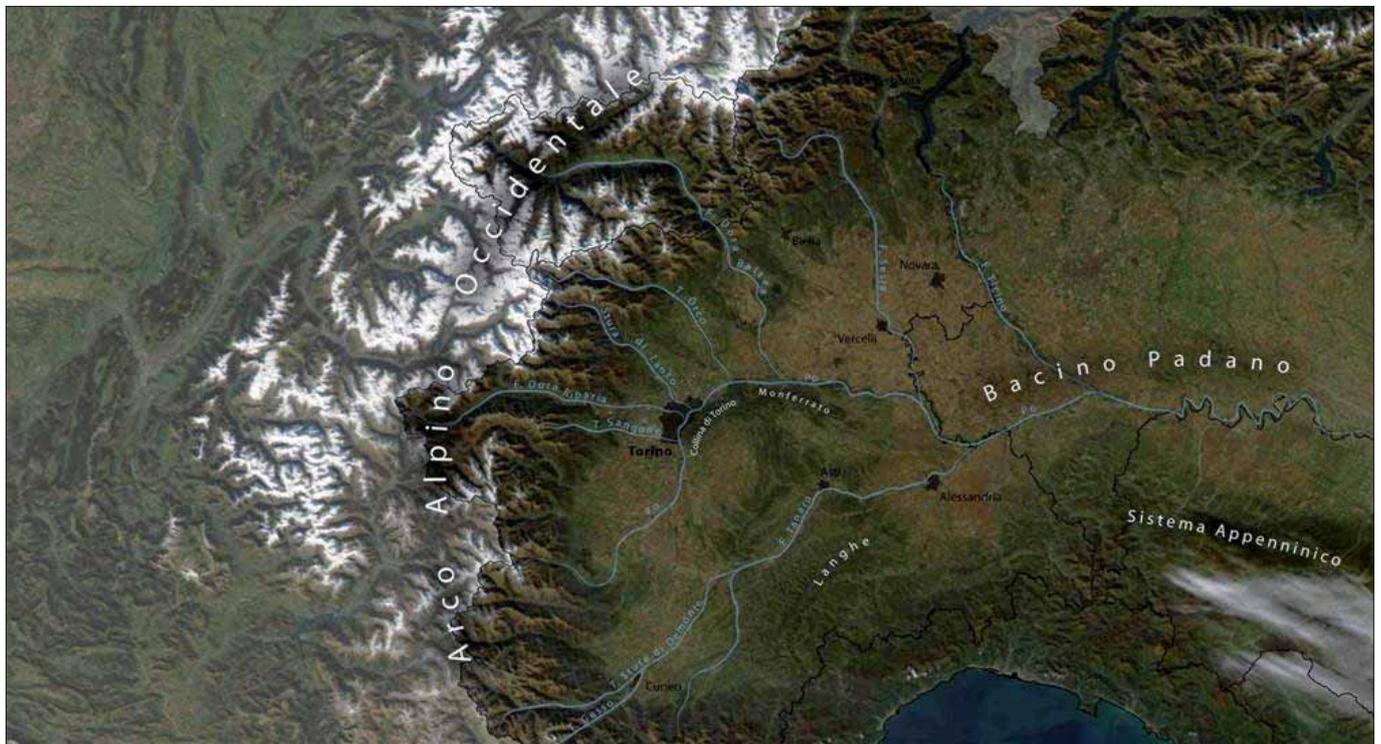


Figura 6 – Elaborazione grafica di immagine satellitare centrata sul Piemonte, scelta come riferimento geografico per l'elaborazione delle mappe paleogeografiche delle 4 tappe dell'evoluzione geologica (Stefano Russo per Museo Torino).

della Carta Geomorfologica della Pianura Padana (Fig. 5: Castiglioni, 1999) offre una visione di maggior dettaglio sulle forme naturali ed antropiche e sui materiali che caratterizzano la superficie topografica. Gli elementi areali più evidenti nella carta sono:

- gli ampi settori antropizzati del territorio torinese, quasi senza soluzione di continuità alla base della Collina di Torino fra Settimo e Trofarello e poi ad ovest verso Orbassano e Rivoli, a testimoniare l'intenso sviluppo urbanistico dell'ultimo secolo;
- i complessi di colline moreniche e depressioni intermoreniche posti fra Rivoli ed Avigliana, la cui disposizione concentrica ed articolata rispecchia il succedersi di fasi glaciali ed interglaciali pleistoceniche, durante la costruzione dell'anfiteatro morenico;
- i tratti di pianura alluvionale distinti secondo la natura dei sedimenti superficiali (ghiaiosi, sabbiosi, limosi);
- i settori pedemontani, quelli marginali all'anfiteatro morenico di Rivoli-Avigliana e quelli distali dei conoidi fluvio-glaciali, caratterizzati da coltri di alterazione superficiali suoli con orizzonti rubefatti, suoli antichi e pologenetici, classificati secondo il loro spessore;
- i conoidi alluvionali e fluvio-glaciali, suddividendoli in base all'acclività della loro superficie (pendenza maggiore o minore del 10 per mille).

Un ulteriore elemento areale rappresentato sulla carta, seppure con dimensioni

minute, è la copertura di loess presente ad est di Rivoli: si tratta dei resti di depositi sabbioso-siltosi di origine eolica che originariamente costituivano una serie di dune a ridosso del settore dell'anfiteatro morenico.

La carta geomorfologica permette inoltre di rappresentare con maggiore chiarezza le altre forme di modellamento a carattere lineare:

- gli attuali corsi d'acqua principali ed il reticolo idrografico affluente;
- le tracce di antichi scaricatori fluvio-glaciali;
- i resti di un'antica rete idrografica ora estinta;
- le scarpate morfologiche che articolano il settore di pianura, anch'esse suddivise per altezza (a: < 5 m; b: 5-20 m; c: > 20 m), a testimoniare episodi più o meno significativi di erosione e/o sedimentazione in ambiente fluviale e fluvio-glaciale.

4 SINTESI DIVULGATIVA DELL'EVOLUZIONE GEOLOGICA DEL PIEMONTE CENTRALE

I documenti di cartografia geotematica sopra descritti esprimono in maniera disaggregata ma nel complesso esauriente le conoscenze essenziali sulla costituzione geologica dell'area torinese. Sulla base di questi elaborati e di altre informazioni provenienti dalla letteratura scientifica di argomento geologico, grazie al progetto "Museo Torino" è stato possibile elaborare alcune "mappe paleogeografiche" che ricostruiscono l'evoluzione del settore piemontese negli ultimi 5 milioni di anni.

Come riferimento geografico per la ricostruzione è stata scelta un'immagine satellitare che contenesse in modo evidente gli elementi distintivi dell'attuale assetto geomorfologico dell'area (fig. 6). Da ovest ad Est: l'arco alpino occidentale, la pianura padana, la collina di Torino, il Monferrato, le Langhe, e poi, a fare da margini sud-orientali, la costa ligure e la catena appenninica. Per rendere più espliciti i riferimenti al paesaggio attuale è stata pure evidenziata l'idrografia principale.

L'evoluzione geologica dell'area è stata poi sintetizzata attraverso la rappresentazione cartografica di 4 situazioni paleogeografiche (figg. 7-10), indicate come "tappe" significative per illustrare i principali ambienti e processi geologici che hanno caratterizzato il settore piemontese nei seguenti intervalli cronologici:

- da 5 a 2,5 milioni di anni fa (emersione della collina torinese dal mare piemontese);
- da 2,5 a 700 mila anni fa (il paleo-Po a Sud della collina di Torino);
- da 700 mila a 10 mila anni fa (espansioni dell'anfiteatro morenico di Rivoli-Avigliana);
- da 10 mila anni fa ad oggi (neo-Po ed attuale reticolato idrografico).

Per ciascuna rappresentazione cartografica sono stati inseriti i punti ed i riferimenti numerici ai luoghi in cui sono conservate significative reperti e testimonianze dell'evoluzione geologica. I luoghi sono poi stati descritti tramite schede pubblicate sul sito web del Museo Torino (www.mu-

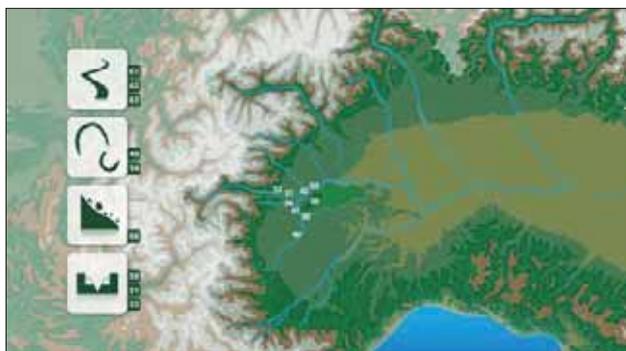


Figura 7 – Collocazione paleogeografica di alcuni “luoghi” caratteristici dell'emersione della collina di Torino dal mare piemontese (“prima tappa” della storia “prima della Città”, da 5 a 2,5 milioni di anni dal presente) e relativi caratteri paleo-ambientali: 1, 2, 3 = mare profondo. 7, 8 = spiagge e coste sabbiose di ambiente subtropicale. 4, 5, 6 = mare poco profondo e relativi organismi del fondale. 7, 8 = cetacei arenati su bassi fondali. Le frecce rosse indicano il sollevamento tettonico dei rilievi alpini ed appenninici.



Figura 8 – Collocazione paleogeografica di alcuni “luoghi” caratteristici della “seconda tappa” (da 2.500.000 a 700.000 anni dal presente) della storia “prima della Città”. In particolare la mappa illustra l'intervallo di tempo in cui in una pianura paludosa si formavano i sedimenti Villafranchiani contenenti resti fossili di vegetali (9) e vertebrati continentali (9 b). Il paleo-Po scorreva a quel tempo a sud della Collina di Torino con un tracciato a meandri (11, 12, 13), lasciandone tracce nell'edificio collinare in sollevamento, (15). Al margine alpino si accrescevano grandi conoidi (17) e si formavano foreste di conifere di ambiente palustre (10).



Figura 9 – Collocazione paleogeografica di alcuni “luoghi” caratteristici delle glaciazioni pleistoceniche (“terza tappa” della storia “prima della Città”, da 7000mila a 10mila anni dal presente) e relativi caratteri paleo-ambientali: 23, 27 = modellamento glaciale dei versanti montuosi; 32, 33 = sedimentazione glaciale e formazione degli anfiteatri morenici allo sbocco in pianura delle maggiori valli alpine. 36, 39 = sviluppo di laghi glaciali ai fianchi delle morene degli anfiteatri. 28 = depositi grossolani sui conoidi fluvio-glaciali e lungo i maggiori fiumi caratterizzati da canali intrecciati. 46 = terrazzi di modellamento fluviale sull'edificio collinare.

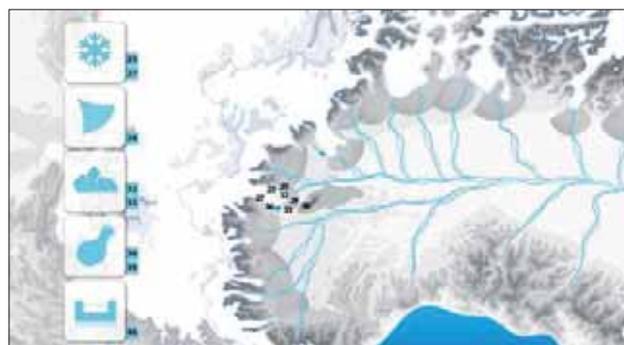


Figura 10 – Collocazione geografica di alcuni “luoghi” caratteristici della “quarta tappa” (da 10mila a 2 mila anni dal presente) della storia “prima della Città”. La mappa illustra un'intervallo di tempo successivo ai grandi fenomeni di deviazione fluviale del Po e del Tanaro, i quali hanno lasciato alcune tracce del loro corso (49, 54). Le aree pianeggianti poste ai margini degli alvei fluviali sono facilmente raggiungibili dalle acque di esondazione (61, 62, 63). I corsi d'acqua dell'area torinese approfondiscono il loro alveo incidendo e terrazzando i depositi glaciali e fluviali più antichi (50, 51, 52). I versanti della Collina di Torino sono interessati da vari fenomeni di instabilità per frana (66).

seotorino.it). Nelle “mappe paleogeografiche” le scelte cromatiche e la simbologia utilizzata sono state indirizzate a favorire la comprensione della realtà geologico-ambientale caratteristica di ogni tappa e le trasformazioni in atto. Ad esempio, nella prima e nella seconda tappa, con le frecce verticali è stato evidenziato il fenomeno del sollevamento tettonico responsabile dell'emersione della Collina di Torino dal mare piemontese e del progressivo smantellamento dei rilievi; per la tappa relativa alle glaciazioni pleistoceniche sono stati invece scelti cromatismi che richiamassero la situazione climatica fredda.

In conclusione, si può affermare che un'approccio cartografico regionale all'analisi delle forme e dei processi geologici, insieme ad un uso mirato degli strumenti messi a disposizione dalle tecnologie informatiche sono un valido supporto per la comunicazione dei concetti delle Scienze della Terra, e possono favorire un'ampia diffusione della cultura geologica.

BIBLIOGRAFIA

P. BAGGIO, M. GIARDINO, L. MERCALLI, *Val Sangone: clima e forme del paesaggio. da due milioni di anni*

fa ad oggi, sms, Torino 2003.

G.C. BORTOLAMI, G.C. CREMA, R. MALARODA, F. PETRUCCI, R. SACCHI, C. STURANI, S. BAVAGLINI, S. VENZO, *Foglio 56 «Torino» della carta geologica d'Italia*. II ed., scala 1:1.000.000. serv. geol. it., Roma 1969.

F. CARRARO (a cura di), *Revisione del Villafranchiano nell'area-tipo di Villafranca d'Asti*, in «il quaternario», 1996, 9(1), pp. 5-119.

F. CARRARO, G. COLLO, M.G. FORNO, M. GIARDINO, F. MARAGA, A. PEROTTO, D. TROPEANO, *L'evoluzione del reticolato idrografico del Piemonte centrale in relazione alla mobilità quaternaria*, in R. Polino & R. Sacchi (a cura di), *Atti del convegno rapporti alpi-appennino e guida alle escursioni*, pepperagno (cn), 31 maggio - 1 giugno 1994, scritti e documenti, acc. naz. sc., Roma, 1994, 14, pp. 445-461.

F. CARRARO, M. GIARDINO, *Quaternary glaciations in the western Italian Alps – a review*, in Ehlers and Gibbard (a cura di), *Quaternary glaciations – extent and chronology*, Elsevier, 2004.

B. CASTIGLIONI, *L'Italia nell'età quaternaria*, scala 1:200.000, in atlante fisico-economico d'Italia, c.t.i., Roma 1940.

G.B. CASTIGLIONI (a cura di), *Carta geomorfologica della pianura padana*, Geological map of po plain, scala 1:250.000, s.el.ca., Firenze 1997.

G.B. DAL PIAZ (a cura di), *Le alpi dal Monte Bianco al Lago Maggiore*, in guide geologiche regionali, n. 3/1, Hoepli, Milano 1992.

C. FLEMING, S.H. MARSH, J.R.A. GILES, *Elevation models for geoscience*, geological society special

publication, n. 345, London 2010.

M.G. FORNO, S. LUCCHESI, *La successione fluviale terrazzata pleistocenica dei versanti occidentale e nordoccidentale della collina di Torino*, in «Il quaternario», 2005, 15, pp. 175-185.

M. GIARDINO, S. LUCCHESI, I. PEROTTI, *Da Rivoli alla Sacra di San Michele*, in M. Panizza (a cura di), *Via gealpina itinerari italiani. un'escursione nello spazio e nel tempo*, tip. CSR, Roma 2010, pp. 276-285.

GIARDINO M., GIORDAN D., BAGGIO P. AND MORTARA G., (2005). *Map of the sangonetto valley geosites (western alps): geological research and tourism enhancement*. 325-336. in: G. Pasquarè, C. Venturini & C. Groppegn (eds): *mapping geology in Italy* (2004), apat-sgn, selca Firenze 340 pp

GIARDINO M., G. MORTARA, S. RUSSO (2007). *Panorama delle alpi occidentali*. Elaborazione grafica e note illustrative stampate in occasione del II Convegno Nazionale aigeo “ambiente geomorfologico ed attività dell'uomo: risorse, rischi, impatti”. Torino. Stampa Litografia Geda.

G. PAVIA, G. BORTOLAMI, P. DAMARCO, *Censimento dei geositi del settore regionale collina di Torino e Monferrato*, in «Quaderno scientifico» n. 5, Ente parchi e riserve naturali astigiane, Asti 2004.

R. POLINO (a cura di), *Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000*, foglio 156 Torino ovest e Torino est, Arpa, Torino 2010.

F. SACCO, *Il bacino terziario e quaternario del Piemonte*, Bernardoni, Milano 1889-90.

1 PREMESSA

Da un ingegnere minerario formatosi alla Scuola torinese - prima di Applicazione e poi Politecnico - non si può pretendere, in questa circostanza, di allontanarsi troppo dagli insegnamenti ricevuti, a suo tempo, nell'Istituto di Arte Mineraria, nel quale il corso di Geologia Applicata era tenuto da un geoingegnere a.l. (prima ingegnere e poi geologo) il Prof. Luigi Peretti, assai noto ed apprezzato - anche professionalmente - per le personali conoscenze applicative geologiche sul territorio regionale, con le varie georisorse ivi presenti, interessanti ad es. quali materiali da costruzioni, ma anche con le diverse, specifiche problematiche di stabilità idrogeologica del suolo, considerate ad es. ai fini insediativi, soprattutto per opere civili e relative infrastrutture (PERETTI, 1981).

Nelle sue numerose pubblicazioni, comprese quelle di argomento geominerario, risultano peraltro frequenti - e soprattutto pertinenti - i riferimenti bibliografici ai fondamentali lavori del Geologo Prof. Federico Sacco (che fu docente anche nella citata Scuola per Ingegneri) soprattutto per ciò che concerne le situazioni stratigrafiche localmente riscontrabili e le caratteristiche litoapplicative dei geomateriali presenti, utilizzabili per l'industria (SACCO, 1890 - 1898 - 1907).

Indirettamente, ma sostanzialmente quindi, ho potuto io stesso apprendere, da loro e da altri Maestri, trasmettendole a mia volta - nei corsi universitari da me tenuti, prima al Politecnico e poi a Scienze - nozioni geo-giacimentologiche pratiche e relative conoscenze tecnologiche sulle attività estrattive che forniscono, oggi come ieri, le materie prime richieste dallo sviluppo in generale del Paese e della nostra Città metropolitana in particolare (FORNARO et al., 2001).

Mi atterrò quindi, in questa mia breve ma articolata disamina, a quanto già segnalato in letteratura, integrato da personali esperienze ed informazioni via via raccolte, a vario titolo, in questi ultimi 30 anni di attività nel settore specifico delle cave della nostra regione, a seguito del trasferimento delle relative competenze dallo Stato alle Regioni (1977).

Consequentemente, il Piemonte si è dotato di una propria Legge sulle Cave (69/78),

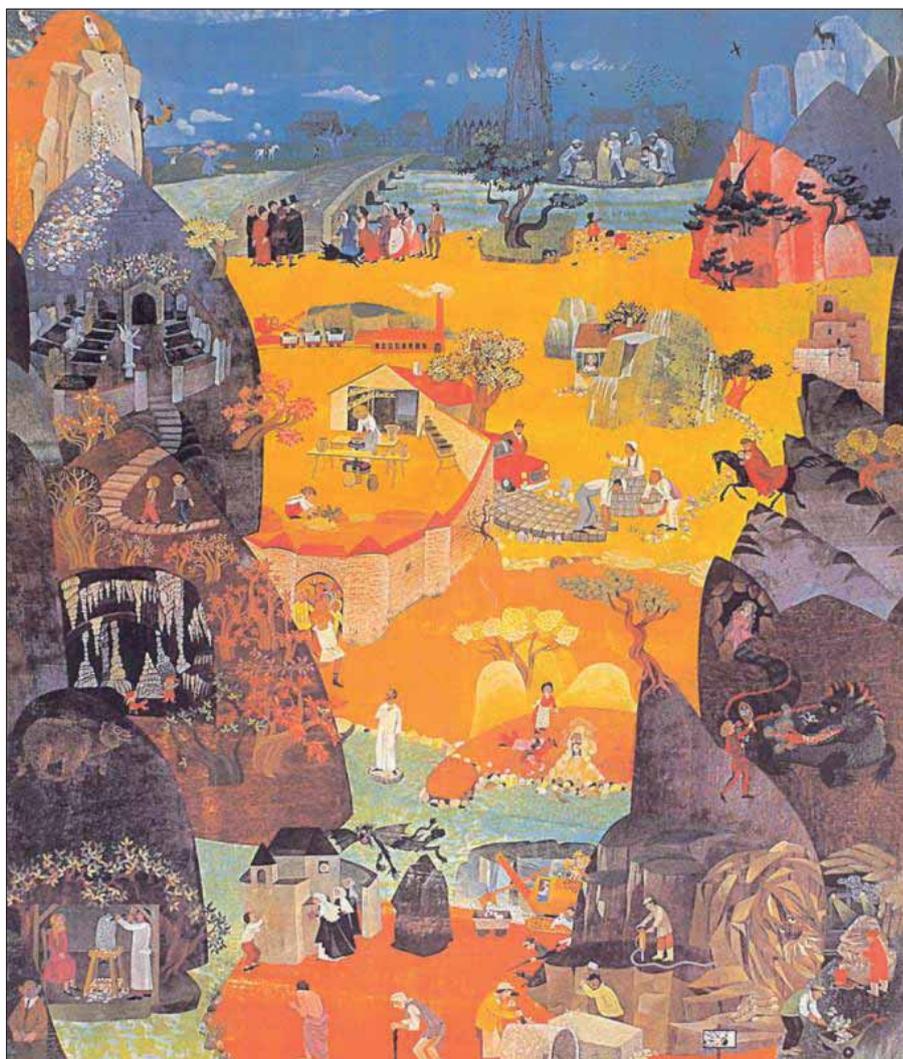


Figura 1 - Illustrazione dell'attività di cava (Allegoria di Marlene Reidel, 1975).

mentre è rimasta tuttora vigente la legge nazionale mineraria (R.D.1443 del 1927) che regola anche le Miniere p.d. - per certe sostanze ritenute "strategiche" dallo Stato, quali i minerali metallici, i metalloidi industriali e gli energetici fossili - anch'esse tuttavia passate per competenza alle amministrazioni regionali e recentemente infine attribuite, con le relative "pertinenze", al loro "patrimonio indisponibile"¹.

¹ In un primo momento (DL 85/2010) ne era stato inopinatamente previsto il passaggio al patrimonio "disponibile" delle Province, ora modificato col DL 83/2012 (Misure urgenti per la crescita del Paese).

2 INTRODUZIONE

Abbinare "insediamento antropico" e "georisorse minerarie" implica alcune prime considerazioni di "causa ed effetto".

Mentre infatti sono ancora riconoscibili, ad es. villaggi e nuclei abitativi sorti in prossimità di centri estrattivi di una certa importanza - taluni poi progressivamente andati riducendosi od abbandonati del tutto con l'esaurirsi del giacimento utile - viceversa, città sorte in determinati luoghi per naturale facilità di comunicazioni ed opportunità di commerci, per ricchezza delle campagne e necessità di conseguente difesa militare, hanno evidentemente indotto le popolazioni a cercare prioritariamente "sul posto" materiali

litoidi idonei alle costruzioni di case, servizi ed opere d'arte, di architettura e di ingegneria.

In questo caso, lo sviluppo urbanistico è stato poi motivo di allontanamento, più o meno "pianificato", voluto od imposto, dei siti di prelievo dei vari materiali, come le ghiaie e le sabbie, le argille, le pietre d'opera necessarie all'edilizia, sia abitativa – pubblica e privata – sia industriale (Fig. 1).

Col tempo, mentre le attività minerarie p.d. (la citata I Cat. Miniere) pur cessate, sono in qualche modo o rimaste nei toponimi geografici o nella memoria stessa dei cittadini più "radicati", le cave dei materiali più poveri sono state "obliterate" nel volgere di pochi anni, anche materialmente, con successive trasformazioni agricole o diverso riuso del suolo ad.es. con altre destinazioni urbanistiche.

E' pertanto difficile per una grande città, così ricca di storia e di estensione tanto vasta ed articolata, come Torino, ricostruire una evoluzione mineraria, o per lo meno estrattiva locale, per ciò che riguarda i materiali comuni da costruzione utilizzati nelle diverse epoche e reperiti nelle varie zone – di pianura e collinari, progressivamente urbanizzate - sino alle attuali, grandi dimensioni "metropolitane" raggiunte dalla Città.

Può essere tuttavia interessante – se non utile, ormai – raccogliere qualche informazione su attività che si sono svolte in un passato, per lo meno recente, del quale la memoria tradizionale non ha ancora perso la traccia, come pure può essere – fortunatamente, almeno dal punto di vista ambientale – avvenuto per il territorio stesso, così "recuperato": con o senza un contributo antropico compensativo alla spontanea azione della natura...

È questo il caso, ad esempio, degli innumerevoli prelievi di sabbie e ghiaie alluvionali; e non tanto in alveo – tipologia, quest'ultima, oggi non di cava bensì quale funzionale manutenzione dei corsi d'acqua – quanto di pianura e soprattutto nelle fasce periferiali, assai ricche di misti granulari puliti.

Oppure di locali estrazioni, a carattere "familiare", in depositi marno-argillosi utili per la produzione di laterizi, anche in area collinare, in prossimità del capoluogo, mentre le principali fornaci, in piccola parte ancora attive, erano presenti nella cerchia di Comuni ormai da considerare "metropolitani".

Quanto ai materiali lapidei - a parte qualche limitata risorsa "locale", oggetto tuttavia di relativamente vasta commercializzazione, in un passato nel quale anche il trasporto era un problema di difficile ed onerosa soluzione - la Città - come attestato da specifici ed autorevoli studi dei Colleghi ma evidenziato anzitutto da pregevolissime applicazioni in opera, che abbelliscono oggi strade e palazzi di molti quartieri - ha da sempre fatto ricor-

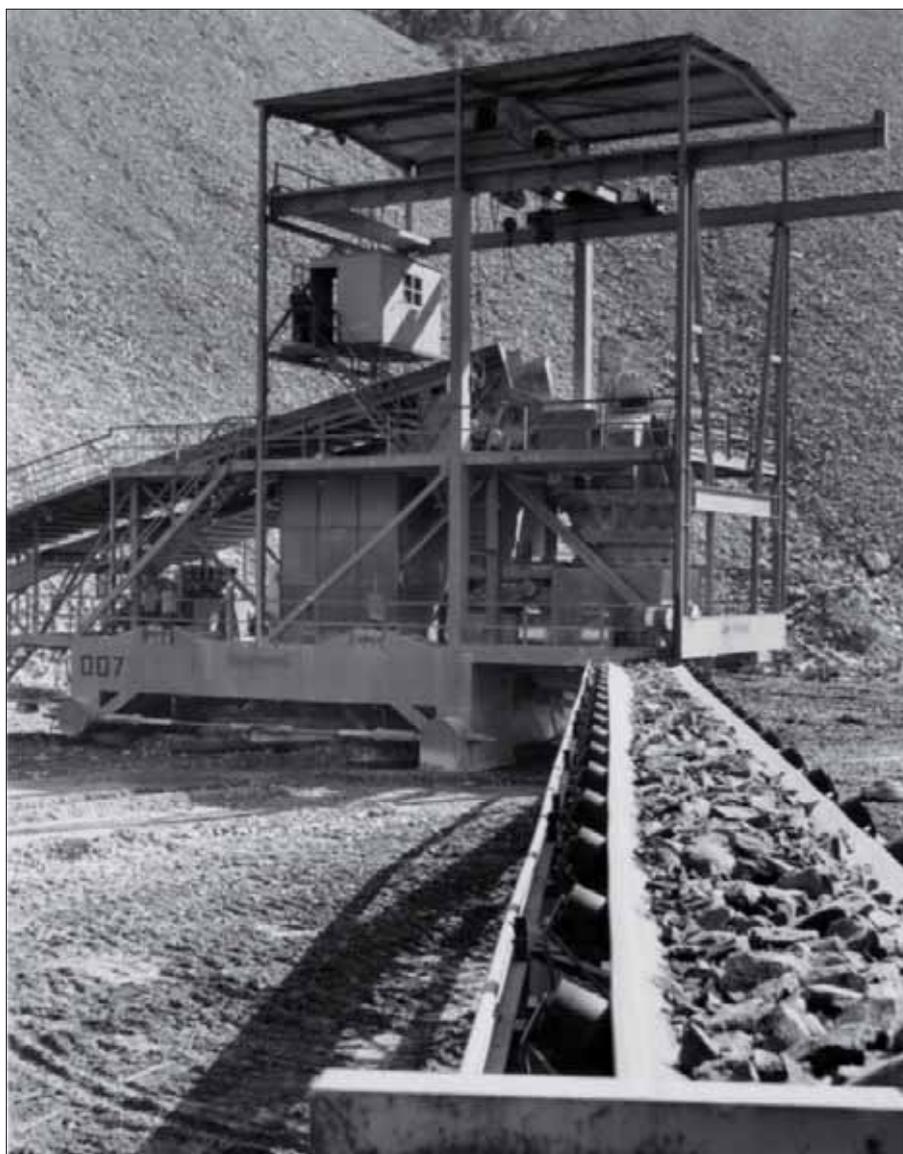


Figura 2 – Frantumazione primaria della serpentinite a Balangero (TO).

so a pietre c.d. "ornamentali" provenienti da diversi luoghi di cava, progressivamente collegati con strade e soprattutto ferrovie. Ciò ha fatto quindi crescere il volume d'affari di attività minerarie, svolte in regioni montane (e non soltanto torinesi) altrimenti poste in più difficili condizioni di offerta lavorativa e quindi di crescente spopolamento, come in parte è comunque localmente avvenuto. La valle di Susa, le valli del Pinerolese, del Canavese e dell'Eporediese offrono esempi noti e concreti che non sono certamente i soli nel composito quadro produttivo della nostra Regione, col Monregalese, le valli Cervo e Sesia ecc. ma soprattutto con le Alpi Cozie e Ossolane e la limitrofa Valle d'Aosta.

Ed ormai, come per uso, questi svariati litotipi (gneiss, quarziti, dioriti, sieniti, graniti e marmi ecc. fanno parte permanente della Città di Torino, anche se di tale "acquisito" patrimonio minerario – prima ancora che artistico ed architettonico, dopo la avvenuta trasformazione ed applicazione – non si ritiene di dover parlare diffusamente in questo momento (CATELLA, 1969; FIORA & CARANDO, 2006).

Come non è questo il luogo per richiamare altre e ben note attività estrattive, che si sono svolte e tuttora in assai minor parte proseguono (MIÈ & NATALE, 1978) nell'arco alpino e nelle aree prealpine del Nord Ovest, quali le coltivazioni di Talco e Grafite nel Pinerolese, di solo talco a Coazze, di magnesite a Caselette², di Ferro e Pirite nel Canavese, di Rame in Valsesia e di Oro in Valle Anzasca, di Marne da cemento nel vicino Casalese, di Gesso nel Monferrato e (senza volerle "esorcizzare") delle ricche Serpentine asbestifere di Balangero, in valle di Lanzo, materie prime importanti - ma non solo industrialmente, purtroppo - e, fino al loro bando "sanitario" (ex L. 257/92), diffuse a livello nazionale anche nelle costruzioni, ad es. attraverso il famigerato prodotto cemento-amianto (tipo Eternit) (Fig. 2).

² A Vidracco, in Valchiusella, è ancora attiva una vecchia cava di peridotite - non alterata in serpentina, come invece avvenuto nella Concessione attiva per Magnesite, a Baldissero - ed utilizzata perciò come ottimo abrasivo granulare.

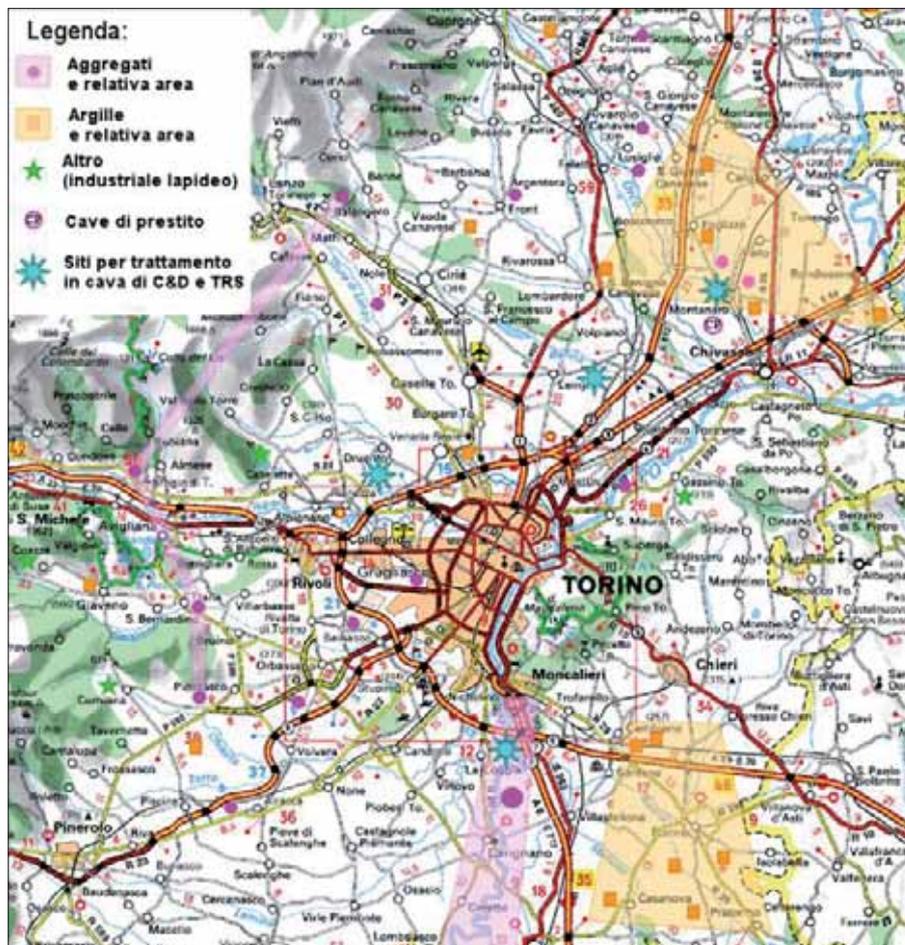


Figura 3 – Delimitazione dell'area metropolitana di Torino considerata. I simboli riportati sono puramente "indicativi" delle cave dei diversi materiali: né esaustive delle unità estrattive autorizzate (passate, attuali o previste) e tantomeno dei giacimenti minerari presenti.

Proprio dal caso delle nostre serpentiniti - peraltro ottimo materiale per conglomerati bituminosi, più che cementizi, oltre che per durevole ballast ferroviario tradizionale - sarà poi utile trarre spunto per alcune nostre considerazioni sul lodevole impegno per un crescente impiego, soprattutto in area metropolitana, di materiali litoidi di risulta - quali "sottoprodotti" e/o "riciclati" (cfr. DL 152/06 e smi e DL 117/08) - da assoggettare tuttavia ai necessari controlli in sito ed alle naturali verifiche di laboratorio per la tutela personale ed ambientale (DINO et al., 2009). La Provincia di Torino ha svolto in modo esemplare, compatibilmente coi mezzi a disposizione, queste incombenze.

È infatti evidente che una città in "continuo movimento" - come diceva una pubblicità al tempo dei Giochi Invernali del 2006, anche per riscattare una storica fama di cittadini "bougia nen", citata anche dallo stesso Sacco ma ad indicare una loro positiva saldezza, come le rocce circostanti! - sia per recentemente mutata vocazione industriale, sia per crescente interesse terziario, con attività commerciali e servizi, oltre che di rinnovamento produttivo - abbisogni, da un lato, di più materiali per edilizia ed infrastrutture e, dall'altro, di importanti varianti urbanistiche, con molte demolizioni e voluminose risulite di macerie, oltre a produrre notevoli quantità di terre e rocce di scavo.

Proprio questo materiale, se opportunamente gestito ed eventualmente trattato, oltre a quello di "fresca" estrazione - almeno per il comparto degli "aggregati" - deve costituire una nuova risorsa litoide metropolitana, non sempre "alternativa" ma certamente "integrativa" di quella di cava (GARBARINO et al., 2009), rappresentando cioè potenziali "giacimenti di neoformazione", come è stato osservato da più parti - e tenendone perciò debito conto - anche in sede di pianificazione estrattiva provinciale³ (Fig. 3).

La possibilità di integrare le risorse minerarie di cava - segnatamente per il comparto degli aggregati - con materiali di riciclo da costruzioni e demolizioni (C&D) e risulite di scavi a scopo civile (TRS), è diventata concreta ed importante per tutta l'area metropolitana, in virtù non solo di profonde trasformazioni urbane - sia di Torino che dei Comuni attorno - ma anche di grandi opere infrastrutturali, in atto o di prossima realizzazione quali la metropolitana, l'alta velocità ferroviaria e gli

3 Pur in un quadro complessivo di sensibile riduzione degli inerti "freschi" di qualità, nella Provincia di Torino risultano (2010) estratti circa 2,5 Mmc di granulati litoidi, in prevalenza ghiaie e sabbie.

interventi per la tangenziale torinese nonché le circonvallazioni degli altri centri abitati.

Mentre si dimostra opportuna una analisi previsionale tempestiva della disponibilità straordinaria e dei fabbisogni specifici di tali materiali - in base a tipologia e collocazione dei cantieri delle opere in programma - in modo da organizzare preparazione e forniture di prodotti litoidi idonei per qualità e quantità, appare tuttavia necessaria anche una organizzazione capillare per la gestione ordinaria sul territorio metropolitano che riguardi gli interventi diffusi ed i piccoli lavori, con relativi vantaggi di risparmio di risorsa primaria e di tutele dell'ambiente.

Da un'indagine svolta dalla Provincia di Torino (2009) risultò trattata una quantità di c.d. rifiuti da C&D⁴ di almeno 750.000 t (corrispondenti a più del 40% del totale stimato per una popolazione di oltre 2,5 Mab.) operando in impianti autorizzati di specifica collocazione, anche presso cave in attività: fissi, di maggiore efficienza o mobili, per maggiore flessibilità; resta notevole comunque la incidenza dei costi di trasporto, di conferimento e di fornitura, per un materiale sempre di "recupero" e con assai basso valore unitario (Fig. 4).

Quanto ai prodotti "TRS", per i quali, dopo apprezzabili Linee Guida regionali, non si dispone ancora di una definitiva circolare ministeriale, il Comune di Torino, sulla base dei Piani di Gestione delle risulite presentati dalle imprese, ha indicato, per il 2010, in circa 450.000 mc i volumi prodotti⁵.

Tuttavia, nel caso di grandi opere - quale la citata metropolitana di Torino - degli smarini convenzionali (non trattati per facilitare lo scavo con frese) la maggior parte, essendo ottimo materiale alluvionale naturale, risulta data a cave della zona (Moncalieri, Rivalta, Grugliasco ecc.) nei relativi impianti.

In sintesi, dei quasi 3 Mmc di TRS recentemente previste, solo il 30% è ancor oggi destinato a scarica, mentre il 40% trova valorizzazione come aggregati ed il restante 30% viene utilizzato per rimodellazioni di altri siti.

Si tratta dunque, a tutti gli effetti, di una georisorsa alla quale lo sviluppo di area me-

4 Costituita soprattutto da materiali misti per oltre il 50%, da residui di asfaltature per circa il 15%, oltre a 30% di scavo.

5 Di cui parte (200.000) avviati come rifiuti codificati a scarica; una piccola parte (20.000) ex art.185 del DL 152/06, valorizzati come autoconsumo in sito; altra parte (90.000) destinata a produzione altrove di aggregati, ex art. 183; ed infine la restante parte (140.000) utilizzata per recuperi ambientali di altri siti, ai sensi dell'art.186 del decreto citato. In pratica quindi quasi il 45% dei volumi risultanti viene ancora messo a scarica e questo è uno spreco di risorsa, ancorché "secondaria", attribuibile spesso a complicazioni burocratiche e gestionali.



Figura 4 – Impianto fisso di trattamento rifiuti C&D in zona Torino Sud.

tropolitana – Torino e Comuni limitrofi – non può più rinunciare.

La Provincia di Torino ha saggiamente tenuto conto di essa, censendo sia gli impianti autorizzati a trattare i rifiuti da C&D, sia le cave di granulati che possono ben valorizzare le c.d. TRS.

3 GEORISORSE DELL'AREA METROPOLITANA CONSIDERATA

A questo punto, definire l'Area Metropolitana Torinese è compito divenuto difficile e "rischioso, in un clima di avviata "de provincializzazione" del territorio Regionale, o per meglio dire "riprovincializzazione" senza peraltro doversi riferire alla Provincia intera ma volendo sostanzialmente tener presente l'entità Comunale "allargata" di Torino (vedi Fig. 3).

Non mi pare infatti che si possa fare stretto riferimento a limiti morfologici specifici, a prescindere dall'area collinare di oltre Po, ad est della Città, definendola però opportunamente prima del Chivassese e del Chierese ed arrivando, attraversando Banna e Stellone a Sud, non oltre Carmagnola; quindi risalendo verso Nord-Ovest, nella pianura del Po e dei suoi affluenti di sinistra idrografica (Lemina, Chisola, Sangone), sino a Piossasco e Avigliana, con l'attraversamento della Dora Riparia allo sbocco della Valle di Susa e quindi proseguendo verso Nord-Est (lasciando a monte il rilievo del Musinè) in direzione di Lanzo, oltre lo Stura e sino a Castellamonte, per poi scendere, in direzione Est-Sud Est, su Caluso e Torrazza così da ricomprendere anche la parte meridionale del Canavese, nelle piane del T.Bendola, dell'Orco e del Malone, con i centri, fra gli altri, di Rivarolo, Feletto, Ciriè, S. Maurizio, S.Benigno,Caselle, Volpiano ed infine Chivasso.

È così chiaro che non si tratta, soprattutto per le regioni pianeggianti, di una vera delimitazione fisica o politica, ma solo di una sfumata e virtuale "circonduzione" geografica sulla carta, per comodità descrittiva nei confronti del centro metropolitano, volendo poi esaminare, sinteticamente, situazioni giacimentologiche, tipologie estrattive ed interessi di mercato delle risorse minerarie "autoctone".

Fermo restando tuttavia il fatto storico che la progressiva disponibilità di adeguate infrastrutture viarie, soprattutto ferroviarie, per un trasporto più economico, hanno viepiù condizionato le forniture di materie prime minerali alla Città, con le sue crescenti necessità di costruire, di trasformare e di produrre lavoro e benessere.

Questo contributo "minerario" sarà quindi non certo esaustivo e tanto meno di taglio "prospettivo", ma una memoria del presente con delle testimonianze del passato e qualche raccomandazione per il futuro, sul tema delle georisorse del territorio, che oggi spesso indichiamo genericamente come Torinese, ma per il quale le nuove, annunciate Amministrazioni - a qualsiasi titolo di "governance" e con ogni "colore" politico elettivo - dovranno darsi da fare, col miglior successo di tutti, nei prossimi anni.

Volendo quindi rimanere entro i limiti toponomastici prima indicati, semplicemente assunti come riferimento localizzativo per rappresentare una entità territoriale metropolitana di caratteristiche certamente più complesse, è possibile richiamare talune attività minerarie, storiche ed attuali, svolte in condizioni strettamente dipendenti dalle rispettive situazioni giacimentologiche e comunque legate alle particolari dinamiche, estrattive e di mercato, delle diverse materie prime.

3.1 MATERIALI LITOIDI PER "AGGREGATI NATURALI"

È opportuno distinguerli secondo la loro natura ed origine, quale pietrisco monogenico, da comminazione di rocce coerenti "preterziarie", prodotte in tradizionali cave di monte, oppure ghiaie e sabbie poligeniche sciolte, estratte in cave di formazioni "quaternarie", soprattutto di pianura (PERETTI, 1974).

Le condizioni delle pianure attorno a Torino risultano, nel complesso, tali da soddisfare quasi sempre i requisiti litoapplicativi richiesti, per calcestruzzi e bitumati; le rocce primarie dei rilievi prealpini non distanti dalla città presentano, da parte loro, ottime caratteristiche di resistenza e sono altresì disponibili in quantità di interesse industriale. Non

di rado risultano disponibili anche consistenti depositi detritici di falda rocciosa, convenientemente utilizzabili.

È dunque abbastanza comprensibile, geograficamente, la distribuzione dei centri di produzione di tali materiali, conseguente a scelte di impresa e di sviluppo civile; le prime direttamente collegate ai trasporti, le seconde legate alle opportunità delle costruzioni.

L'evoluzione dei prelievi ha rappresentato quindi una risposta logica ma non sempre razionale - dal punto di vista della pianificazione, come oggi viene intesa - ai consumi o più semplicemente alle richieste del mercato, senza limitazioni o contingentamenti ai fabbisogni locali, in parte coperti, come da sempre è avvenuto, anche da risulite litoidi di scavi occasionali, a fini civili, purché di natura petrografica idonea.

Nella Provincia di Torino, contrariamente ad es. a quella di Cuneo, si sono rese così disponibili in passato, per la produzione di granulati, formazioni rocciose in prevalenza serpentinitiche, piuttosto che calcareo-dolomitiche; relativamente subordinata è stata, fino ad un certo punto, la coltivazione di materiali sciolti alluvionali, non troppo alterati e di facile reperibilità: le estrazioni dagli alvei - un tempo consentita, date le quantità limitate, o presunte tali - rappresentò, per generazioni di cavatori, una redditizia attività che permise anche una certa selettività, non solo granulometrica ma anche petrologica, a seconda dei bacini di alimentazione dei corsi d'acqua e dei siti deposizionali delle correnti (Fig. 5).

Non di rado poi gli scavi fungevano da "trappole" per il materiale solido trasportato e periodicamente rifornito dalle ricorrenti alluvioni. Il prelievo presso alvei torrentizi pare sia anche avvenuto, in qualche caso, col favore del rigido clima invernale, sotto- scavando allora le formazioni superficiali, indurite dal gelo e quindi rese "pseudo-autoportanti", così da poter estrarre ad es. gli orizzonti sabbiosi sottostanti. Il successivo franamento del "tetto", all'atto del disgelo, comportava poi una certa subsidenza del piano campagna, spesso appianata, almeno in parte, dall'apporto solido dello stesso corso d'acqua...

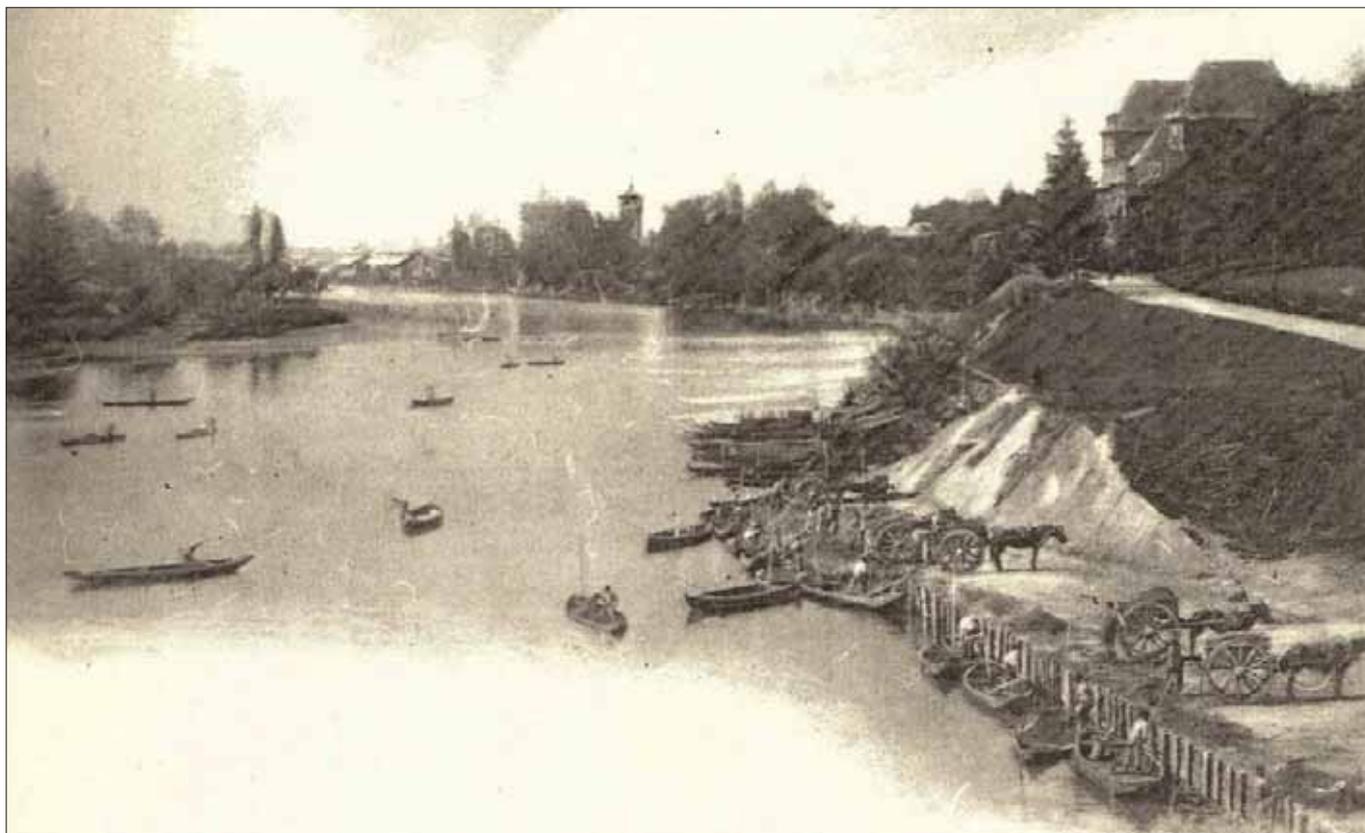


Figura 5 – I pionieri delle cave di inerti, sul Po al Valentino!

Ma forse si tratta di una “leggenda metropolitana”, sarebbe il caso di dire! (o piuttosto riferibile ad estemporanee sottotecchie, a letto di conglomerati) Si sa che quando mancano i cavalli trotano gli asini: la carenza locale di materiali litoidi di buone caratteristiche litoapplicative, in area collinare torinese, ha sempre determinato l’uso alternativo di certi litotipi presenti occasionalmente nelle complesse formazioni del BTP costituente. Ne sono stati esempi i prelievi di ciotoli o conglomerati, a Bric Porassa, dietro Gassino, od a Bric Paluc, a Baldissero, con ricche frazioni peridotitiche, oltre che di provvidenziali “sacche” di sabbie e ghiaie, depositate in prossimità di corsi d’acqua. Raramente tuttavia i conglomerati si sono dimostrati qualitativamente e quantitativamente idonei per la produzione di blocchi d’opera di un certo interesse per le imprese costruttrici locali, venendo invece comminati e rappresentando comunque per esse un’opportunità, caso per caso, alla stregua dei massi erratici - granitoidi e serpentinitici, in particolare - rinvenuti e prontamente fatti sparire alle quote più basse del rilievo.

Anche la cernita in alveo asciutto di ciotolame tondo, abbastanza calibro, rispettivamente di colore chiaro - ad es. rocce acide o carbonatiche della Valle di Susa - oppure scuro - ad es. rocce ultrabasiche della Valle di Lanzo - aveva l’importante finalità di reperire elegante quanto economico materiale per una durevole pavimentazione (ed anche creativa per gli effetti compositivi in opera) adatta per cortili, viottoli, piazzette ecc. sia di città che di paese.”

Esempi al riguardo si vedono a Palazzo Reale e Carignano, nelle vie restaurate con le corsie di pietra per i carri, in certi rioni o borgate, nei sagrati e sulle scalinate collinari ecc.

Nel dopoguerra, le necessità della ricostruzione di molti edifici abitativi danneggiati e del rinnovamento industriale, con la creazione di grandi infrastrutture, spinse la produzione di c.d. inerti ben oltre le possibilità di rinascimento fluviale, mentre alle cave storiche di monte più vicine, poste strategicamente agli sbocchi vallivi principali di Sangone, Dora R., Stura ecc., pur lavorando al massimo della produttività -per pietrischi, aggregati, massicciate e scogliere ecc. a Piossasco, Trana, S. Ambrogio, Caprie e Condove ecc. oltre alla citata miniera di Balangero, produttrice di molto sterile roccioso- si affiancarono nuove cave di pianura, poste in aree perifluviali, che approfondirono via via le coltivazioni di misto naturale, anche sotto falda, deprimendola a tempo o con tecniche di “dragaggio”.

In particolare, nel tratto del Po a sud di Torino, la potenza dei depositi alluvionali -in parte addirittura di apporto del Tanaro, un tempo confluyente- e la loro buona qualità, soprattutto delle sabbie, indussero le imprese familiari operanti in alveo a rilocalizzarsi fuori del corso d’acqua “attivo” magari occupando vecchi meandri abbandonati, ma con materiali freschi superficiali, e senza pregiate colture agricole affermate, ad es, in aree di pioppeto od a gerbido, un tempo disponibili a minor prezzo (Fig. 6).

Si verificò dunque un fenomeno di progressiva occupazione della fascia (a “mac-

chia di leopardo”, come fu stigmatizzato nei decenni successivi) che divenne tosto un complesso problema territoriale ed ambientale, però mitigato nel tempo con una pragmatica “pianificazione”, anche estrattiva; e fu in effetti l’unica portata a conclusione negli anni ‘90, grazie alla collaborazione fattiva sia degli uffici competenti delle diverse, pubbliche amministrazioni coinvolte, sia della varie aziende operanti, sotto un’egida “ambientale” (quasi di Parco) fornita dal costituito “Sistema delle Aree Protette” della Fascia del Po e con l’assenso dovuto dell’Autorità di Bacino.

Attualmente, a parte la crisi del settore edilizio e non solo, l’attività di cava, altamente qualificata, risulta coordinata e compatibile, secondo le regole operative di buona tecnica e gli standard ambientali, imposti anche dalle normative comunitarie, in base ai risultati acquisiti da ricerche scientifiche condotte su convenzione fra le Università e le Amministrazioni competenti.

D’altra parte, già nel secolo scorso, lo sviluppo del “cemento armato”(p.d. del calcestruzzo) aveva indicato, per la scelta degli aggregati, la preferenza dei materiali “psefitici” alluvionali, più direttamente disponibili rispetto ai “clastici” da comminazione meccanica (esplosivo e frantoio), con necessità di impianti assai impegnativi e con impatti ambientali complessivamente maggiori, per polveri, rumori, paesaggio ecc. , oltre i solitamente maggiori oneri di trasporto e di ricomposizione con recupero naturalistico del sito.

L'aver potuto salvaguardare i corsi d'acqua limitrofi, prevedere il riutilizzo territoriale dei laghi residui, opportunamente progettati e realizzati, resi fruibili ed integrati in un sistema di parco fluviale attrezzato, ha costituito un importante risultato anche per l'industria estrattiva e delle costruzioni, garantendo comunque regolari forniture, con utilizzo integrale delle risorse litoidi e miglioramento progressivo della qualità dei prodotti, nel rispetto dell'ambiente fluviale, in parte tornato con aree boscate planiziali, oggetto di frequenti e compiaciute visite di associazioni naturalistiche anche dallo estero, oltre che della vicina metropoli (OSTELLINO, 2003).

3.2 MATERIALI ARGILLOSI CERAMICI

La gran parte di essi riguarda l'utilizzo "cotto" per l'industria dei laterizi (mattoni, tegole, elementi per strutture verticali ed orizzontali, rivestimenti e pavimentazioni ecc.) e per la produzione, di maggior pregio, di piastrelle e ceramiche; ma anche per ottenere "argille espansive" e, come materiale "crudo", per impermeabilizzazioni naturali di bacini idrici o di discariche urbane, talvolta con comportamento "attivo" delle componenti "smettiche". Anche se la prefabbricazione edilizia è assai cresciuta nel nostro Paese, tradizionalmente legato al "mattoncino", quest'ultimo si è alquanto evoluto, con pretese anche estetiche, pur mantenendo funzioni strutturali, di facciata "a vista".

I consumi energetici per la cottura in fornace, pur ridotti rinnovando gli impianti, come è avvenuto negli anni '80 in tutto il Piemonte, non hanno compensato il cresciuto costo dei combustibili, metano in primis, essendo oggi improponibile il ricorso ad olii pesanti ed altri c.d. "economici" ma inquinanti, dati i limiti attuali imposti alle emissioni nell'ambiente (Fig. 7).

Si sono così ridotte le unità produttive, che attingono comunque a cave di materiali diversi, onde operare miscele atte a regolare la plasticità e garantire la qualità del prodotto lateritico: ritiro controllato, buona resistenza, bassa porosità, non gelività, relativa impermeabilità per coperture, colorazione gradevole ecc., partendo perciò da argille prive di solfati, carbonati e di sostanze organiche spesso presenti.

Come per tutte le materie prime minerarie, soprattutto per le "terrigene" argille, il loro significato economico non risiede tanto nel valore di tout venant commerciale, bensì nel ruolo che esse hanno nelle industrie che le utilizzano, dai mattoni alle piastrelle di gres o clinker... di progressivo valore aggiunto.

L'ubicazione delle cave è evidentemente correlabile con i diversi ambienti geologici deposizionali e, per quel che riguarda la nostra Regione, si può fare generico riferimento

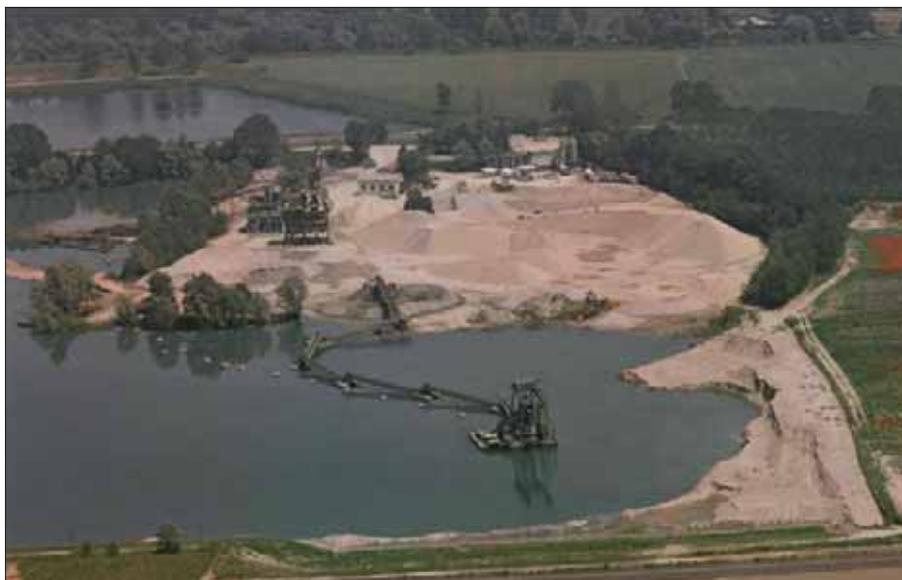


Figura 6 – Cava a fossa, sotto falda, nella Fascia Fluviale del Po e relativi impianti.

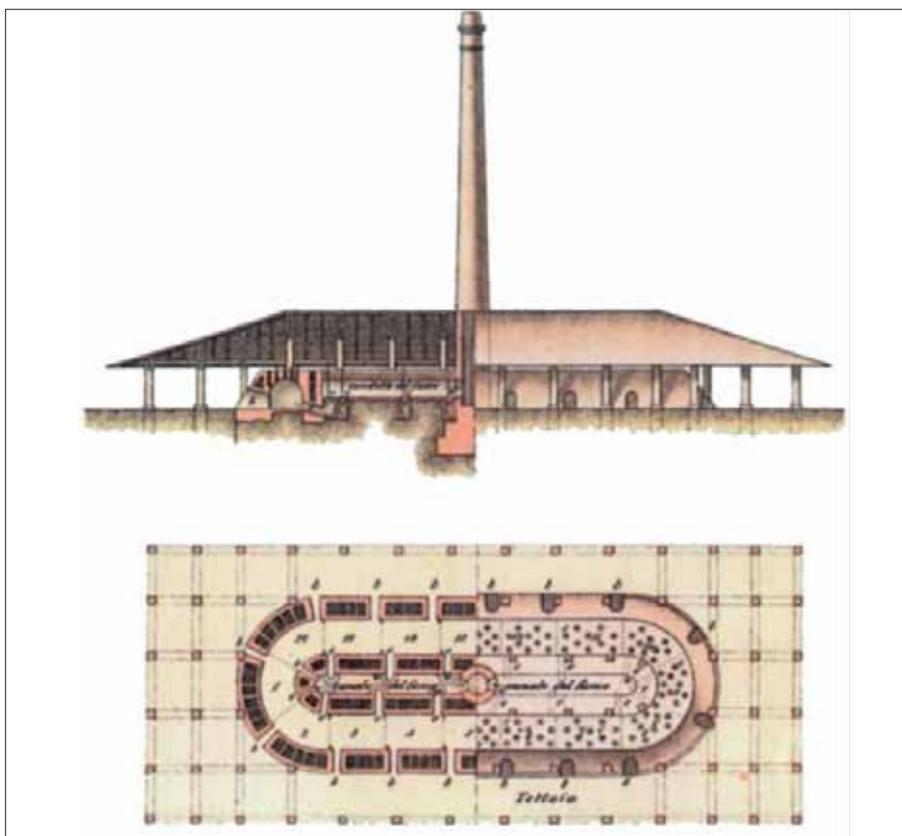


Figura 7 – Fornace a fiamma continua "Hoffman" per la cottura delle argille.

a tre fasce concentriche. La più esterna è costituita dall'arco alpino occidentale, in cui prevalgono le rocce metamorfiche preterziarie (BOTTINO et al., 1988); la fascia intermedia è rappresentata dalla distesa di terreni sedimentari quaternari della pianura padana, formata da depositi ghiaio-sabbiosi e limo-argillosi; la terza fascia, indicata come Bacino Terziario Piemontese (BTP), è formata da un insieme di litologie ben più recenti di quelle alpine, essendo rappresentata da depositi terziari che ricoprono formazioni più antiche non affioranti. Si tratta di una potente serie sedimentaria che si sovrappone in pratica dall'eo-oligocene al pliocene, con massimo

sviluppo dei terreni miocenici presenti (DONDI, 2011).

L'approvvigionamento dell'argilla, di per sé assai diffuso in passato su gran parte del territorio piemontese, si è andato assai restringendo geograficamente, in poli estrattivi spesso fornitori di materiale crudo a fornaci poste anche ad una certa distanza ma strategiche per la produzione commerciale dei laterizi, costituendo altresì spesso, il prodotto finito, il carico di ritorno degli stessi autotreni. Ciò avviene ad es. da anni per le ottime argille grigio-azzurre marine, fra la Provincia di Alessandria e quelle, fuori Regione, di Pavia e Piacenza...



Figura 8 – Gallerie difensive sovrapposte “di mina e contromina” (illustrate nel Museo P. Micca a Torino).

Nella Provincia di Torino le cave risultano oggi concentrate soprattutto nelle pianure quaternarie olo-pleistoceniche, rispettivamente nei depositi alluvionali recenti e nei sedimenti fluvio-glaciali, talora associati a più antichi sedimenti fluviali pliocenici.

Per quanto concerne l'area metropolitana torinese, attualmente ci si deve limitare a considerare, per la produzione industriale dei laterizi, la fascia di pianura – in destra del Po con gli affluenti T. Banna e Rio Stellone – che si apre, non a caso, dopo il nodo di Trofarello, fra la linea ferroviaria per Cuneo e Savona e quella per Asti e Genova (vedi Fig. 3).

Sono ivi presenti, su un'area di poche centinaia di kmq, depositi fluviali pedogenizzati pleistocenici, costituiti da sedimenti a granulometria fine, con alternanze di livelli siltosi ma soprattutto argillosi. Non contengono indesiderate sostanze carbonatiche, mentre è presente, fra le componenti, la smectite, apprezzata argilla con capacità di “scambio” per un impiego “attivo” nelle discariche RSU e non solo.

Un minimo cenno, data la relativa prossimità di Torino, è tuttavia dovuto alle estrazioni di argilla pregiata a Castellamonte, oggetto di secolare utilizzo per una rinomata produzione manifatturiera ceramica, di artigianato locale: stufe e tuberie, vasi e pentole, piatti e piastrelle artistiche, oggi ridotta ai minimi termini ma non del tutto spenta (FORNO & FERRANDO, 2008).

Si tratta tuttavia, segnatamente per la citata zona pedemontana, di un giacimento potenzialmente ancora sfruttabile, in virtù sia della buona qualità dell'argilla – ricca di quarzo associato – dando prodotti di cottura compatti (es. gres) ma soprattutto con caratteristiche anche refrattarie, utili – non a caso – per la produzione di pezzi ceramici resistenti al calore. Negli ultimi 30 anni risultano invece cessate molte piccole attività poste agli sbocchi della Valle di Susa ed altre del Canavese, divenute poco economiche.

Permangono alcune cave per laterizi aperte nella ampia pianura alluvionale a nord di Torino, comprendente le conoidi dell'Orco e del Malone, coltivando estensivamente potenze utili di pochi metri, con operazioni sistematiche di scavo ed immediato ripristino agricolo dei terreni (Fogliizzo, S. Giusto, Montanaro

ecc. sino a Torrazza, ove si estrae anche un misto granulare alluvionale compresente). Le argille estratte, pleistoceniche, danno in cottura tipici colori rosso-bruno oppure giallo chiaro, dipendendo ciò dal contenuto di ossidi metallici, in relazione alle litostratigrafie locali. Pur risultando ottime argille limose per la produzione di laterizi, i suddetti giacimenti non offrono più riserve adeguate per assicurare un'attività produttiva industriale moderna senza altri apporti onerosi⁶.

Non risultano invece più attive estrazioni di argilla nei depositi morenici di Rivoli ed Avigliana, ad es. Giaveno, al pari di quanto avvenuto nell'anfiteatro di Ivrea.

Storici prelievi di argille marnose (tortoniane) del BTP, presenti nelle falde collinari torinesi, in destra Po a nord del capoluogo, e localizzate all'altezza di Castiglione T.se, risultano documentati negli archivi di diversi Comuni limitrofi, sino agli anni '60, con fornaci continue Hoffman, funzionanti a carbone, per la produzione di mattoni pieni e forame alleggerito (ma non di tegole, essendo il cotto troppo poroso); dai giacimenti, di limitata potenza utile metrica e sotto una certa copertura sterile, si producevano più di 100 mc/g; ben poca cosa rispetto ai 200 mila pezzi prodotti nella zona di Torrazza P.te, ma comunque non trascurabile per l'economia del luogo, se c'è stato davvero, come riferito da un anziano impresario del posto, un interesse finanziario, con altri soci facoltosi ma molto meno famosi, da parte della “divina” Maria Callas!

Incidentalmente, anche per ricollegarci, di tanto in tanto, alle lunghe premesse che il tema “Georisorse” ha richiesto, può essere interessante ricordare che, oltre due secoli fa, in occasione del celebrato assedio del 1706, coi Francesi alle porte di Torino, fu necessario in tutta fretta (AA.VV., 2007) – aspettando le truppe alleate austriache del Principe Eugenio di Savoia – costruire lunghe gallerie di “mina” e di “contromina”, a debole profondità nelle alluvioni su

cui è edificata la città, ed interamente rivestite in mattoni, come è possibile vedere nel bellissimo Museo cittadino di Pietro Micca (Fig. 8).

Si trattava di milioni di pezzi, (che richiedevano, migliaia di mc di argilla) da cuocere in pochi giorni ed unire con la calce in opera, oltre a quelli necessari anche per i muri di sostegno delle bastionature, ed a parte i dovuti rinforzi strutturali alla stessa cittadella bombardata...

Risulta dagli archivi storici che tali forniture – rese difficili in quei mesi “preparatori” dagli sbarramenti nemici, soprattutto verso la pianura – avvenissero per via fluviale, anche da Moncalieri, prima che questa fortezza cadesse in mano francese. Persino demolizioni “mirate” ebbero luogo per recuperare macerie e laterizi di “emergenza” e vennero pure riutilizzate le terre e rocce da scavo, prodotte dai lavori sotterranei, senza aspettare decreti ministeriali...

Fu comunque fatto un “bel travaj”, come si usava dire, e tutti noi dobbiamo essere riconoscenti sia ai minatori che ai difensori in armi (che poi, verosimilmente, erano gli stessi uomini impegnati).

Venendo a tempi più recenti, l'ultimo dopoguerra e l'arrivo di molti nuovi abitanti, imposero la creazione di altre periferie, in qualche caso occasione anche di realizzare quartieri progettati secondo innovativi criteri urbanistici ma con intensivo uso “autarchico” del mattone nonché dell'abbondante mano d'opera, appena immigrata da altre regioni: fu così creata la Falchera (SUDANO, 1989).

3.3 ALTRI MINERALI USATI NELL'INDUSTRIA DELLE COSTRUZIONI

L'attuale assenza, in Provincia di Torino, di cave di minerali di specifico uso “industriale” – a parte le argille di cui s'è detto, le occasionali lenti di quarzo siderurgico, nonché le impure sabbie silicee del BTP – riguarda in particolare i c.d. “leganti” e le loro materie prime per calci, cementi e gessi.

Per ciò che concerne le sostanze solfatiche di calcio (seleniti ed anidriti), il vicino Monferrato messiniano delle colline d'Asti – ad es. Moncucco “T.se” – ha da sempre fornito ottimo gesso, sia da legante aereo che da scagliola, sia come regolatore di presa del cemento che

⁶ Nel complesso furono autorizzati – per il 2010 – produzioni di argilla, nelle cave operanti in Provincia di Torino, pari a circa 33.000 mc di materiale in posto.

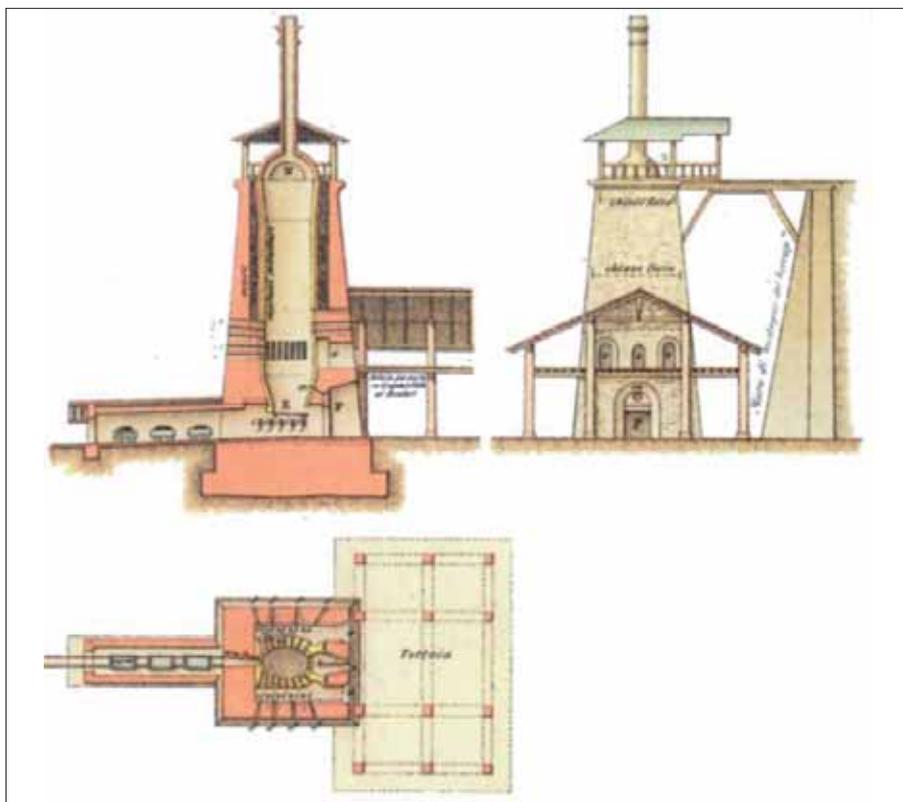


Figura 9 – Forno verticale “a tino” per la produzione della calce.

da ammendante del terreno. Altri gessi, triasici, risultano presenti in area prealpina (Ulzio ecc., in V. Susa) ma non sono più coltivati da decenni, pur rimanendo visibili le teleferiche lignee ed altri resti di archeologia mineraria.

Quanto al cemento, l'industria specifica ebbe la sua epopea nel Casalese, - fornendo sino agli anni '60 gran parte del legante idraulico necessario per lo sviluppo, in particolare, delle moderne costruzioni in calcestruzzo del Torinese - grazie alle difficili coltivazioni minerarie sotterranee delle marne eoceniche e di cui qualche Associazione culturale locale rende ancora, per fortuna, storica testimonianza (es. OperO, ad Ozzano Monferrato) (BONETTO; 2011).

Solo per la calce, di uso oggi sempre più diffuso in tanti settori industriali, chimici, metallurgici, alimentari ed anche ambientali, ma un tempo utilizzata soprattutto come legante, sia aereo che idraulico, per tutte le costruzioni, è ancora possibile trovare tracce sparse nel nostro territorio, grazie ai caratteristici forni verticali “a tino” quali apprezzabili relitti di archeologia industriale, oggi valorizzati, dai proprietari, in varia maniera.

In particolare, nelle Valli di Susa e del Canavese - venendo talvolta, da ultimo, alimentati con t.v. di minerali calcarei prodotti altrove - il gran fabbisogno di calce è stato coperto anche da questi insediamenti (Fig. 9).

Significativo al riguardo, per ciò che concerne l'area metropolitana torinese ed a prescindere dalle sempre più comode disponibilità di importazione, ad es. per ferrovia dal polo casalese, può essere considerata la produzione artigianale di calce anche dalle

formazioni terziarie della Collina; in esse, a parte il noto calcare “*pera da caossina*” di Castiglione T.se, la presenza occasionale di ciottoli carbonatici e di relitti eocenici più antichi, ne ha consentito, sino agli anni '50, una coltivazione iperselettiva - anche dai gretti torrentizi- per la loro calcinazione nei “tini”, collocati sulla strada in direzione del capoluogo, soprattutto operando familiarmente coi prelievi attorno a Gassino, Bardassano, Cordova, S. Martino e Rivodora, dietro S. Mauro. La presenza di componenti argillose nelle marne mio-plioceniche associate permetteva infatti l'ottenimento di calci “forti” con una certa, apprezzabile idraulicità (nota sin dal '600 e) denominate, non a caso, “di Superga”.

L'uso poi delle calci ordinarie per intonaci - come avvenuto ovunque nei secoli - ha conferito agli edifici, anche rurali, salubrità in condizioni igieniche ottimali, consentendo azioni profilattiche nei confronti di ripetute epidemie, spesso manifestatesi presso le inerme popolazioni.

Infine, l'indispensabile applicazione della calce nelle malte di collegamento fra gli elementi di laterizio, con frequente disposizione in corsi alternati alla pietra a vista, ne ha reso ovunque importante la sua disponibilità in opera, compresi edifici pubblici ed industriali, architettonicamente apprezzabili, a tutt'oggi, nel contesto urbano non solo di Torino ma anche di tanti Comuni storici della cintura, a cominciare dalla Reggia di Venaria, dai Castelli di Rivoli e Moncalieri ecc. ai centri di S. Mauro, Chieri, Santena, Carignano, Stupinigi, Avigliana, Alpignano, Pianezza, Collegno, Druento-La Mandria, ed in altre località

del Canavese: Ciriè, S. Maurizio, Volpiano ecc. sino a Rivarolo, Agliè e Castellamonte, e scendendo poi sino a Chivasso: palazzi e ville, chiese ed abbazie, recetti e borghi ecc. nei quali il cotto “a vista” caratterizza ed abbellisce, col suo colore e “calore”, strutture altrimenti “pesanti” ed anonime (Fig. 10).

Ci sarebbe solo l'imbarazzo della scelta nel volere citare gli esempi più noti e d'autore: due fra tutti, la nostra ex sede di Geologia, a Palazzo Carignano, del Guarini, ora ospitante il Museo del Risorgimento; nonché l'ospedale S. Giovanni, Antica Sede, realizzata dal Castellamonte tra le vie Cavour e Giolitti, un tempo ospitante l'Istituto di Mineralogia e Petrologia ed oggi sede del Museo di Scienze Naturali.

Come “curiosità” vale poi forse la pena ricordare, al Valentino, ciò che resta della grande Esposizione di Torino del 1894, segnatamente il modello di “Borgo Medioevale”, con tanto di maniero (in scala 1:1) e ricostruite pertinenze di arti e mestieri storici, per la cui edificazione i mattoni furono fatti arrivare, ancora per via d'acqua, dalle fornaci esistenti a nord e sud di Torino, alimentate con le argille ivi disponibili. Nulla saprei dire, invece, delle superstiti e curatissime Porte Palatine romane di Augusta Taurinorum ...

4 ESAME CONCLUSIVO

A questo punto, essendo venuti a parlare di bellezze “edificate” appare necessario completare la disamina sui geomateriali impiegati prendendo in considerazione i pochi materiali lapidei “autoctoni” dell'area metropolitana. Sono stati esclusi a priori, come s'è detto, litotipi interessanti ma comunque piuttosto subordinati nel loro uso urbano torinese (e pure fuori dell'area “stretta” considerata) quali la Pietra da Cantoni miocenica, fine arenaria grigia, assai usata a Casale e dintorni, coltivata anche “in galleria” con tecnologie manuali piuttosto arcaiche e limitati mezzi di movimentazione; ma neanche si vuole qui arrivare alle propaggini alpine, con le ottime dioriti di Vico in Val Chiusella e le belle sieniti della Valle del Cervo - sempre più in uso nell'arredo urbano torinese- ed alla medio-alta Val Susa, che offriva un tempo marmi bianchi (Chianocco e Foresto) ed officalciti verdi (Cesana e dintorni) - oggi non più coltivate, data la concorrenza “globale” - oltre ad un'ampia gamma di gneiss nelle cave di Meana, Borgone, Vaie ecc. (FIORA & GAMBELLI, 2004), prima che il Pinerolese, con altre pietre congeneri, come la Luserna, portasse con più abbondanza e facilità pregiati litotipi concorrenti a Torino, grazie alla ferrovia di Rora e Torre Pellice del secolo scorso (FORNARO & SANDRONE, 1991).

Da segnalare, a tal proposito, che per gli eleganti ponti in pietra della nostra città, come quello davanti alla Gran Madre, si adoperò pure



Figura 10 – Palazzo Carignano, fregi in laterizio stampato e portale in Pietra di Gassino.



Figura 11 – Basilica di Superga, con trabeazione e colonnato del pronao in Pietra di Gassino.

lo gneiss di Cumiana, mentre per Ponte Isabella fu usato lo gneiss di Villarfochiardo ed infine, per quello sulla Dora, l'ardito costruttore Mosca fece ricorso sia alle pietre di Malanaggio che di Cumiana stessa (JERVIS, 1873).

Deve invece, per motivi storici e di importanza in opera, essere qui primariamente ricordata la Pietra di Gassino, coeva del Macigno Toscano (Eocene), estratta da lenti calcaree inglobate in marne, per la produzione di una pietra (commercialmente detta "marmo" perché in parte lucidabile) piuttosto chiara e paglierina, con inclusi fossili di nullipare / foraminiferi, che ne minarono nel tempo la regolarità superficiale, venendo infatti scalzati per azione del gelo ecc. Inoltre le non rare frazioni marnose presenti si alteravano anch'esse, così che la lucidatura risultava effimera, ma soprattutto diventavano necessari pazienti rappezzi in opera, tuttora visibili. L'estrazione della Pietra andò comunque avanti dal '700 all' '800, venendo segnalate attività di cava in Reg. S. Rocco di Gassino ed in Loc. Bussolino, e giungendo stancamente sino al '900, poi progressivamente soppiantata da altri litotipi, consimili ma più sani e commerciali.

I luoghi delle coltivazioni, a giorno prevalentemente - a mezza costa ma anche in sottotecchia - non sono quasi più riconoscibili, anche perché gli sfridi di estrazione - di materiale calcareo debolmente marnoso - erano sistematicamente utilizzati per la produzione di calce, a riprova che l'uso integrale della risorsa non è affatto una nostra idea ma buon senso antico, con evidente vantaggio per l'ambiente e l'economia del territorio (Fig. 11).

È quindi da segnalare, oltre all'applicazione estesa della Pietra di Gassino nella costruzione di cornicioni, portico e relative colonne della Basilica di Superga, eretta su progetto di Juvarra in adempimento del voto del Duca Vittorio Amedeo II, fatto personalmente da lui, futuro Re di Savoia - impaziente sulla cima del colle, mentre scrutava dall'alto l'arrivo del cugino, il Principe Eugenio, alla testa dell'esercito austriaco, da lui chiamato, per liberare Torino dall'assedio dei Francesi e

salvare così il Regno savoiardo - la diffusa utilizzazione del litotipo, nella città capitale, per ornamento, interno ed esterno, di edifici civici importanti, quali, tanto per ripeterci, il portale di Palazzo Carignano e quello del Museo delle Scienze, oltre agli scaloni reali ed ai preziosi colonnati, presenti diffusamente in città, a cominciare dai relativi basamenti di Piazza S. Carlo, il "salotto" di Torino, e dalle arcate del Palazzo di Città stesso nonché dal porticato a due livelli del cortile dell'Università, oltre a stipiti, lesene, balaustre di innumerevoli luoghi di culto e rappresentanza.

Se è vero che Rodolico, nella sua illustre opera sulle Pietre delle Città d'Italia (RODOLICO, 1953), considera i litotipi locali, una "carta di identità" urbana, Torino dovrebbe quindi avere come "foto segnaletica" la Pietra di Gassino, anche se la vocazione "cosmopolita" della città, ultimamente proclamata in diverse circostanze e con varie finalità, ci offre l'occasione per dire che i tanti materiali lapidei in opera nell'area metropolitana - delle più svariate origini e tipologie - rappresentano effettivamente e nell'insieme, tale caratteristica, pretesa e conclamata; e chissà che ogni "Genius Loci", corrispondente a ciascuna pietra, sentendosi in "missione", voglia contribuire a riunire sempre più nel tempo e non già a dividere, l'apporto civile di ogni Città e Paese, di provenienza anche dei rinnovati abitanti di Torino, Città Metropolitana del terzo millennio.

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. (2007): "Torino, 1707: l'alba di un regno". Ed. Il Punto, Torino.
 BONETTO S., (2011). *Le principali risorse estrattive del casalese: aspetti tecnici delle specifiche coltivazioni*. Atti del Convegno "Pietra da Cantoni e Marna da cemento tra passato e presente" 15 Ottobre 2011, Opera, Casale Monferrato (AI).
 BOTTINO G.; GRASSI G.; STAFFERI L. (1988). *Le argille del Bacino Terziario Piemontese - aspetti genetici e caratteristiche tecnologiche*. Boll. Ass. Min. Sub., Vol. 25, N.2-3, Torino.
 CATELLA M. (1969). *Piemonte marmifero. estratto da cronache economiche*, a cura della Camera di Commercio TO, Gen/Feb.

DINO G. A., FORNARO M., GARBARINO E. (2009). *Terre e rocce da scavo*, Recycling, A.13, Luglio.
 DONDI M. (2011). *Argille per laterizi in Italia: giacimenti e tendenze nel periodo 1960-2010*. In A. Giuliani (A Cura Di) "Rocce e minerali industriali". Casa Editrice Aracne, Roma.
 FIORA L., CARANDO M. (2006). *Pietre della città di Torino*. Cd-rom, Giorgio Zusi Editore, Verona.
 FIORA L., GAMBELLI E. 2002. *Pietre storiche della Valle Susa (Piemonte, Italia)*. Convegno archeometrico, Bressanone (Bz).
 FORNARO M., LOVERA E., SACERDOTE I. (2001). *La coltivazione ed il recupero delle cave*. 2 Voll. Ed. Politeko, Torino.
 FORNARO M., SANDRONE R. (1991). *Coltivazioni della pietra nelle Alpi Cozie*. Atti Convegno geingegneria attività estrattiva nelle nostre montagne. Ass. Min. Sub, Aprile, Torino.
 FORNO M. G., FERRANDO S. (2008). *Plio Quaternary Continental Deposits of the Castellamonte Area (Torino, Italy)*. Quat. Int., Elsevier.
 GARBARINO E., BLENGINI G. A., PIACENZA A. (2009). *Pianificazione dei rifiuti da C.&D nella provincia di Torino*. Recycling, A.13, Maggio.
 JERVIS W. P. (1873). *I tesori sotterranei dell'Italia*. 4 Voll., Ed. Insubria (Ristampa), 1979, Milano.
 MIÈ R., NATALE P. (1978). *Fenomeni di alterazione paleoclimatica nel Bacino ultrabassico di Lanzo*. Boll. Ams, Anno XV, N°1, Torino.
 OSTELLINO I., 2003. *Parchi Metropolitaniani - Nuove sfide per le aree protette*. In Piemonte Parchi, speciale della Conferenza Nazionale Aree Protette. Suppl. N. 120 Ottobre 2002.
 PERETTI L. (1974). *Pietrischi, ghiaie e sabbie*. Rel. Gen. I sessione al Conv. Internaz. sulla "Coltivazione di pietre e minerali litoidi". Ams, Torino.
 PERETTI L. (1981). *Problemi attuali dei bacini estrattivi*. Rel. Gen. Conv. Regionale sulla "Coltivazione di cave per inerti, attualità e prospettive". Boll. Ass. Min. Sub., Anno XVI, N°3-4, Ottobre, Torino.
 RODOLICO F. (1953). *Le pietre delle città d'Italia*. Ed. Lemonnier, Firenze.
 SACCO F. (1890). *Geologia applicata del bacino terziario e quaternario del Piemonte*. Boll. R. Com. Geol., N°3-4, Tipografia. Nazionale, Roma.
 SACCO F. (1898). *I materiali da costruzione delle colline di Torino-Casale e Valenza*. Tip. Gerbone, Torino.
 SACCO F. (1907). *Geologia applicata alla città di Torino*. Giorn. Geol. Prat. Anno V, Fasc.4, Tip. Guerriero, Perugia.
 SUDANO P.M. (1989). *A vista, non paramano. L'uso del mattone nella edilizia popolare del dopoguerra*. Atti e Rass. Tecn. S.I.A., Torino, N°2

La regolamentazione delle attività estrattive in provincia di Torino

1. L'EVOLUZIONE NORMATIVA

La normativa nazionale di riferimento per le attività estrattive è il R.D. 29 luglio 1927, n. 1443 "Norme di carattere legislativo per disciplinare la ricerca e la coltivazione nelle miniere del Regno", che regola la ricerca e la coltivazione di sostanze minerali e delle energie del sottosuolo all'art. 2, definisce le sostanze minerali di prima categoria (miniere) e quelle di seconda categoria (cave). La legge risulta molto puntuale e specifica su procedure, demanialità e concessioni in materia di miniere ma, in materia di cave, con un solo articolo, sconta un approccio legato alle logiche di mercato, di utilizzo del suolo, di antropizzazione proprie dell'epoca.

A seguito della nascita delle Regioni, con la legge 22 luglio 1975, n. 382 "Norme sull'ordinamento regionale e sulla organizzazione della pubblica amministrazione" e con il successivo D.P.R. 24 luglio 1977, n. 616 è stato attuato il trasferimento alle Regioni, tra l'altro, delle competenze in materia "cave e torbiere".

A livello regionale, la Regione Piemonte con la l.r. 22 novembre 1978, n.69 "Coltivazione di cave e torbiere" ha disciplinato tale attività soffermandosi in particolare sulle procedure autorizzative. La funzione di autorizzazione è stata delegata ai Comuni con alcune eccezioni che sono restate in capo alla Regione. I contenuti della norma sono stati esplicitati con due circolari del Presidente della Giunta Regionale e precisamente: la circolare P.G.R. 9 maggio 1979, n. 7/Comm. e la circolare P.G.R. 18 settembre 1995, n. 21/LAP.

Nel 1998, a seguito delle normative europee e nazionali in materia di valutazione di impatto ambientale, la Regione Piemonte, con la legge regionale 14 dicembre 1998, n. 40 "Disposizioni concernenti la compatibilità ambientale e le procedure di valutazione" ha definito un'articolata casistica di progetti di attività estrattive che devono essere sottoposti, a seconda dei casi, alla fase di Valutazione o alla fase di Verifica, ovvero i casi di esclusione automatica dalle procedure di VIA.

Tenuto conto delle modifiche e integrazioni alla normativa avvenute fino ad oggi, le procedure inerenti le fasi di VIA e di verifica sono le seguenti:

Fase di VERIFICA

Rientrano le cave con materiale estratto inferiore o uguale a 500.000 m³/anno e con superficie inferiore o uguale a 20 ettari.

La durata procedura è di 75 giorni dalla data di pubblicazione su albo pretorio (così come stabilito dalla D.G.R. 63/11032 del 16/03/2009).

L'esito del procedimento prevede l'esclusione o l'assoggettamento alla Valutazione di Impatto ambientale attraverso una determina dirigenziale.

Fase di VALUTAZIONE

- Rientrano: le cave di pianura con più di 500.000 m³/anno di materiale estratto o un'area interessata superiore a 20 ettari;
- le cave in falda;
- le cave localizzate in fasce fluviali A e B del PAI;
- le cave di pietre ornamentali appartenenti a Poli estrattivi (individuati ai sensi del D.P.A.E. regionale) per volumi superiori a 30.000 m³, nelle more della redazione e approvazione del relativo progetto di Polo;
- i Progetti di Polo;
- le cave di versante, con più di 350.000 m³ di materiale estratto o superficie interessata superiore a 5 ettari;
- le cave in sotterraneo;
- la ripresa di discariche minerarie.

La durata procedura è di 150 giorni dalla pubblicazione sul quotidiano, salvo richiesta di integrazioni; in questo caso la conclusione del procedimento avviene entro 90 giorni dalla consegna delle integrazioni. Il pubblico può fare osservazioni entro 60 giorni dalla pubblicazione.

La procedura prevede l'indizione di una Conferenza di Servizi, ex l.241/1990, preceduta da sedute istruttorie dell'Organo Tecnico, composto dai vari servizi interni alla Provincia e dall'ARPA.

Sono escluse dalla VIA:

- le cave a fossa con profondità inferiore ai 5 m e fino ad un metro dal livello di massima escursione della falda superficiale, non ricadenti in Fasce Fluviali A e B del PAI;
- i miglioramenti fondiari fino a 2m di profondità;
- le cave pietre ornamentali in polo fino a 10.000 m³ e durata 12 mesi.

La normativa sulle cave subisce un'ulteriore modifica procedimentale a seguito dell'entrata in vigore della legge regionale 26 aprile 2000, n. 44 "Disposizioni normative per l'attuazione del decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112 'Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle Regioni ed agli Enti locali, in attuazione del Capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59'* dove, al Titolo II, conferma ai Comuni la titolarità dell'autorizzazione ai sensi della l.r. 69/78, ma conferisce alle Province funzioni istruttorie e la predisposizione dei Piani di Settore delle Attività Estrattive, Polizia Mineraria, supporto alla vigilanza attuata dai Comuni.

Rimangono in capo alla Regione:

- le istanze per le cave di prestito finalizzate al reperimento di materiale per le opere pubbliche comprese in accordi Stato-Regioni (l.r. 30/1999)
- le autorizzazioni per cave ubicate in Aree Protette a gestione regionale (ad esempio le cave nel Parco del Po), aree contigue e zone naturali protette.

Infine, con l'entrata in vigore del D.P.R. 7 settembre 2010, n. 169 "Regolamento per la semplificazione ed il riordino della disciplina sullo Sportello Unico per le attività produttive, ai sensi dell'articolo 38, comma 3, del decreto-legge 25 giugno 2008, n. 112, convertito, con modificazioni, dalla legge 6 agosto 2008, n. 133", così come interpretato dalla circolare della Regione Piemonte n. 3 del 19/03/2012, le richieste nuove autorizzazioni, ampliamenti e rinnovi di cave che non siano mai state sottoposte alla fase di Valutazione di Impatto Ambientale, sono indirizzate allo Sportello Unico per le attività produttive competente per territorio che opererà seguendo uno schema procedurale che è in corso di redazione da parte della Regione Piemonte.

Riassumendo, stante una fase di caos procedurale come l'attuale, le procedure per l'autorizzazioni di progetti non sottoposti a VIA sono le seguenti:

I progetti di rinnovo o completamento, afferenti ad una procedura di Valutazione Impatto Ambientale già espletata, non passano attraverso il SUAP e sono soggetti alle procedure consolidate che di seguito si evidenziano:

Competenze: il rilascio dell'autorizzazione è in capo al Comune in cui è sita la cava (eccetto nei casi in cui la funzione è in capo alla Regione, ex art.31 l.r.44/00), che si avvale per l'istruttoria della Provincia competente (art.31 l.r. 44/2000) facendone richiesta alla stessa entro 15 giorni dal ricevimento dell'istanza.

La Provincia indice la Conferenza dei Servizi ai sensi dell' art. 32 della l.r. 44/2000 e della l.241/1990 a cui partecipano Comune, Regione, soggetti pubblici interessati (titolari di autorizzazioni ai vincoli), 3 esperti nominati dalla Provincia e proponente.

Nella prima seduta si analizza la documentazione ed eventualmente si richiedono integrazioni progettuali o chiarimenti.

Durata procedimento Provinciale: 90 giorni dal ricevimento progetto da parte della Provincia, salvo richiesta di integrazioni.

Esito: il verbale della Conferenza dei Servizi, l'allegato contenente le prescrizioni tecniche per la coltivazione e il recupero ambientale e tutti i pareri pervenuti vengono trasmessi al Comune che adotta il Provvedimento finale (entro 120 giorni dalla data di presentazione).

I progetti non sottoposti a VIA e riferiti a cave che durante la loro attività non sono mai state sottoposte a procedure di Valutazione di Impatto Ambientale sono autorizzati ai sensi del D.P.R. n. 160/2010 dal SUAP di riferimento del Comune in cui è sita la cava, secondo una procedura ad oggi in corso di definizione da parte della Regione Piemonte.

In ogni caso, nel momento del rilascio dell'autorizzazione, il richiedente deve sottoscrivere una polizza fidejussoria a favore del Comune, al fine di garantire il recupero ambientale dell'area. L'importo della Polizza è calcolato dalla Provincia sulla base di un prezzario regionale. Gli esercenti delle cave sono tenuti, inoltre, a versare un diritto di escavazione in parte alla Regione e in parte al Comune, secondo le tariffe stabilite dalla Regione stessa, computato l'importo in base alle volumetrie estratte annualmente.

Ricordo che attualmente in Provincia di Torino vi sono 79 cave attive di competenza provinciale e 12 cave attive di competenza regionale.

Suddividendo le cave per tipologia vi sono 30 cave di pietre ornamentali, 42 cave di materiale alluvionale per aggregati e 7 cave di argilla.

2. CONTENUTI PROGETTUALI

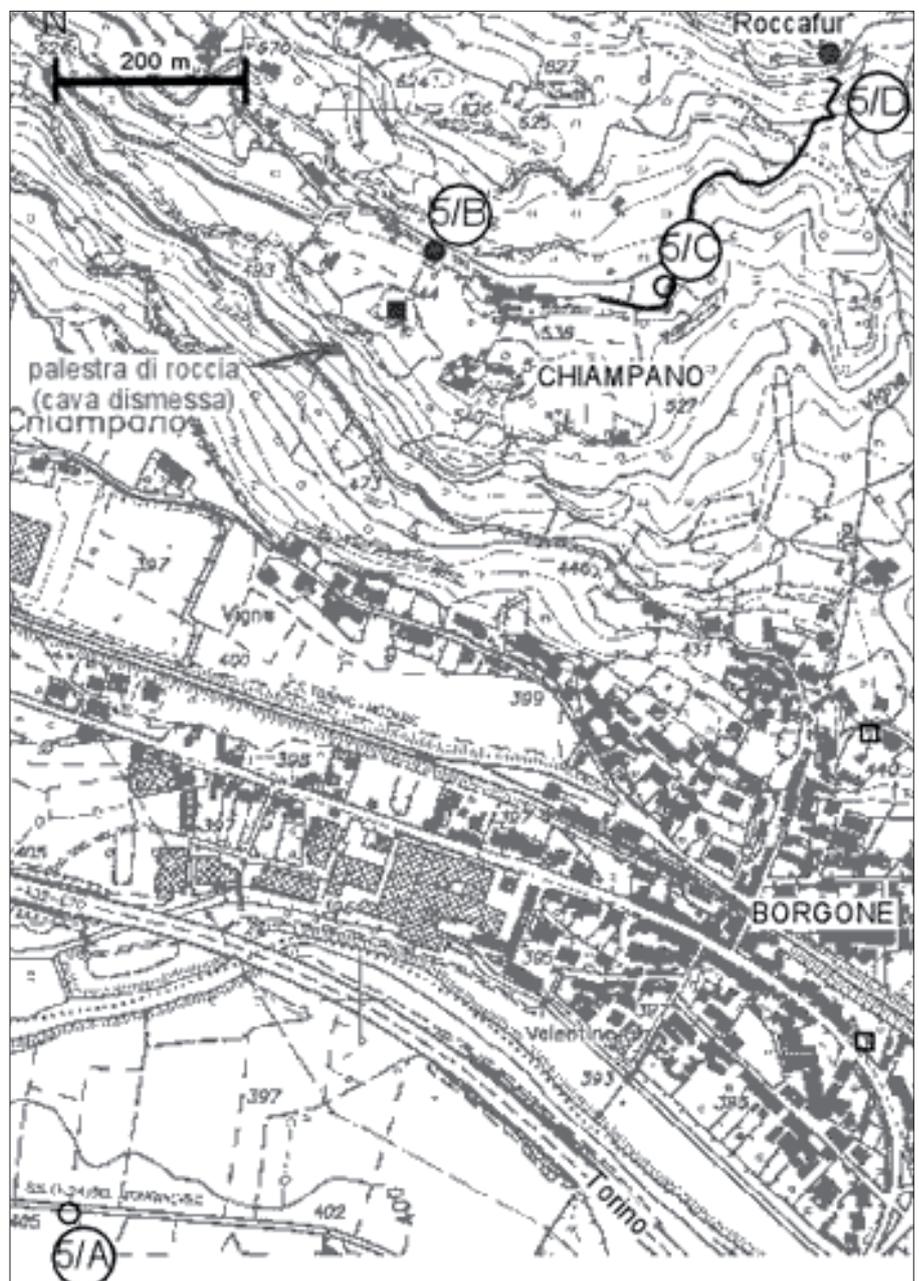
I progetti di cava devono contenere gli elaborati previsti all'art. 5 della l.r. 69/78, come integrato dalla circolare P.G.R. 18 settembre 1995, n. 21/LAP, nonché da quanto previsto da norme speciali in materia entrate in vigore successivamente (es. D.Lgs 117/08 e Documento di Programmazione Attività Estrattive

della Regione Piemonte). In sintesi ciò che si chiede di presentare è qui di seguito riportato:

- Inquadramento territoriale con indicazione degli eventuali vincoli presenti nell'area.
- Progetto di cava con relazioni tecniche planimetrie e sezioni (quantificazione volumetrie e superfici).
- Progetto di recupero ambientale con planimetrie e sezioni (quantificazione interventi).
- Relazione geologica, idrogeologica e geotecnica.
- Relazione idraulica e dimensionamento opere di regimazione acque.
- Piano di gestione dei rifiuti di estrazione ex dlgs 117/2008.
- Relazione di fattibilità tecnico-economica.
- Relazione tecnica riguardante l'analisi dei principali problemi di sicurezza del lavoro connessi all'esecuzione del progetto.
- Allegati amministrativi (tra cui gli atti di disponibilità dei terreni).

In presenza di vincoli territoriali la Conferenza dei Servizi acquisirà i relativi pareri dagli enti competenti in materia. Tra i più comuni vi sono:

- Vincolo idrogeologico ex l.r 45/89 e smi, le competenze per il parere geologico sono così distribuite:
 - Regione Settore Prevenzione Territoriale del Rischio geologico: superfici > di 30.000 mq e volumi di scavo > di 15.000 mc;
 - Province: superfici > di 5.000 mq e < di 30.000 e volumi di scavo > di 2.500 e < di 15.000 mc;
 - Comuni: superfici < di 5.000 mq e volumi di scavo fino a 2.500 mc.
- Vincolo idrogeologico ex l.r 45/89 e smi, le competenze per il parere forestale sono della Regione Piemonte Settore Foreste.
- Vincolo ambientale ex Dlgs 42/2004: l'autorizzazione è comunale, previo parere della Commissione paesaggistica e



comunicazione alla Soprintendenza per i Beni Ambientali.

- Presenza di SIC: è richiesta una Valutazione di Incidenza su cui si esprime il Settore Aree Protette della Regione Piemonte
- Fasce A e B del PAI: il parere di compatibilità dell'intervento con la pianificazione di bacino è rilasciato dal Settore Pianificazione Difesa del Suolo della Regione Piemonte.

3. LA PIANIFICAZIONE PROVINCIALE

A seguito del conferimento da parte della Regione con l.r. 44/2000 della funzione relativa, la Provincia di Torino diede il via alla predisposizione del Piano Provinciale Attività Estrattiva (P.A.E.P.). Il P.A.E.P. è lo strumento di attuazione del Piano Territoriale Provinciale (P.T.C.) e pertanto ne recepisce gli indirizzi definendo specifiche indicazioni nei confronti del comparto delle Attività Estrattive.

Nel 2002 si avviarono gli studi per la predisposizione del P.A.E.P. e la sua redazione avvenne in 2 fasi:

- la prima fase comprendeva: un'analisi conoscitiva preliminare, un'analisi territoriale ed ambientale e un'analisi e ricognizione delle fonti alternative di approvvigionamento di aggregati;
- la seconda fase comprendeva: la redazione di norme ed indirizzi per l'attività estrattiva, l'individuazione di criteri e linee guida per la redazione e l'esame dei progetti in sede di Conferenza dei Servizi.

Nella predisposizione del piano venne posta particolare attenzione alla tutela delle aree più sensibili dal punto di vista naturalistico (parchi, SIC, SIR ecc...), delle risorse idriche, delle fasce fluviali, dei suoli ad elevata produttività e degli ambiti di pregio paesaggistico, cercando nel contempo di salvaguardare l'attività produttiva e garantire il soddisfacimento dei fabbisogni. Furono altre-

si recepiti, adattandoli al contesto territoriale della Provincia di Torino, i criteri generali per la pianificazione individuati dall'Autorità di Bacino del Fiume Po.

Con D.G.P. del 17/02/2004 venne approvato lo Schema Preliminare di P.A.E.P. per il concorso con i Comuni ai sensi della l.r. 56/1977.

Con deliberazione del 22/05/2007 il Consiglio Provinciale adottò il progetto definitivo del Piano provinciale delle attività estrattive inviandolo poi alla Regione per l'approvazione.

I rilievi fatti dall'Autorità di Bacino e dalla Regione non hanno permesso l'approvazione nei tempi previsti dalla normativa, per cui nel 2009 è decaduto.

4. CONCLUSIONI

Dall'esperienza maturata in questi anni emerge sempre più la necessità che a livello statale quanto a livello regionale escano normative chiare e in grado di rispondere alle attuali esigenze della pianificazione di settore e del mercato.

In primo luogo si ritiene necessario addiventare ad un testo coerente e coordinato tra cave, rifiuti e terre e rocce da scavo in modo da rendere prioritario l'utilizzo dei materiali di recupero, soprattutto per quanto riguarda le cave di valle. Si dovrebbe infatti ricorrere alle stesse solo quando questo sia strettamente necessario, a seguito di un'azione a monte sui prezzi e sulla pianificazione della filiera, a vari livelli condivisa. Si assiste, infatti, sempre più alla richiesta di aprire nuove cave anche per ottenere siti in grado di smaltire quelle terre e rocce da scavo che altrimenti non troverebbero una destinazione. Il recupero, il trasporto, lo stoccaggio e l'utilizzo finale scontano i costi elevati dell'attuale filiera e l'enorme difficoltà a gestire logisticamente i materiali a causa di una normativa di difficile applicazione.

Un'azione coordinata volta alla semplificazione per l'uso di inerti e terre e rocce da scavo quali materie prime secondarie (MPS), da un lato, e l'innalzamento dei costi per l'estrazione del materiale naturale, dall'altro, renderebbe conveniente l'utilizzo del materiale di cava solo per utilizzi pregiati quali il confezionamento di calcestruzzi e/o conglomerati bituminosi.

Sul mercato entra spesso materiale da estrazione proveniente da riqualificazioni di vaste aree e dalle costruzioni in generale. Questo materiale, che è al di fuori dell'attività estrattiva, potrebbe essere, almeno per grandi volumi, assoggettato a diritti di escavazione.

La pianificazione delle attività di cava dovrebbe essere rivolta soprattutto a preservare i suoli ai fini agricoli, individuando i giacimenti solo in aree marginali.



La bozza di regolamento regionale sulla “Disciplina dell’installazione delle sonde geotermiche e del Registro regionale delle Sonde Geotermiche (legge regionale 27 gennaio 2009, n. 3)”

MAURO FALCO
Regione Piemonte - Settore Tutela quantitativa e qualitativa delle acque

MARIA GOVERNA
Regione Piemonte - Settore Tutela quantitativa e qualitativa delle acque

MASSIMILIANO PETRICIG
Regione Piemonte - Settore Ciclo integrato dei rifiuti e servizio idrico integrato

La bozza di regolamento è stata strutturata in due parti. La prima è il regolamento vero e proprio, molto essenziale, sviluppato attraverso un articolato snello comprendente solo sette articoli normativi. La seconda è rappresentata dai quattro allegati, esclusivamente di tipo tecnico.

La bozza di regolamento, così come riporta nel primo articolo, vuole disciplinare l’installazione e la gestione delle sonde geotermiche a circuito chiuso, in attuazione dell’articolo 5 della legge regionale 27 gennaio 2009, n. 3 e dell’articolo 10 del decreto legislativo 11 febbraio 2010, n. 22, e istituisce, anche nella nostra regione, il Registro regionale delle Sonde Geotermiche (RSG) ed è finalizzata alla valorizzazione dell’utilizzo delle risorse geotermiche a bassa entalpia nel rispetto dell’ambiente e della tutela delle acque sotterranee.

Nella bozza del regolamento sono state predisposte le modalità tecnico-operative per l’installazione e la gestione degli impianti e i contenuti minimi dei relativi progetti, i criteri tecnici e geologici per la localizzazione e l’installazione delle sonde geotermiche ed infine le caratteristiche del Registro regionale delle Sonde Geotermiche (RSG) con le relative modalità di gestione.

Il regolamento non viene fatto applicare nel caso degli impianti geotermici che comportano il prelievo e lo scarico di acqua, che restano disciplinati dalla normativa statale e regionale in materia di derivazione, utilizzazione e scarico delle acque pubbliche.

Nel secondo articolo del regolamento vengono date alcune definizioni in merito all’autorità competente, alla base dell’acquifero superficiale, di cos’è un fluido termovettore e una pompa di calore, la potenza termica o frigorifera utile, il proprietario, il registro regionale delle sonde geotermiche, cosa si intende per sonda geotermica, per impianto geotermico a bassa entalpia e in particolare la definizione di piccolo impianto (impianti geotermici con potenza termica o frigorifera utile inferiore o uguale a 50 kW e un nume-

ro di sonde geotermiche verticali inferiore o uguale a 10) e di grande impianto (impianti geotermici con potenza termica o frigorifera utile superiore a 50 kW e numero di sonde geotermiche verticali superiore a 10. Sono comunque equiparati ai grandi impianti tutti gli impianti che necessitano di più di 10 sonde geotermiche verticali anche se di potenza termica o frigorifera utile inferiore a 50 kW).

Nel terzo articolo del regolamento si vanno a definire le limitazioni e i vincoli per i quali si vieta l’installazione di sonde geotermiche in particolari aree “ambientalmente critiche” quali le aree individuate dal Piano di Assetto Idrogeologico del Bacino del fiume Po (frane attive, frane quiescenti, conoidi attivi non protetti, zone di esondazione a pericolosità elevata e molto elevata, aree in fascia A e B). Se ne vieta inoltre l’installazione nelle zone dove sono presenti fenomeni carsici, nelle aree di salvaguardia delle acque destinate al consumo umano definite ai sensi della vigente normativa regionale e statale, nelle aree di artesianesimo dell’acquifero pliocenico astiano, come definite dalla D.G.R. n. 34-11524 del 3 giugno 2009 e nelle aree contaminate o potenzialmente contaminate. Si consente l’installazione di sonde geotermiche verticali esclusivamente al di sopra della base dell’acquifero superficiale nelle zone di riserva caratterizzate dalla presenza di risorse idriche sotterranee non ancora destinate al consumo umano, ma potenzialmente destinabili a tale uso le cosiddette RISE (Riserva Integrativa Sostitutiva di Emergenza individuate dal P.T.A) e nelle zone di protezione dei campi pozzi d’interesse regionale.

Si agevola infine l’utilizzo dei fluidi termovettori di tipo “non impattante sull’ambiente” che scorrono all’interno delle tubazioni quali aria, acqua o da acqua additivata con glicole propilenico ad uso alimentare viceversa non sono ammessi antialgali, alcoli o glicole etilenico. In ogni caso il fluido utilizzato non dovrà essere nocivo per la salute umana e per l’ambiente acquatico e dovrà essere biodegradabile.

Negli articoli quattro e cinque si regolamenta l’iter procedurale istruttorio rispettivamente per i “piccoli impianti” e per i “grandi impianti”.

Nel primo caso l’installazione è soggetta a sola comunicazione all’Autorità competente, redatta in conformità allo schema previsto nella Parte I dall’Allegato A del regolamento.

La comunicazione deve essere corredata dagli elaborati previsti nella Parte III dall’Allegato A e presentati a firma di un professionista abilitato e redatti secondo le specifiche tecniche individuate nell’Allegato B.

La tempistica prevede che decorsi 30 giorni dal ricevimento della comunicazione, senza che l’Autorità competente abbia comunicato parere contrario o richiesto integrazioni, l’istante possa dare inizio ai lavori.

L’Autorità competente può però prescrivere l’adozione di specifiche modalità di esecuzione delle opere ai fini della protezione e della tutela delle risorse idriche sia superficiali che sotterranee.

Quando sia necessario variare sostanzialmente il progetto si procede con tutte le formalità e condizioni richieste per le nuove istanze. Si definisce nel regolamento la variante sostanziale cioè ogni modifica al progetto depositato relativa all’aumento del numero di perforazioni oltre la soglia di 10 o della potenza termica o frigorifera utile oltre la soglia di 50 kW, quindi in questo caso il progetto assume la valenza di grande impianto e conseguentemente deve essere autorizzato con il procedimento dei grandi impianti o l’aumento della profondità delle singole perforazioni oltre il 10% rispetto al progetto depositato e la modifica dei materiali di costruzione delle sonde geotermiche verticali.

Trenta giorni dopo la conclusione di tutti i lavori previsti dal progetto depositato, l’istante invia all’autorità competente una relazione finale redatta secondo le specifiche individuate nella Parte IV dell’Allegato A, corredata dalla scheda registro regionale delle sonde geotermiche (come definita nella Parte I dell’Allegato D) e dal certificato di regolare

esecuzione dei lavori, il tutto presentato a firma di un professionista abilitato.

I lavori previsti dal progetto depositato devono essere conclusi entro il termine di un anno dalla presentazione della comunicazione, prorogabile una sola volta per un periodo massimo di sei mesi. Il proprietario è tenuto a comunicare all'autorità competente la dismissione definitiva dell'impianto geotermico. Questa comunicazione deve essere corredata da una relazione che indica le operazioni eseguite in conformità a quanto previsto dall'Allegato B.

Nel secondo caso l'installazione delle sonde geotermiche riguardante i grandi impianti prevede la preventiva autorizzazione da parte dell'Autorità competente. La domanda di autorizzazione, redatta in conformità allo schema della Parte II dell'Allegato A, è corredata dagli elaborati previsti nella Parte III dall'Allegato A, presentati a firma di un professionista abilitato e redatti secondo le specifiche tecniche di cui all'Allegato B.

L'autorità competente, verificata la completezza della documentazione, rilascia l'autorizzazione alla realizzazione dell'impianto geotermico entro 90 giorni decorrenti dalla data di ricevimento della domanda.

Quando sia necessario variare sostanzialmente il progetto, l'istante deposita una relazione nella quale riporta le variazioni apportate, in tale caso il termine per il rilascio dell'autorizzazione è interrotto e ricomincia a decorrere dalla presentazione della relazione. Per variante sostanziale s'intende ogni modifica al progetto depositato relativa all'aumento del numero di perforazioni oltre la soglia di 100, in tal caso l'istante deve presentare anche il piano di monitoraggio, come previsto nella Parte III dall'Allegato A o l'aumento della profondità delle singole perforazioni oltre il 10% rispetto al progetto depositato o la modifica dei materiali di costruzione delle sonde geotermiche (solo per quelle di tipo verticale). Trenta giorni dopo la conclusione di tutti i lavori previsti dal progetto depositato, l'istante invia all'Autorità competente e alla Direzione regionale competente una relazione finale redatta secondo le specifiche di cui alla Parte IV all'Allegato A, corredata dalla scheda registro regionale delle sonde geotermiche (come descritte nella Parte I dell'Allegato D) e dal certificato di regolare esecuzione dei lavori a firma di un professionista abilitato. I lavori previsti dal progetto depositato devono essere conclusi entro quindici mesi dalla presentazione della domanda, prorogabile una sola volta per un periodo massimo di nove mesi. L'autorizzazione può essere in tutto o in parte revocata, in qualunque momento, per accertata difformità delle opere realizzate rispetto al progetto autorizzato o per accertata incompatibilità con gli obiettivi di qualità ambientale delle risorse idriche, senza che ciò possa dare luogo alla corresponsione di indennizzi da parte dell'Amministrazione pubblica. In tal caso l'Au-

torità competente può disporre la dismissione dell'impianto con le modalità di cui all'Allegato B a cura e spese del proprietario. Il proprietario è tenuto a comunicare all'Autorità competente la dismissione definitiva dell'impianto geotermico; tale comunicazione deve essere corredata da una relazione che indica le operazioni eseguite in conformità a quanto previsto dall'Allegato B.

La bozza di regolamento all'articolo sei prevede la predisposizione del Registro regionale delle Sonde Geotermiche (R.S.G.), al fine di consentire un'adeguata conoscenza sulla diffusione e localizzazione degli impianti geotermici nonché il monitoraggio dei loro effetti sulle risorse idriche. Nel Registro regionale delle Sonde Geotermiche sono obbligatoriamente registrati tutti gli impianti geotermici, ivi compresi quelli che effettuano il prelievo e lo scarico di acqua o fluidi geotermici.

La Regione gestisce il registro regionale delle sonde geotermiche con le modalità operative definite nell'Allegato D. Attraverso il registro regionale delle sonde geotermiche, la Regione provvede al costante monitoraggio della diffusione degli impianti geotermici sul territorio regionale.

La vigilanza come previsto all'articolo sette viene attuata attraverso l'Autorità competente che provvede al controllo del rispetto delle disposizioni di cui al presente regolamento mediante la verifica della corretta compilazione del registro regionale delle sonde geotermiche e della conformità degli impianti e delle opere realizzate rispetto a quanto autorizzato e alle specifiche tecniche di cui agli Allegati.

GLI ALLEGATI DELLA "BOZZA DI REGOLAMENTO REGIONALE"

L'Allegato A descrive i contenuti e le modalità di presentazione della comunicazione e della domanda per l'installazione delle sonde geotermiche e dei relativi allegati tecnici da presentare. Si suddivide in due parti di cui la Parte I riguarda i "Piccoli Impianti" mentre la Parte II i "Grandi Impianti", secondo uno schema che prevede di fornire per entrambe le tipologie di impianto le indicazioni di tipo anagrafico e amministrative del soggetto richiedente, e alcuni elementi tecnici dell'impianto stesso quali: la potenza termica utile, il numero delle sonde la loro tipologia (verticale, orizzontale, ecc), la profondità massima di perforazione (per le sonde geotermiche verticali), la tipologia del fluido termovettore e l'esatta ubicazione sia dell'edificio sia delle sonde e dei terreni della proprietà.

Nella terza Parte dell'allegato A si descrive quale deve essere la Documentazione da allegare alla comunicazione per "Piccoli Impianti" o alla domanda di autorizzazione per i "Grandi Impianti".

Per quanto riguarda la documentazione da allegare alla comunicazione per i "Piccoli

Impianti" si prevede la presentazione di una relazione tecnica di progetto dell'impianto, che deve riportare la tipologia di impianto (verticale o altra tipologia) e la geometria del campo sonde, lo schema logico e funzionale dell'impianto nel suo complesso, la volumetria e superficie da riscaldare/raffrescare, il periodo di utilizzo dell'impianto distinto tra ciclo estivo e ciclo invernale, la potenza termica utile (kW) e la potenza frigorifera utile (kW) ecc..

Va inoltre presentata una relazione tecnica di perforazione con la descrizione dei fluidi di perforazione, come è stato completato il foro, il diametro sia di perforazione che delle sonde geotermiche, il numero di sonde geotermiche installato all'interno di ciascuna perforazione, la tipologia dei materiali costituenti le sonde geotermiche, la tipologia e le caratteristiche dei prodotti premiscelati di riempimento, la tipologia la concentrazione e il volume totale del fluido termovettore che circola all'interno delle sonde geotermiche, i test e la strumentazione di collaudo previsti dal progettista al fine di accertare la corretta cementazione, la tenuta e l'isolamento idraulico delle sonde geotermiche e le procedure operative da adottare in caso di perdite accidentali del circuito.

Infine va riportata su cartografia l'ubicazione dell'impianto (stralcio della CTR alla scala 1:10.000) con indicazione delle isolinee della base dell'acquifero superficiale, la caratterizzazione delle proprietà termiche dei terreni attraversati ipotizzata sulla base di conoscenze bibliografiche e la caratterizzazione litostratigrafica con indicazione del livello piezometrico sulla base di conoscenze bibliografiche.

Mentre la documentazione da allegare alla domanda di autorizzazione per i "Grandi impianti" diversificandosi dalla precedente prevede la presentazione dei seguenti elaborati progettuali: relazione inerente la caratterizzazione delle proprietà termiche dei terreni attraversati che deve essere redatta sulla base di specifici test (per es: Ground Response Test) da eseguirsi sul foro pilota, la relazione "geologica" nella quale devono essere descritti gli aspetti geologici, geomorfologici ed idrogeologici del territorio nel quale verrà ubicato l'impianto, in particolare, lo studio deve definire il quadro idrogeologico ed idrogeochimico e la piezometria di dettaglio dell'acquifero freatico, ove presente, basata su misure di campo, la carta piezometrica, le linee di flusso e gli eventuali limiti idrogeologici, il censimento degli impianti geotermici, ivi compresi gli impianti a ciclo aperto con utilizzo di acqua di falda, in un'area avente il raggio di almeno 1 km dal perimetro esterno dell'impianto.

Per i grandi impianti costituiti da più di 100 sonde geotermiche verticali il piano di monitoraggio deve contenere l'ubicazione dei piezometri di monitoraggio, le modalità di esecuzione, la stratigrafia del piezometro profondo eseguito

a carotaggio continuo, le caratteristiche della strumentazione da installare, il protocollo analitico e le tempistiche di campionamento.

Nella Parte IV dell'allegato A si descrive infine quali devono essere i contenuti della relazione finale. L'istante invia all'autorità competente una relazione finale a firma di un professionista abilitato contenente le date di inizio e fine dei lavori previsti dal progetto depositato, i richiami agli elementi principali del progetto, le eventuali varianti avvenute in corso d'opera ancorché già presentate all'autorità competente in quanto varianti sostanziali, i dati ricavati dalle perforazioni contenenti almeno la profondità raggiunta, la posizione di eventuale rivestimento e l'analisi del cutting in funzione della profondità al fine di individuare le litologie e le disomogeneità, la presenza e il numero di eventuali sonde geotermiche non utilizzabili per cause tecniche e non ripristinabili, i risultati dei test di collaudo eseguiti al fine di accertare la corretta cementazione, la tenuta e l'isolamento idraulico delle sonde geotermiche, le proprietà termiche dei terreni attraversati, tutti gli elementi necessari a dimostrare che la realizzazione delle sonde, in ogni fase costruttiva, non abbia costituito fattore di rischio di inquinamento del suolo e del sottosuolo, né fattore di deterioramento della qualità ambientale delle acque sotterranee e il certificato di regolare esecuzione dei lavori.

Per i grandi impianti, deve essere allegato un certificato di collaudo e la scheda del Registro regionale delle Sonde Geotermiche.

Nell'Allegato B vengono descritte le modalità di costruzione, collaudo e dismissione dell'impianto ai fini della tutela delle matrici ambientali interessate, in particolare delle risorse idriche sotterranee. Di seguito si riportano alcune prescrizioni tecniche da osservarsi nelle fasi di costruzione, collaudo e dismissione degli impianti geotermici.

Tracciamento, per le sonde geotermiche verticali il tracciamento definirà la posizione delle sonde geotermiche verticali e dovrà essere definito prima di iniziare le perforazioni secondo i seguenti principi: ottimizzazione della distanza tra le sonde (giusto compromesso tra il minor utilizzo di superficie di suolo e la massima resa dell'impianto), mantenere almeno due metri e mezzo dalle opere di fondazione di edifici, mantenere almeno un m dai sottoservizi interrati e mantenere almeno due m dagli alberi d'alto fusto.

Perforazioni, le perforazioni dovranno essere eseguite in maniera tale da evitare la contaminazione del suolo e del sottosuolo; a tal fine dovranno essere prese le adeguate misure per prevenire la contaminazione delle matrici ambientali interessate. Piezometri di monitoraggio, per i grandi impianti almeno uno dei piezometri di monitoraggio profondi dovrà esse-

re eseguito a carotaggio continuo al fine di una precisa ricostruzione litostratigrafica dei terreni attraversati. Il diametro di perforazione dovrà essere tale da consentire un'agevole discesa delle tubazioni di circolazione e di iniezione dei prodotti cementanti nonché la risalita degli stessi senza rischi di ostruzione o intasamento; lo spessore utile dell'intercapedine tra le pareti del perforo e le tubazioni non dovrà essere inferiore a 30 mm comunque tale da consentire il corretto passaggio del fluido cementante.

Fluidi, i fluidi utilizzati per la perforazione non dovranno contenere prodotti chimici che potrebbero inquinare le falde.

Tubazioni, le tubazioni che costituiscono le sonde dovranno essere specifiche per le sonde geotermiche e dovranno essere di materiale di qualità e non riciclato. Sulle tubazioni dovranno essere impressi i seguenti dati: costruttore, tipo di tubazione, diametro, materiale, progressive metriche certificate dal fornitore e dall'installatore e, nel caso di materiale plastico, la data di fabbricazione. Le sonde in materiale plastico dovranno avere il raccordo al piede saldato in fabbrica, sia il raccordo sia la saldatura dovranno avere comportamento meccanico almeno pari a quello della tubazione che costituisce la sonda geotermica.

Raccordi, i raccordi dovranno essere dotati di pozzetto di raccolta fanghi o impurità. Zavorra, la zavorra dovrà essere costituita da materiali inerti nei confronti delle acque sotterranee. Inoltre, l'attacco di fissaggio della zavorra dovrà garantire che in caso di rottura non venga compromessa la tenuta idraulica della tubazione.

Cautele, durante l'installazione delle sonde si dovrà avere cura che le tubazioni non vengano sottoposte a pressioni superiori a quella nominale, è da evitare l'utilizzo di mezzi meccanici per spingere la tubazione all'interno del perforo. Al termine della posa dovrà rimanere visibile la progressiva della lunghezza su almeno uno dei tubi.

Verificabilità, le tubazioni dovranno essere accessibili ed ispezionabili anche successivamente al completamento dell'impianto ed a tal fine dovranno essere attuati i relativi accorgimenti tecnici. Prima di iniziare la fase di cementazione dovrà essere eseguita una prova di pressione a campione sul 50%, per eccesso, delle sonde geotermiche in fase di realizzazione.

Materiali per la cementazione, i prodotti utilizzati in fase di cementazione hanno il compito di impermeabilizzare i pori e le fratture delle formazioni attraversate, in modo da favorire la saturazione dell'intercapedine evitando le indesiderate perdite per assorbimento. Il progettista dovrà verificare l'idoneità del prodotto nelle specifiche condizioni di utilizzo, con particolare riguardo alle pressioni che si determinano nella fase di cementazione, le quali inducono sollecitazioni allo schiaccia-

mento delle tubazioni costituenti le sonde geotermiche che diventano critiche in profondità e con lo sviluppo di alte temperature durante il consolidamento del cemento.

Materiale di riempimento, il riempimento del perforo può essere effettuato anche con materiale sciolto (sabbia quarzifera) nelle zone dove la perforazione interessa solo l'acquifero superficiale, nelle restanti aree dovrà essere effettuato tramite malte cementizie premiscelate specifiche per l'uso geotermico, tali prodotti dovranno essere ecocompatibili e non alterare la qualità dell'acqua sotterranea e dovranno inoltre essere allegate alla documentazione progettuale le schede di sicurezza dei prodotti additivanti eventualmente utilizzati, contenenti i dati delle prove di tossicità eseguite sui materiali.

Miscelazione della malta, la miscelazione della malta cementizia deve essere eseguita con miscelatori ad alta turbolenza concepiti per permettere un accurato controllo dei rapporti di miscelazione, sono da evitare le pompe miscelatrici compatte (tipo Marmotta).

Modalità di iniezione, l'iniezione dei prodotti cementanti dovrà essere eseguita dal basso verso l'alto tramite un tubo a perdere specificatamente dedicato, calato nella perforazione insieme alle tubazioni della sonda geotermica, tali prodotti non dovranno disperdersi nelle formazioni attraversate, a tal fine il volume del perforo dovrà essere commisurato al quantitativo dei prodotti cementanti iniettati o comunque del materiale di riempimento. Le operazioni di cementazione del foro e di estrazione della colonna di rivestimento dovranno essere fatte simultaneamente.

Modalità di recupero della colonna di rivestimento, la colonna di rivestimento, usata per stabilizzare le pareti della perforazione, deve essere recuperata in modo da mantenere il fluido cementante ad una quota sempre superiore all'estremità della tubazione stessa, impedendo così pericolosi franamenti. Il tubo di iniezione della malta cementizia deve essere sufficientemente lungo da garantire la corretta cementazione del tratto più in profondità, non deve presentare saldature, tagli o aperture per tutta la lunghezza. Il riempimento può considerarsi completo quando si vede affiorare il materiale in superficie, mentre qualora il livello scenda è necessario reintegrare dal basso, se possibile utilizzando lo stesso tubo di iniezione, altrimenti utilizzando un nuovo tubo per tutta la lunghezza disponibile. Dovranno essere utilizzate metodologie atte a contenere l'eventuale perdita di fluidi di cementazione tramite l'utilizzo di otturatori gonfiabili (packers). Qualora non si riesca a far affiorare il materiale di riempimento è necessario interrompere completamente il lavoro e perforare una nuova sonda.

Certificazione, la Direzione Lavori dovrà certificare la corretta esecuzione della sonda

geotermica, con particolare riferimento all'isolamento idraulico delle eventuali formazioni acquifere attraversate specificando gli accorgimenti e le tecniche utilizzati a tal fine. qualora questo non sia possibile la sonda dovrà essere chiusa minerariamente. I lavori di posa delle tubazioni e cementazione del foro devono essere programmati in maniera tale da essere eseguiti immediatamente dopo la conclusione della perforazione, inoltre le perforazioni non devono essere lasciate aperte durante i fine settimana o i giorni di festività. Per i grandi impianti è necessario conservare a cura del proprietario, per almeno un anno dalla data di autorizzazione, un campione della malta cementizia utilizzata per il riempimento per ogni sonda geotermica verticale eseguita.

Fluidi, il fluido termovettore che scorre all'interno delle tubazioni delle sonde geotermiche non dovrà essere nocivo per la salute umana e per l'ambiente acquatico e dovrà essere biodegradabile, potrà essere costituito da aria, acqua o da acqua additivata con glicole propilenico ad uso alimentare. Non sono ammessi antialgali, alcoli o glicole etilenico.

Collaudo, il collaudo ha la finalità di accertare la corretta posa, cementazione, tenuta delle sonde geotermiche nonché il loro isolamento idraulico.

Per ogni sonda geotermica dovranno essere eseguite: prove di pressione, prove di flusso, misura temperatura indisturbata del terreno tramite circolazione di acqua nella tubazione della sonda geotermica, prove sperimentali che permettano di rilevare le proprietà termofisiche di scambio del sottosuolo, sono quindi utili sia per procedere al dimensionamento del campo sonde sia, in fase di collaudo, per verificare la corretta cementazione delle sonde, la più utilizzata attualmente è il "Test di risposta Termica (TRT)" anche chiamato "Ground Response Test (GRT)".

Per i piccoli impianti è necessaria almeno una prova su una sonda scelta a campione. Per i grandi impianti è necessaria almeno una prova ogni dieci sonde scelte a campione. Per i grandi impianti costituiti da più di 100 sonde geotermiche verticali risulterà necessario eseguire prove di laboratorio su campioni a ventotto giorni di maturazione delle malte cementizie utilizzate per il riempimento e dovranno essere determinati il rapporto di snellezza (λ) e la permeabilità residua, tali test sono da eseguirsi sulle stesse sonde sulle quali si è eseguito il test di risposta termica.

Per tutti gli impianti il certificato di regolare esecuzione dei lavori, parte integrante della relazione finale, dovrà essere comprensivo di una relazione contenente la descrizione delle prove eseguite per il collaudo, i dati rilevati e i risultati conseguiti.

Piezometri, per i grandi impianti costituiti da più di 100 sonde geotermiche ver-

ticali devono essere previsti almeno quattro piezometri di tipo ambientale di cui due idrogeologicamente a monte, filtranti uno il solo sistema acquifero superficiale e l'altro il solo sistema acquifero profondo e due idrogeologicamente a valle rispetto all'impianto stesso, filtranti uno il solo sistema acquifero superficiale e l'altro il solo sistema acquifero profondo. I piezometri superficiali devono essere strumentati per la misura in continuo della temperatura dell'acqua di falda mentre in quelli profondi le acque sotterranee devono essere campionate e analizzate con frequenza semestrale. I parametri analitici da verificare sono tratti dal protocollo della Rete di Monitoraggio regionale delle Acque Sotterranee e sono specifici per ogni corpo idrico sotterraneo, ai quali vanno aggiunti i principi attivi indicati nelle schede di sicurezza dei prodotti utilizzati sia in fase di perforazione che come fluido termovettore. Il protocollo analitico dovrà essere concordato con la Regione Piemonte. I risultati del monitoraggio devono essere inviati annualmente all'Autorità competente.

Dismissione, per la corretta dismissione di un impianto geotermico dovranno essere effettuate la seguenti operazioni: lavaggio delle tubazioni con acqua e riempimento delle tubazioni con malta cementizia.

Per le sonde non verticali le prescrizioni sono limitate in quanto hanno un impatto trascurabile sulle risorse idriche sotterranee e le indicazioni richieste risultano decisamente limitate e sono il tracciamento cioè la posizione delle sonde geotermiche da definire prima di iniziare gli scavi secondo i seguenti principi: mantenere almeno un m dai sottoservizi interrati, mantenere almeno due m dagli alberi d'alto fusto, devono comunque essere rispettate le distanze minime dai limiti di proprietà ai sensi del Codice civile ed eventuali norme dei Piano Regolatori Generali comunali. Le tubazioni che costituiscono le sonde dovranno essere specifiche per le sonde geotermiche e dovranno essere di materiale di qualità e non riciclato. Sulle tubazioni dovranno essere impressi i seguenti dati: costruttore, tipo di tubazione, diametro, materiale, progressive metriche certificate dal fornitore e dall'installatore e, nel caso di materiale plastico, la data di fabbricazione. Il fluido termovettore che scorre all'interno delle tubazioni delle sonde geotermiche non dovrà essere nocivo per la salute umana e per l'ambiente acquatico e dovrà essere biodegradabile: può essere costituito da aria, acqua o da acqua additivata con glicole propilenico ad uso alimentare. Non sono ammessi antialgali, alcoli o glicole etilenico. Il collaudo ha la finalità di accertare la corretta posa e la tenuta delle sonde geotermiche. Il certificato di regolare esecuzione dei lavori, parte integrante della relazione finale, dovrà essere pertanto comprensivo di una relazione contenente la descrizione delle

prove eseguite per il collaudo, i dati rilevati e i risultati conseguiti. Per la corretta dismissione di un impianto geotermico non verticale devono essere effettuate la seguenti operazioni: lavaggio delle tubazioni con acqua, riempimento delle tubazioni con malta cementizia.

L' Allegato C individua le zone di risorse integrative sostitutive di emergenza (R.I.S.E.) e le zone di protezione dei campi pozzi d'interesse regionale

Con il presente regolamento si consente l'installazione di sonde geotermiche esclusivamente al di sopra della base dell'acquifero superficiale nelle R.I.S.E., ovvero zone di riserva caratterizzate dalla presenza di risorse idriche sotterranee non ancora destinate al consumo umano ma potenzialmente destinabili a tale uso.

Le zone di riserva sono state individuate dal Piano di Tutela delle Acque (articolo 24 e Allegato 9 delle Norme di Piano, Tavola di Piano n. 8), e identificano a scala regionale porzioni di corpi idrici sotterranei che, per le rispettive intrinseche caratteristiche qualitative, risultano potenzialmente destinabili all'uso potabile e costituiscono risorse cui far ricorso in caso di crisi idriche o di ri-localizzazioni di fonti attualmente sfruttate. Sulla base dei criteri sono stati individuati i seguenti Comuni nel cui territorio è consentita l'installazione di sonde geotermiche esclusivamente al di sopra della base dell'acquifero superficiale: Mandello Vitta (NO) e Castellazzo Novarese (NO); Druento (TO) e La Cassa (TO); Pinerolo (TO) e San Secondo di Pinerolo (TO); Pancalieri (TO) e Villafranca Piemonte (TO); Comune di Cavallermaggiore (CN), Bra (CN) e Sanfrè (CN); Predosa (AL).

Il regolamento inoltre prevede l'installazione di sonde geotermiche esclusivamente al di sopra della base dell'acquifero superficiale, nelle zone di protezione dei campi pozzi d'interesse regionale. I campi pozzi d'interesse regionale, individuati sempre dal Piano di Tutela delle Acque (articolo 24 e Allegato 9 delle Norme di Piano, Tavola di Piano n. 8), sono definiti come un insieme contiguo di opere di approvvigionamento di acqua destinata al consumo umano che per l'ubicazione, la potenzialità e la qualità degli acquiferi captati nonché il numero di utenti serviti presentano rilevanza strategica a scala regionale. L'individuazione proposta nel Piano di Tutela delle Acque comprende tutti i campi pozzi da cui viene derivato un volume superiore a 5.000.000 m³ all'anno. Le aree contenenti i campi pozzi d'interesse regionale sono rappresentate nella Tavola 8 del Piano di Tutela delle Acque come l'involuppo delle aree di salvaguardia dei singoli pozzi definite con il criterio geometrico di cui alla normativa statale.

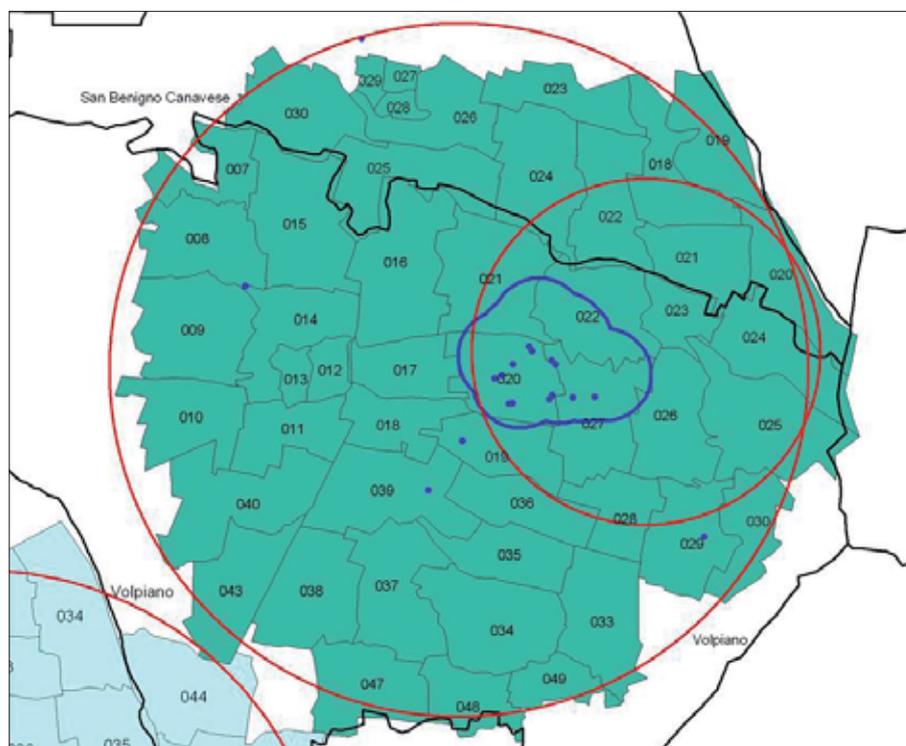


Figura 1 – Fogli di mappa individuati all'interno delle zone di protezione del CAMPO POZZI "CENTRALE SMAT" di VOLPIANO (TO), come individuato nel Piano di Tutela delle Acque.

Tabella 1 - Esempio di un elenco dei fogli di mappa individuati all'interno delle zone di protezione del CAMPO POZZI "CENTRALE SMAT" di VOLPIANO (TO), come individuato nel Piano di Tutela delle Acque..

CAMPO POZZI "CENTRALE SMAT" VOLPIANO (TO)			
PROV	ISTAT	COMUNE	FOGLI DI MAPPA
TO	001236	San Benigno Canavese	018; 019; 020; 021; 022; 023; 024; 025; 026; 027; 028; 029; 030
TO	001314	Volpiano	007; 008; 009; 010; 011; 012; 013; 014; 015; 016; 017; 018; 019; 020; 021; 022; 023; 024; 025; 026; 027; 028; 029; 030; 033; 034; 035; 036; 037; 038; 039; 040; 043; 047; 048; 049

La designazione degli areali intorno ai campi pozzi d'interesse regionale è stata perseguita attraverso l'approccio metodologico sotto riportato, che consiste nell'applicazione alle aree contenenti i campi pozzi d'interesse regionale dei seguenti criteri:

un cerchio di raggio 3 Km con centro nel punto idrogeologicamente più a monte posto sul perimetro dell'area contenente il campo pozzi d'interesse regionale;

un cerchio di raggio 1,5 Km con centro nel punto idrogeologicamente più a valle posto sul perimetro dell'area contenente il campo pozzi d'interesse regionale;

nei casi in cui il cerchio di raggio 1,5 km sia contenuto all'interno del cerchio di raggio 3 km, vengono cautelativamente utilizzati i limiti del cerchio più esterno.

Sono stati considerati i fogli di mappa ricadenti all'interno di tale areale per più del 50% della loro superficie. I campi pozzi d'interesse regionale "C.na Bonoma" Cantarana

(AT) e "Daghina" Ferrere (AT) e S. Damiano d'Asti (AT) non sono stati ricompresi nei criteri di cui sopra in quanto ricadono nelle aree di artesianesimo dell'acquifero pliocenico astiano dove è vietata l'installazione di sonde geotermiche verticali.

Si riporta in Figura 1 un esempio di un elenco dei fogli di mappa individuati all'interno delle zone di protezione del campo pozzi "Centrale SMAT" di Volpiano (To), come individuato nel Piano di Tutela delle Acque e le tabelle con l'elenco dei fogli di mappa e gli stralci cartografici delle zone di protezione dei campi pozzi d'interesse regionale, dove sono rappresentati in blu le singole captazioni e le aree contenenti i campi pozzi d'interesse regionale e in rosso i due cerchi delimitati con i criteri sopra riportati.

L'Allegato D è suddiviso in due "Parti" e riporta la scheda del Registro regionale delle Sonde Geotermiche come rappresentato

in Figura 2 "Esempio della scheda del Registro regionale delle Sonde Geotermiche di cui all'Allegato D del regolamento"

La Parte I prevede il Modello di scheda Registro regionale delle Sonde Geotermiche per impianti a sonde geotermiche a circuito chiuso.

La Parte II prevede il modello di scheda Registro regionale delle Sonde Geotermiche per gli impianti geotermici che comportano prelievo e scarico di acqua così come disciplinati dalle vigenti normative statali e regionali in materia di derivazione, utilizzazione e scarico delle acque pubbliche.

ESEMPIO SCHEMATICO DELLA SCHEDA DEL REGISTRO REGIONALE DELLE SONDE GEOTERMICHE DI CUI ALL'ALLEGATO D DEL REGOLAMENTO

Parte I Elementi essenziali del modello di scheda Registro regionale delle Sonde Geotermiche per impianti a sonde geotermiche a circuito chiuso

- Sezione A - Dati anagrafici
- Sezione C - Caratteristiche generali impianto
- Sezione D - Schema con l'ubicazione del campo sonde (e dei piezometri di monitoraggio per i grandi impianti costituiti da più di 100 sonde geotermiche) su base catastale aggiornata in scala non inferiore a 1:2.000, con l'indicazione del nord geografico;
- Sezione E - Stralcio cartografico della CTR a scala 1:10.000 con l'ubicazione dell'impianto (e dei piezometri di monitoraggio per gli impianti costituiti da più di 100 sonde geotermiche)

Parte II prevede il modello di scheda Registro regionale delle Sonde Geotermiche per gli impianti geotermici che comportano prelievo e scarico di acqua così come disciplinati dalle vigenti normative statali e regionali in materia di derivazione, utilizzazione e scarico delle acque pubbliche.

- Sezione A - Dati anagrafici
- Sezione B - Localizzazione impianto
- Sezione C3 - Caratteristiche della reimmissione (solo nel caso in cui avvenga tramite pozzi)
- Sezione C4 - Piezometri di monitoraggio (se presenti)
- Sezione D - Schema con l'ubicazione del/ dei punto/i di prelievo e di restituzione e degli eventuali piezometri di monitoraggio su base catastale aggiornata in scala non inferiore a 1:2000, con l'indicazione del nord geografico
- Sezione E - Stralcio cartografico della CTR a scala 1:10.000 con l'ubicazione dell'impianto comprensivo di una tabella con indicate le coordinate UTM-WGS84 del/dei punto/i di prelievo e di restituzione e degli eventuali piezometri di monitoraggio.

Effetti delle piogge intense nei grandi insediamenti urbani: il sistema di monitoraggio e allarme per la Città di Torino

SECONDO BARBERO, ROBERTO CREMONINI, DAVIDE TIRANTI
Arpa Piemonte, Dipartimento Sistemi Previsionali,
Idrologia ed Effetti al Suolo; Via Pio VII n. 9,
10135 Torino

1. INTRODUZIONE

Le disposizioni normative in materia di protezione civile (D.P.C.M. 27/2/2004 e L. 100/2012) hanno sancito il ruolo fondamentale dei sistemi di previsione e monitoraggio meteorologico ed idrologico, ed in particolare l'importanza dell'acquisizione dei dati in tempo reale e la loro elaborazione e diffusione immediata a tutti i soggetti impegnati nelle fasi di previsione e di gestione delle situazioni di emergenza. Il Dipartimento Nazionale della Protezione Civile e le Regioni hanno quindi provveduto a realizzare un modello organizzativo per la gestione coordinata di un sistema per la sorveglianza e l'allerta nazionale basata sulla costituzione della rete dei Centri Funzionali e dei Centri di Competenza con il compito di operare secondo criteri metodologie, standard e procedure comuni. Il servizio svolto dalla rete dei Centri Funzionali si articola in tre fasi principali.

La prima è quella previsionale, sostenuta da una adeguata modellistica numerica e consiste nella valutazione dei fenomeni meteorologici attesi, valutazione delle criticità attese, nonché degli effetti che tale situazione può determinare sull'integrità della vita, dei beni, degli insediamenti e dell'ambiente. La seconda fase è quella di monitoraggio e sorveglianza e comprende il monitoraggio strumentale dell'evento in atto ed osservazione qualitativa e quantitativa diretta e la sorveglianza delle situazioni impreviste e previsione a breve dei relativi effetti (*nowcasting*). Infine la terza riguarda la valutazione delle criticità idrauliche dei corsi d'acqua principali.

L'importanza di disporre di un servizio efficace e tempestivo è tanto maggiore quanto più il territorio ha beni esposti; è il caso dei grandi insediamenti urbani come Torino che, per la sua posizione e conformazione, è interessata sia a fenomeni di versante (frane superficiali e scivolamenti rotazionali) che di pianura (esondazioni corsi d'acqua e rete di drenaggio urbana). I fenomeni temporaleschi, a cui sono associate precipitazioni intense di breve durata, sono fenomeni estremamente rapidi e di difficile previsione e generalmente coinvolgono porzioni limitate del territorio, ma possono determinare effetti anche molto gravi nei territori ad elevata urbanizzazione.

Al contrario gli eventi alluvionali, a cui sono associate precipitazioni estese e prolungate per più giorni consecutivi, sebbene possano determinare effetti su aree più ampie, sono fenomeni che hanno un'evoluzione più lenta nel tempo e che possono quindi essere affrontati attivando azioni preventive in base alla previsione dell'evoluzione del fenomeno.

Nei paragrafi successivi vengono analizzati i vari strumenti disponibili a supporto della gestione dell'evento pluviometrico breve ed intenso per le diverse tipologie di fenomeni ad esso associato.

2. MONITORAGGIO E NOWCASTING DEI FENOMENI TEMPORALESCHI IN AREE URBANE

I sistemi radar meteorologici polarimetrici sono in grado di fornire in tempo reale stime di precipitazione con elevata risoluzione spaziale e temporale. I progressi della tecnologia, come la stima di precipitazione in tempo reale da sistemi radar meteorologici, pluviometri ed idrometri automatici, nonché i processi automatici di *reporting* con diffusione via Internet, hanno reso possibile la realizzazione di sistemi di allarme in tempo reale (Vieux, 2005). L'implementazione operativa di sistemi distribuiti di previsione delle inondazioni si basano su stime multisensore di precipitazione quantitative (QPE) che li utilizzano stime di precipitazione da sistemi radarmeteorologici e reti a terra di pluviometri come input, mentre storicamente, la previsione delle piene operative era basata sull'utilizzo di modelli concettuali. Una completa revisione dello stato dell'arte sull'utilizzo di sistemi radar meteorologici nel *nowcasting* può essere trovata in Wilson et al. (1998, 2004).

La rete radar piemontese è composta da due sistemi polarimetrici in banda C, installati presso il Bric della Croce (TO), a 736 m s.l.m. sulla sommità della collina di Torino, e presso il Monte Settepani (SV), situato a 1.386 m s.l.m. sull'Appennino Ligure. I dettagli sulla rete radar meteorologica piemontese sono disponibili in Cremonini et al. (2003) e Davini et al. (2012). Arpa Piemonte ha realizzato un avanzato sistema di *nowcasting* dei temporali sulla base di un algoritmo di identificazione ed inseguimento TREC (*Tracking Radar Echo by Correlation*; Rinehart, 1979): le celle tempo-

ralesche sono localizzate, inseguite e caratterizzate con diversi parametri derivati da dati radar e satellitari (massima echo, area, *Vertical Integrated Liquid*, temperatura della nube). Considerando il percorso complessivo del temporale, è possibile prevedere le sue posizioni successive e, di conseguenza, se il temporale interesserà un'area urbanizzata. Un innovativo sistema di *early warning*, denominato UFO (*Urban Floodings Observer*), in grado di prevedere l'occorrenza di fenomeni di *Urban Flooding*, è stato sviluppato in ambiente GIS. Utilizzando la tecnica di *pattern recognition* delle celle temporalesche e ricercando la massima correlazione tra celle ad istanti successivi è possibile determinare il percorso del temporale (Davini et al., 2012). Valori di precipitazione ragguagliata su aree cittadine vengono derivati attraverso lo sfruttamento delle funzionalità GIS integrando in piattaforme Open Source strumenti GFOSS, come PostGIS e PostgreSQL. Le celle convettive sono identificate analizzando i valori massimi di pioggia stimati alla superficie dal composito radar (Handwerker, 2002). Per definire una cella convettiva tutti i punti della griglia con valori di riflettività superiore a 40 dBZ vengono rilevati; in seguito, tutti i punti della griglia superiore a 35 dBZ contigui al massimo già rilevato sono associati ad esso: un minimo di 5 punti della griglia sul dominio radar (che è di circa 3 km² alla risoluzione corrente) deve essere identificato, altrimenti la cella viene scartata. In questo modo, per ogni temporale viene definito un centroide mentre la forma della cella temporalesca è semplificata con ellissi di confidenza al 98% (Fox, 1997; Press, 2007). Una volta che le cellule attive sono localizzate, diversi parametri significativi del temporale vengono calcolati e associati al centroide come l'*EchoTop*, il *Vertical Integrated Liquid* (VIL) (Doviak e Zrnica, 1984) e la probabilità associata di grandine, oppure sono ricavati da dati satellitari (Meteosat-9) come ad esempio la temperatura del *top-cloud*. Inoltre è stato definito il parametro *Severity Storm Index* (SSI), sulla base di analisi fisiche e statistiche di caratterizzazione dei temporali, per sintetizzare la pericolosità corrente di una cella. L'approccio per la definizione del SSI è simile a quello utilizzato da MeteoSvizzera (Hering et al., 2008). Tale indice di severità della cella temporalesca è derivato come segue:



Figura 1 – I Murazzi di Torino allagati durante un recente evento alluvionale.

$$SSI = a_1 * VIL + a_2 * Max Echo + a_3 * ET10 \quad (1)$$

con i pesi a_1 , a_2 , a_3 definiti

$$a_1 = 1/10 \quad a_2 = 1/20 \quad a_3 = 1/200$$

È infatti ben noto che il VIL è un indicatore di dimensione della grandine (Edwards e Thompson, 1998; Amburn and Wolf, 1996), mentre l'EchoTop per riflettività di 10 dBZ fornisce informazioni sullo sviluppo verticale della cellula (Cotton e Anthes, 1992). L'intensità della corrente ascendente (*updraft*) può essere correlata con la massima *echo*, che fornisce anche una stima della massima intensità istantanea di precipitazione, associata al temporale. A partire dalla distribuzione empirica sono stati derivati i valori soglia relativi ai seguenti quantili:

$$SSI = \{ \text{quantile, prob} = [0.5, 0.7, 0.85, 0.95, 1.0] \} \quad (2)$$

La SSI è stata suddivisa in 5 classi corrispondenti ai quantili calcolati in (2). È stata inoltre aggiunta una sesta classe per tenere conto dei temporali di severità mai registrata nei due anni dai quali sono stati derivati i quantili per la definizione del SSI. Valori di precipitazione oraria stimata sui centri urbani superiori a 30 mm e la presenza, o la previsione entro l'ora, di celle con $SSI > 4$ producono un *warning* sull'area urbana con conseguente inaffidamento dei monitoraggi operata anche tramite l'interrogazione puntuale delle stazioni a terra della rete meteoridrografica regionale.

3. PREANNUNCIO DEI FENOMENI DI PIENA A SUPPORTO DELLA GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONALE PER LA CITTÀ DI TORINO

I corsi d'acqua per la città di Torino rappresentano un'importante risorsa ambientale al punto che è stato pensato un progetto "Torino

città d'acqua" che prevede il recupero delle rive dei fiumi in un unico parco fluviale di 70 km, con una superficie di 17 milioni di m². In occasione di piogge persistenti o di violenti nubifragi si possono verificare fenomeni di esondazione, anche importanti, dei corsi d'acqua presenti in tali aree. Dall'incrocio delle aree a rischio idraulico con la carta della situazione antropica si evidenziano le scenari di possibile danno per le aree urbane prospicienti, in particolare, il Fiume Po, i Torrenti Sangone, Dora Riparia e Stura di Lanzo. Tutti i torinesi ricordano le immagini drammatiche dei Murazzi completamente allagati (Fig. 1) durante le recenti alluvioni e l'apprensione per la sicurezza dei ponti Vittorio Emanuele I e Isabella, così come i negozi di Borgo Dora devastati dal fango per l'esondazione della Dora Riparia.

Per una corretta gestione dei fenomeni di inondazione è necessario prevedere un'adeguata pianificazione d'intervento e disporre di un servizio di preannuncio che segnali con anticipo il verificarsi dei fenomeni di piena.

La normativa di protezione civile prevede che vengano predisposte le attività necessarie alla prevenzione e riduzione del rischio idraulico, e che venga assicurato un adeguato governo delle piene, cui devono concorrere le attività di:

- preannuncio e sorveglianza poste in essere attraverso la rete dei Centri Funzionali;
- presidio territoriale idraulico attraverso adeguate strutture e/o soggetti;
- regolazione dei deflussi.

Il Piano Comunale di Protezione Civile della Città di Torino individua i punti critici e prevede l'attivazione di interventi adeguati alla gravità del rischio atteso. Tra questi interventi si prende in considerazione:

- il controllo costante dell'innalzamento del livello dei corsi d'acqua e della tenuta dei manufatti e degli argini;
- l'allertamento della popolazione interessata;

- le predisposizioni per l'eventuale evacuazione delle aree maggiormente minacciate.

La gestione delle piene del Po in quanto fiume di interesse sovraregionale, comporta l'intervento coordinato di più amministrazioni competenti, passando attraverso accordi per la condivisione delle informazioni e dei dati, della previsione e della sorveglianza in tempo reale dei Centri Funzionali interessati. Il Centro Funzionale del Piemonte, utilizzando i modelli idrologici ed idraulici disponibili ed in particolare il sistema informativo di previsione delle piene, valuta attraverso un servizio continuativo il rischio idraulico e, in caso di avviso di criticità idrogeologica ed idraulica, emette uno specifico bollettino di previsione delle piene il quale contiene una stima puntuale del livello idrico previsto riferita ai corsi d'acqua principali.

I livelli attesi sono differenziati in 3 classi di criticità crescente così definite:

- O) Ordinaria - la portata occupa tutta la larghezza del corso d'acqua con livelli sensibilmente al di sotto del piano campagna; bassa probabilità di fenomeni di esondazione; è richiesto di prestare attenzione all'evoluzione della situazione;
- M) Moderata - la portata occupa l'intera sezione fluviale con livelli d'acqua prossimi al piano campagna; alta probabilità di fenomeni di inondazione limitati alle aree prospicienti il corso d'acqua e moderati fenomeni di erosione.
- E) Elevata - la portata non può essere contenuta nell'alveo; alta probabilità di fenomeni di inondazione estesi alle aree distali del corso d'acqua e di intensi fenomeni di erosione e di alluvionamento.

Nella città di Torino sono disponibili le previsioni delle portate oltre che per il Fiume Po anche per i corsi d'acqua Dora Riparia e Stura di Lanzo per le 36 ore successive. I tempi di preannuncio consentono di affrontare l'evento di piena attivando preventivamente le

azioni preparatorie previste nella pianificazione di emergenza comunale rafforzando il controllo ed il monitoraggio dell'evoluzione del fenomeno nonché, se è il caso, le misure cautelari necessarie.

4. I FENOMENI GRAVITATIVI IN AREE DENSAMENTE URBANIZZATE: LA COLLINA DI TORINO

Nei grandi agglomerati urbani caratterizzati da un'orografia complessa in cui siano comprese aree rilevate, si può assistere all'occorrenza di fenomeni gravitativi analogamente a quanto accade per aree montane e pedemontane. La Collina di Torino rientra per l'appunto in tale casistica, dove i rilievi collinari caratterizzati da versanti acclivi e da notevoli dislivelli sono densamente urbanizzati. A differenza delle aree montane, la massiccia presenza di strutture ed infrastrutture antropiche modificano in modo importante la naturale risposta idrologica dei versanti amplificando di fatto gli effetti delle precipitazioni. La fitta rete stradale, i sistemi per la raccolta delle acque ruscellanti (sistemi di canaline, barbacani, ecc) e la diffusa presenza di costruzioni sui versanti, costituiscono estese aree di raccolta, concentrazione e convogliamento delle acque piovane che spesso, in occasione di piogge intense, non riescono ad essere smaltite adeguatamente dalla rete fognaria e di conseguenza si riversano lungo i versanti con maggior energia. Tale fenomeno viene comunemente indicato in letteratura scientifica con il termine *urban flooding*.

Proprio per questo motivo il maggior numero di fenomeni franosi si verificano, ad esempio, in prossimità dei rilevati stradali, all'emergenza di tubazioni per lo smaltimento delle acque superficiali o in prossimità di muri e scarpate artificiali di abitazioni e strade.

I fenomeni gravitativi tipici della Collina di Torino rientrano essenzialmente in tre categorie:

- le frane per saturazione e fluidificazione della coltre superficiale, dette anche frane superficiali (*shallow landslide*) per la scarsa profondità a cui si sviluppa la superficie di movimento (da una decina di centimetri fino ad un massimo di 1,5 m). Sono anche indicate come "frane da pioggia", cioè causate direttamente dalle piogge d'evento, intense e/o prolungate, senza alcun tipo di influenza da parte di piogge antecedenti (Tiranti and Rabuffetti, 2010). Queste frane hanno infatti evoluzione istantanea (assenza di segni premonitori). Solitamente si sviluppano maggiormente su versanti con pendenze comprese tra ai 18° e i 45° costituiti da coperture eluvio-colluviali o detritico-colluviali;
- le frane per scivolamento rotazionale (*rotational slide*) sono frane che si sviluppano generalmente in corrispondenza

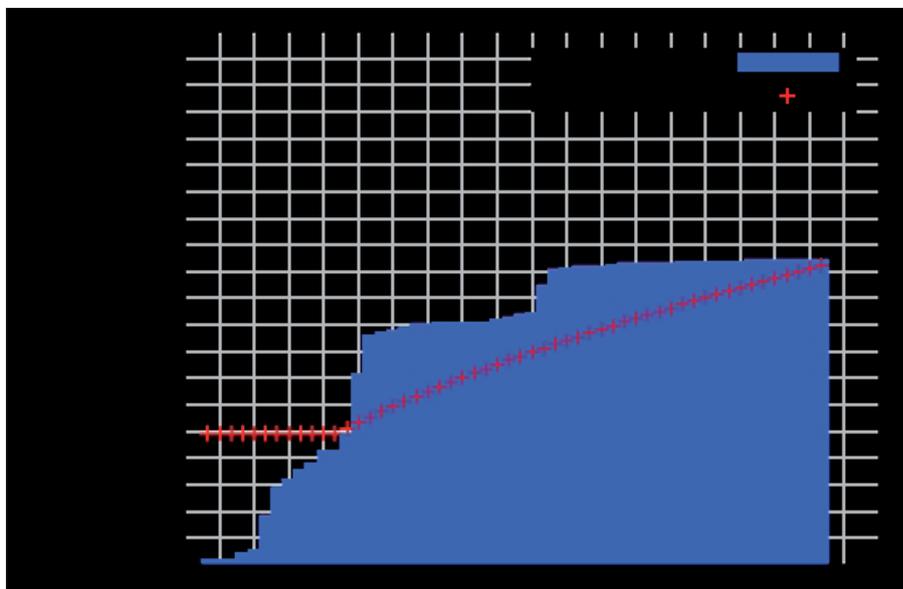


Figura 2 – Un grafico restituito dal modello SMART evidenzia il superamento della soglia di innesco (linea rossa) dai valori di pioggia cumulata (area blu).

di orli di terrazzo e di scarpate naturali o artificiali. Tali fenomeni hanno dimensioni variabili da pochi metri cubi ad intere porzioni di versante, sono caratterizzati da profondità della superficie di scivolamento superiori a 2 m e possono evolvere in colata (*earth flow*). Oltre alla profondità della superficie di scivolamento, la caratteristica che distingue gli scivolamenti rotazionali dalle frane per saturazione e fluidificazione della coltre superficiale, è la stretta dipendenza del loro innesco dalle piogge antecedenti;

- I *disintegrating soilslip* (Kesseli, 1943) sono frane superficiali estremamente pellicolari, interessano infatti solo i primi cm delle coperture superficiali, a volte identificabili solo come modeste lacerazioni nella cotica erbosa. L'innesco di tali fenomeni è legato principalmente al ruscellamento diffuso che può causare erosione accelerata del suolo. Le condizioni scatenanti più frequenti sono legate a piogge brevi ed intense.

Si può riscontrare anche una quarta tipologia di frana, comunemente indicata con il termine "scivolamento traslativo" (*translational slide*). Tali frane si sviluppano nel substrato sedimentario della collina, provocando lo scivolamento di uno o più blocchi di substrato lungo una o più superfici circaplanari, solitamente coincidenti con le superfici di stratificazione, situate anche a notevole profondità. Questi fenomeni, il cui innesco è fortemente condizionato dalle piogge antecedenti, analogamente a quanto accade per gli scivolamenti rotazionali, si verificano assai raramente in Collina di Torino a tal punto da poter essere trascurati in questa trattazione.

Negli ultimi anni si sono registrati diversi eventi di frana in Collina di Torino, in particolare a partire dal 2007 si sono verificati inneschi di

frana, ascrivibili alle tipologie sopra descritte, causati da eventi pluviometrici che rientrano in un'ampia casistica: temporali di forte/molto forte intensità; piogge intense, prolungate ed estese; piogge prolungate ed estese con il contributo della fusione del manto nevoso.

In tutti i casi considerati, la componente di amplificazione degli effetti delle piogge da parte del tessuto urbano nell'innesco di tali fenomeni si è evidenziata durante l'analisi dei rapporti cause-effetti riscontrati in tali eventi, come anche sottolineato dai risultati del modello per la previsione dell'innesco di frane superficiali, denominato SMART (*Shallow landslides Movements Announced through Rainfall Thresholds*), sviluppato dal Centro Funzionale di Arpa Piemonte (Tiranti and Rabuffetti, 2010) (Fig. 2).

Dalle analisi condotte sui rapporti tra piogge ed innesco di frane superficiali, si è evidenziato che: prima di 12 ore consecutive di pioggia (tratto orizzontale della soglia di figura 2) non si verificano frane superficiali ma fenomeni di erosione accelerata del suolo e/o *disintegrating soilslip*; per un intervallo di non-pioggia superiore alle 6 ore l'evento pluviometrico è da considerarsi esaurito e il conteggio dei valori di pioggia necessari all'innesco di frane/fenomeni superficiali deve essere ricondotto ad un tempo iniziale (t_0); maggiore è l'entità del superamento maggiore è la probabilità di inneschi diffusi nell'intorno della stazione pluviometrica considerata.

5. CASO STUDIO: L'EVENTO TEMPORALESCO DEL 20 GIUGNO 2007 SU TORINO

Nella giornata del 20 giugno un violento nubifragio si è abbattuto sulla Città di Torino. Una cella temporalesca si è originata intorno alle 17:00 (ora locale) interessando inizialmente Torino Nord ed estendendosi rapidamente su gran parte della città. A partire

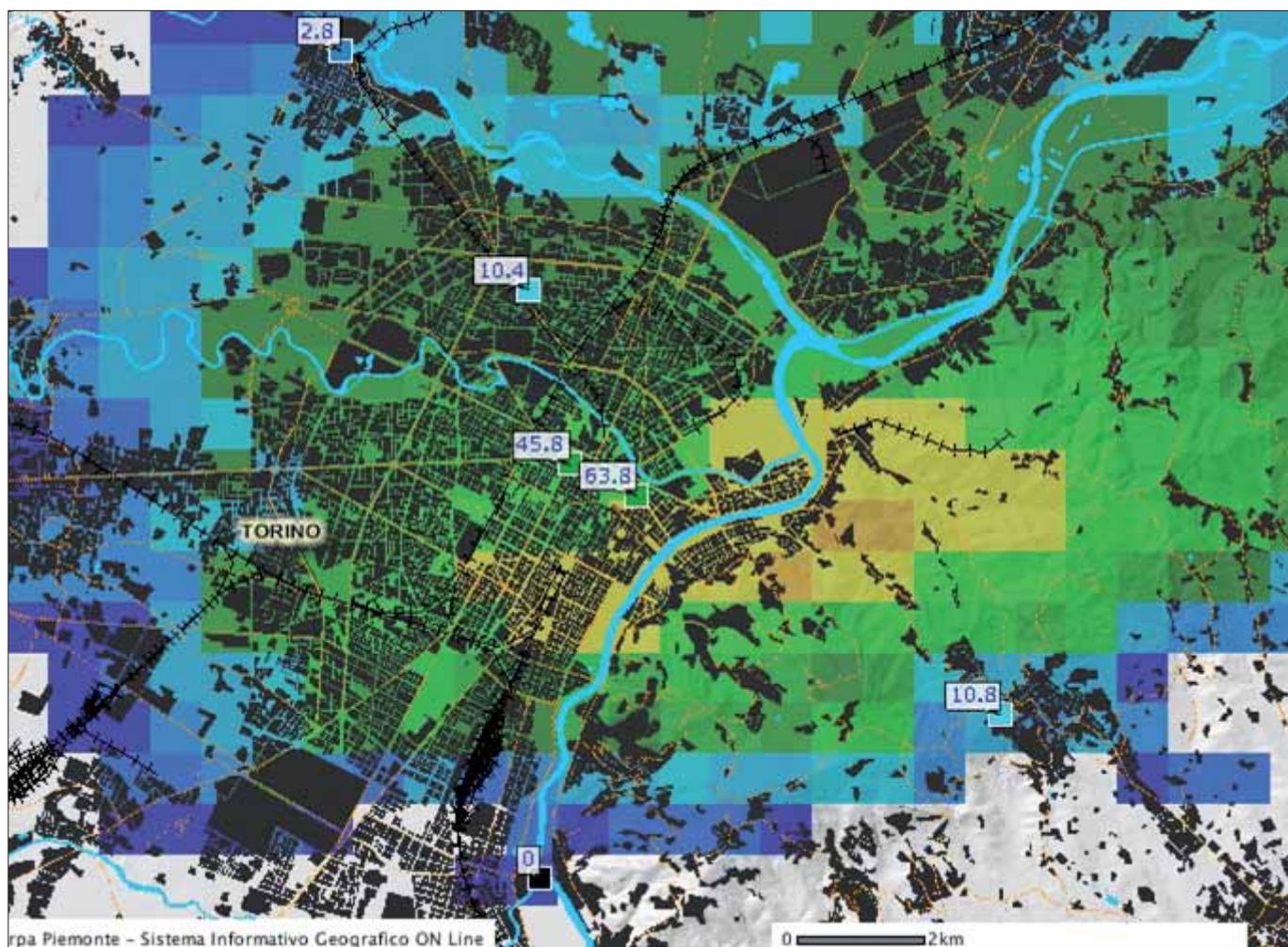


Figura 3 – Precipitazione cumulata, stimata da radar di Bric della Croce, tra le 12:00 e le 18:00 UTC. I valori in arancione corrispondono ad una precipitazione compresa tra 90 e 110 mm. I valori numerici si riferiscono alla cumulata totale (mm) registrata dai pluviometri (simboli quadrati).



Figura 4 – Modello tridimensionale delle aree interessate dall'evento. Le aree in rosso lungo il Po rappresentano zone che hanno subito parziali allagamenti e deflussi superficiali provenienti dai bacini collinari; le restanti aree in rosso rappresentano i settori maggiormente colpiti dalle frane superficiali e da fenomeni di erosione accelerata del suolo. I "segnaposto" bianchi indicano le frane superficiali maggiormente significative (immagine elaborata dal Dipartimento Tematico Geologia e Dissesto di Arpa Piemonte).

dalle 18:00 (ora locale) il centro cittadino ed i quartieri collinari sono stati interessati da grandine, forti raffiche di vento e da un violento rovescio. La stazione meteorologica di Giardini Reali ha registrato 58,4 mm in un'ora.

La persistenza di un anticiclone africano sul Mediterraneo nel periodo dal 17 al 20 giugno ha mantenuto sul Piemonte condizioni di instabilità atmosferica diffusa, con molta umidità a tutti gli strati dell'atmosfera e temperature molto alte sulla regione (29/32 °C sulle pianure piemontesi il 19/06).

Dal 19 giugno una profonda circolazione depressionaria di origine atlantica si è mossa verso l'Europa occidentale, influenzando il Piemonte con correnti umide sudoccidentali e forti condizioni di instabilità atmosferica. Tra le ore 14:30 e le 15:00 UTC una prima cella temporalesca si è innescata sulla Città di Torino, con i primi fenomeni grandinigeni e le prime precipitazioni molto localizzate di debole intensità. Tale cella ha causato in seguito l'innescio di un'altra cella temporalesca, mediante un meccanismo di rigenerazione tipico delle multicelle, ma molto più energetica, che causa precipitazioni eccezionali (oltre 50 mm/h) sulla zona di Torino, con episodi grandinigeni anche molto intensi.

Tale evento dal punto di vista meteorologico è quindi definibile come temporale multicellulare ad asse obliquo (o tempesta a "V"), non sono presenti caratteristiche tipiche delle supercelle, quali l'elevata durata temporale, la circolazione mesociclonica interna alla cella e le celle stesse sono risultate molto limitate spazialmente. Non si sono avute evidenze di trombe d'aria o fenomeni tornadici, per quanto si siano registrati notevoli rinforzi dei venti in presenza delle precipitazioni più elevate.

L'evento pluviometrico ha trovato riscontro anche nell'analisi delle mappe fornite dal Sistema di Rilevamento Regionale Radar Meteorologico che ha rilevato lo sviluppo della cella temporalesca su Torino e ne ha seguito costantemente l'evoluzione: sviluppo della cella su Torino nord, intorno alle 15:20 UTC, con valori di precipitazione superiori a 30 mm/h; nei 10 minuti successivi si è verificata la nascita di un nuovo nucleo convettivo su Torino centro, che poi si è intensificato ed è rimasto quasi stazionario rispetto ai flussi nella media troposfera, con uno spostamento molto lento verso le zone collinari. Solo dopo le 16:30 UTC la cella ha iniziato ad oltrepassare la Collina di Torino, per estinguersi completamente intorno alle 17:20 UTC.

È proprio la caratteristica di quasi stazionarietà durante più di un'ora (15:30 - 16:30 UTC) che ha fatto assumere all'evento i connotati tipici della principale causa del fenomeno di *urban flooding*, con le conseguenze in termini di precipitazione cumulata, visibili in figura 3 (precipitazione cumulata su 6 ore,



Figura 5 – a) Frane superficiali, strada Cartman; b) materiale detritico accumulato in strada Mongreno da fenomeni di ruscellamento diffuso e concentrato.

tra le 12:00 e le 18:00 UTC). In figura 3, si può notare il massimo di precipitazione nella zona tra precollina e collina (Madonna del Pilone) intorno a 100 mm, ben superiore a 63.8 mm registrati dalla stazione di Giardini Reali.

A seguito di tale evento si sono registrati numerosi dissesti che hanno interessato in particolare la Collina di Torino, compresa la fascia pedecollinare dove si sono verificati alcuni fenomeni di esondazione lungo il Po (Fig. 4).

La casistica dei fenomeni riscontrati rispecchia quanto detto nei paragrafi precedenti: in particolare si sono principalmente osservati fenomeni franosi superficiali (Fig. 5a) e fenomeni di ruscellamento diffuso e concentrato, con conseguente erosione accelerata del suolo, che hanno trasportato e depositato materiale detritico, fango e resti vegetali sulla rete viaria principale e secondaria (Fig. 5b).

L'area colpita dall'evento temporalesco del 20 giugno 2007 è caratterizzata da numerosi processi di instabilità pregressi a danno del reticolo idrografico secondario e dei versanti a testimonianza di una notevole e ri-

conosciuta "fragilità" di tali zone. Le condizioni morfometriche e lito-strutturali dell'area hanno favorito lo sviluppo e l'evoluzione di tali fenomenologie i cui effetti sono stati amplificati dalla intensa antropizzazione.

Di seguito è illustrata una cartografia delle segnalazioni storiche di processi di instabilità dei versanti e di attività fluviale e torrentizia tratta dalla Banca Dati del Sistema Informativo Geologico di Arpa Piemonte per un periodo compreso tra il 1800 e il 2000. (Figura 6).

6. CONCLUSIONI

In aree densamente popolate l'occorrenza di fenomeni pluviometrici intensi, anche di breve durata, può causare ingenti danni e disagi proprio in virtù dell'effetto di amplificazione delle piogge operato dall'urbanizzazione. I fenomeni di *urban flooding* sono tra le principali cause di dissesto nelle aree urbanizzate poiché le loro cause, i temporali per l'appunto, si presentano con maggior frequenza rispetto, ad esempio, ad eventi alluvionali collegati a piogge prolungate, estese e a carattere estremo.

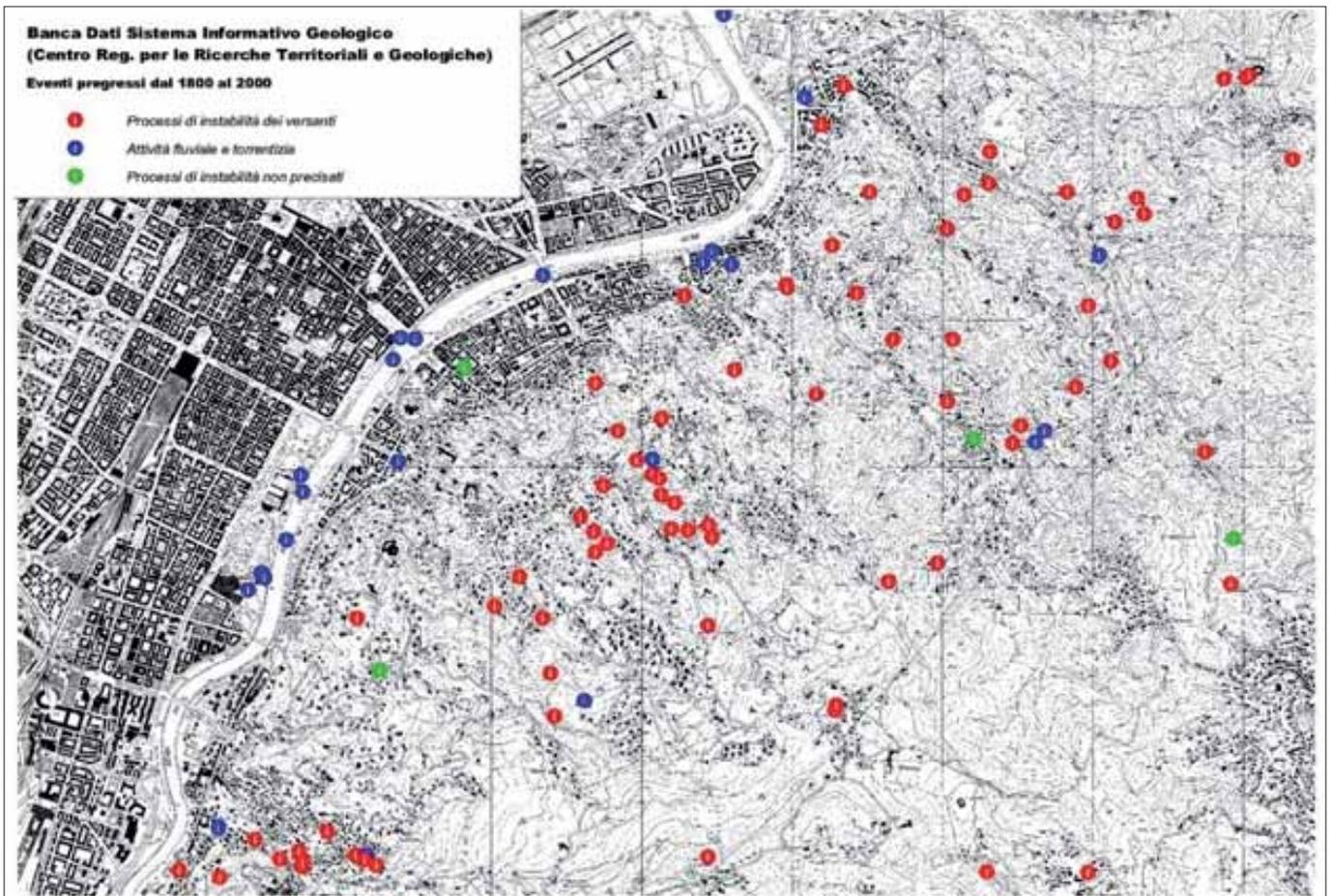


Figura 6 – Dissesti progressi (1800 al 2000) raccolti presso il Sistema Informativo Geologico, scala 1:30.000 (cartografia elaborata dal Dipartimento Tematico Geologia e Dissesto di Arpa Piemonte).

Per questi ultimi, come descritto, le tecniche di previsione operative consentono un preavviso sufficiente per poter attivare preventivamente le azioni preparatorie di protezione civile e le eventuali misure cautelari necessarie.

Per i fenomeni a rapida evoluzione sono invece stati implementati strumenti e tecniche di previsione a breve termine (*nowcasting*) di estrema utilità per la loro individuazione e localizzazione spaziale. Si auspica che in futuro questi strumenti possano essere utilizzati non solo dagli addetti ai lavori, ma anche dai cittadini per l'adozione consapevole di azioni di autoprotezione da adottare in corso di evento.

7. RIFERIMENTI

- A.A. V.V. (2005) *Dalla valutazione alla previsione dei rischi naturali*. Arpa Piemonte; pp. 250. ISBN 88-7479-082-1
- AMBURN S., AND WOLF P. (1996) *VIL Density as a Hail Indicator. 18th Conference on Severe Local Storms*. San Francisco, CA, Amer. Meteor. Soc., 581-585.
- CITTÀ DI TORINO (2008) *Piano Comunale di Protezione Civile* www.comune.torino.it
- COTTON W.R. AND ANTHES R.A. (1992) *Storm and Cloud Dynamics (International Geophysics Series)*, Academic Press, San Diego, New York.
- CREMONINI R., BECHINI R., BARBERO S., RABUFFETTI D. (2003) *Use of weather radar data in Regione Piemonte for hydrological risk management*, proc. VI ECAM, Rome, September 2003.
- DAVINI P., BECHINI R., CREMONINI R., CASSARDO C. (2012) *Radar-Based Analysis of Convective Storms over Northwestern Italy*. *Atmosphere*; 3(1):33-58.
- DIRETTIVA DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI (27 febbraio 2004) *Indirizzi operativi per la gestione organizzata e funzionale del sistema di allertamento nazionale e regionale per il rischio idrogeologico ed idraulico ai fini di protezione civile*, Gazzetta Ufficiale n. 59 dell'11 marzo 2004 e s.m.i.
- DOVIK R.J. AND ZRNIC D.S. (1984) *Doppler radar and weather observations*; Academic Press, 1984.
- DUNCAN M.R., AUSTIN B., FABRY F., AUSTIN G.L. (1993) *The effect of gauge sampling density on the accuracy of streamflow prediction for rural catchments*. *J. Hydrol.* 1993, 142, 445-476.
- EDWARDS R., THOMPSON R.R.L. (1998) *Nationwide comparisons of hail size with wsr-88d vertically integrated liquid water and derived thermodynamic sounding data*. *Wea. Forecasting*, 13, 277-285.
- FERGUSON S.A. AND BREYFOGLE S. (1994) *Precipitation identification for hazard reduction*. Washington State Department of Transportation Final Report, WA-RD 316.2. 44 pp.
- FOX J. (1997) *Applied Regression, Linear Models, and Related Methods*. Sage.
- HANDWERKER J (2002) *Cell tracking with TRACE3D: a new algorithm*. *Atmospheric Research* 2002, 61, 15 - 34.
- HERING A.M., GERMAN U., GALLI G., BOSCACCI M., SÉNÉSI S. (2008) *Operational nowcasting of thunderstorms in the Alps during MAP D-PHASE*. Proceedings of the 5th European Conference on Radar Meteorology (ERAD 2008), June 30 - July 4, Helsinki, Finland.
- KESSELI L.E. (1943) *Disintegrating soil slip of the Coast Ranges of Central California*. *Journ. Geology Boll.* 51(5):342-352 Chicago.
- MARSHALL J.S. AND PALMER W.M. (1948) *The distribution of raindrops with size*. *Journal of Meteorology*, Vol. 5, pp. 165-166.
- MECKLENBURG S., SCHMID W., JOSS J. (1999) *COTREC - a simple and reliable method for nowcasting complex radar pattern over complex orography*. Final Seminar of COST-75: An Advanced Weather Radar Systems 1999, 61, 441-450.
- PRESS W.H. (2007) *Numerical Recipes. The Art of Scientific Computing*, 3rd Edition. ISBN 0-521-88068-8
- REGIONE PIEMONTE (2005) *Disciplinare per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allertamento regionale ai fini di protezione civile*, Bollettino Ufficiale n. 21 del 26 maggio 2005 2° supplemento e s.m.i.
- RINEHART R.E. AND GARVEY E.T. (1978) *Three-dimensional storm motion detection by conventional meteorological radar*. *Nature* 1978, 273, 287-189.
- TIRANTI D. AND RABUFFETTI D. (2010) *Estimation of rainfall thresholds triggering shallow landslides for an operational warning system implementation*. *Landslides* 7 n.4, 471-481; Springer-Verlag. DOI: 10.1007/s10346-010-0198-8
- VIEUX B.E., BEDIANT P.B. AND MAZROI E. (2005) *Real-time urban runoff simulation using radar rainfall and physics-based distributed modeling for site-specific forecasts*, 10 th International Conference on Urban Drainage, Copenhagen/Denmark, 21-26 August 2005.
- WILSON J.W., CROOK N.A., MUELLER C.K., SUN J., DIXON M. (1998) *Nowcasting Thunderstorms: A Status Report*. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 79, 2079-2099.
- WILSON J.W., EBERT E.E., SAXEN T.R., ROBERTS R.D., MUELLER C.K., SLEIGH M., PIERCE C.E., SEED A. (2004) *Sydney 2000 Forecast Demonstration Project: Convective Storm Nowcasting*. *Wea. Forecasting*, 19, 131-150. DOI: 10.1175/1520-0434(2004)019<0131:SFDPCS>2.0.CO;2

Le discariche di rifiuti e la bonifica dei siti inquinati sul territorio della Provincia di Torino

GIAN LUIGI SOLDI
Provincia di Torino, Area Sviluppo Sostenibile e Pianificazione Ambientale, Servizio Gestione Rifiuti e Bonifiche - Ufficio Discariche e Bonifiche

SAMANTHA ROSATI
Provincia di Torino, Area Sviluppo Sostenibile e Pianificazione Ambientale, Servizio Gestione Rifiuti e Bonifiche - Ufficio Discariche e Bonifiche

CLAUDIA VIOTTO
Provincia di Torino, Area Sviluppo Sostenibile e Pianificazione Ambientale, Servizio Gestione Rifiuti e Bonifiche - Ufficio Discariche e Bonifiche

1. PREMESSA

Le attività in materia di discariche di rifiuti e bonifica dei siti inquinati occupano un importante e vasto settore delle competenze in materia ambientale della Provincia di Torino. Entrambe le attività suddette, sebbene seguano percorsi normativi ed amministrativi diversi, sono state interessate da una profonda evoluzione a decorrere dalla fine degli anni '90, con l'adozione di norme nazionali specifiche in materia di bonifiche (D.M. 471/99 e D.lgs 152/2006) e a seguito del recepimento delle Direttive Europee "Discariche" (Direttiva 1999/31/CE e Decisione 2003/33/CE) nel D.lgs 36/2003 e nel più recente D.M. 27 settembre 2010, che hanno determinato un incremento esponen-

ziale del numero di procedimenti ed un aumento della loro complessità.

Inoltre, presso alcuni impianti di discarica più "datati", anche se comunque già caratterizzati da caratteristiche costruttive e modalità gestionali adeguate alle normative vigenti, sono state avviate procedure di bonifica, a seguito della rilevazione di indici di inquinamento nelle acque sotterranee riconducibili al rilascio di percolato nel sottosuolo.

2. ATTIVITÀ DELLA PROVINCIA DI TORINO IN MATERIA DI DISCARICHE DI RIFIUTI

La Provincia di Torino è competente all'autorizzazione ed al controllo delle attività di discarica di rifiuti urbani e speciali, regolate da norme specifiche rappresentate dal

D.lgs 36/2003, in materia di discariche, dal D.M. 27 settembre 2010, in materia di criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica.

All'anno 2012 si contano sul territorio della Provincia di Torino n. 14 siti autorizzati di discarica attiva per Rifiuti Pericolosi e Rifiuti Non Pericolosi (Fig. 1), dei quali 3 in fase di costruzione. Dei suddetti siti, n. 2 siti sono rappresentati da discariche per rifiuti pericolosi, tra i quali un Deposito Sotterraneo di Rifiuti. Quest'ultimo impianto, autorizzato nel 2009 ed attualmente in fase di costruzione, è ubicato nel Comune di Cesana T.se nei pressi del confine con la Francia. Si tratta di un impianto specifico, dedicato al confinamento materiale di scavo contenente amianto proveniente dalla realizzazione di una galleria stra-

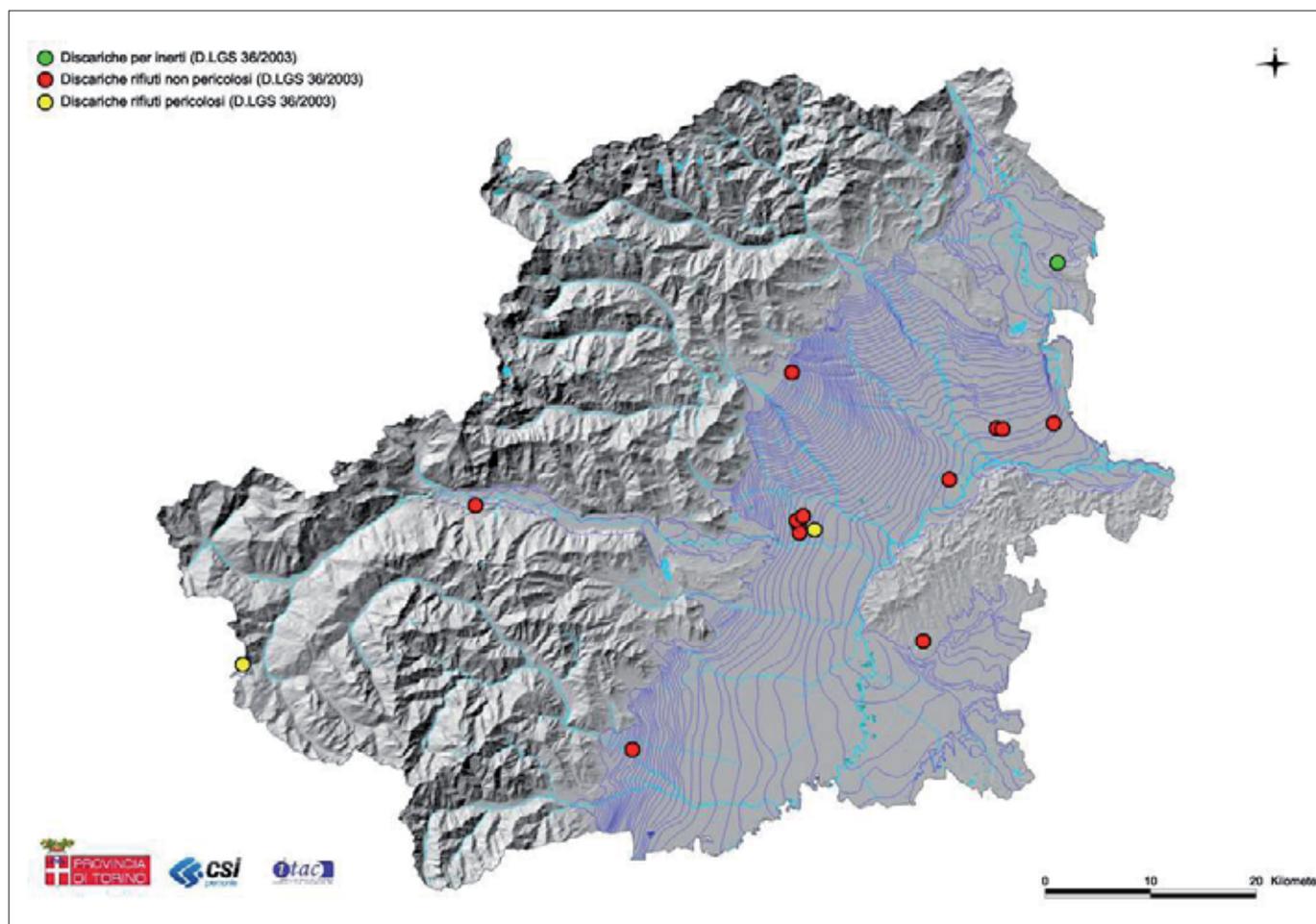


Figura 1 – Ubicazione delle discariche attive presenti sul territorio della Provincia di Torino.

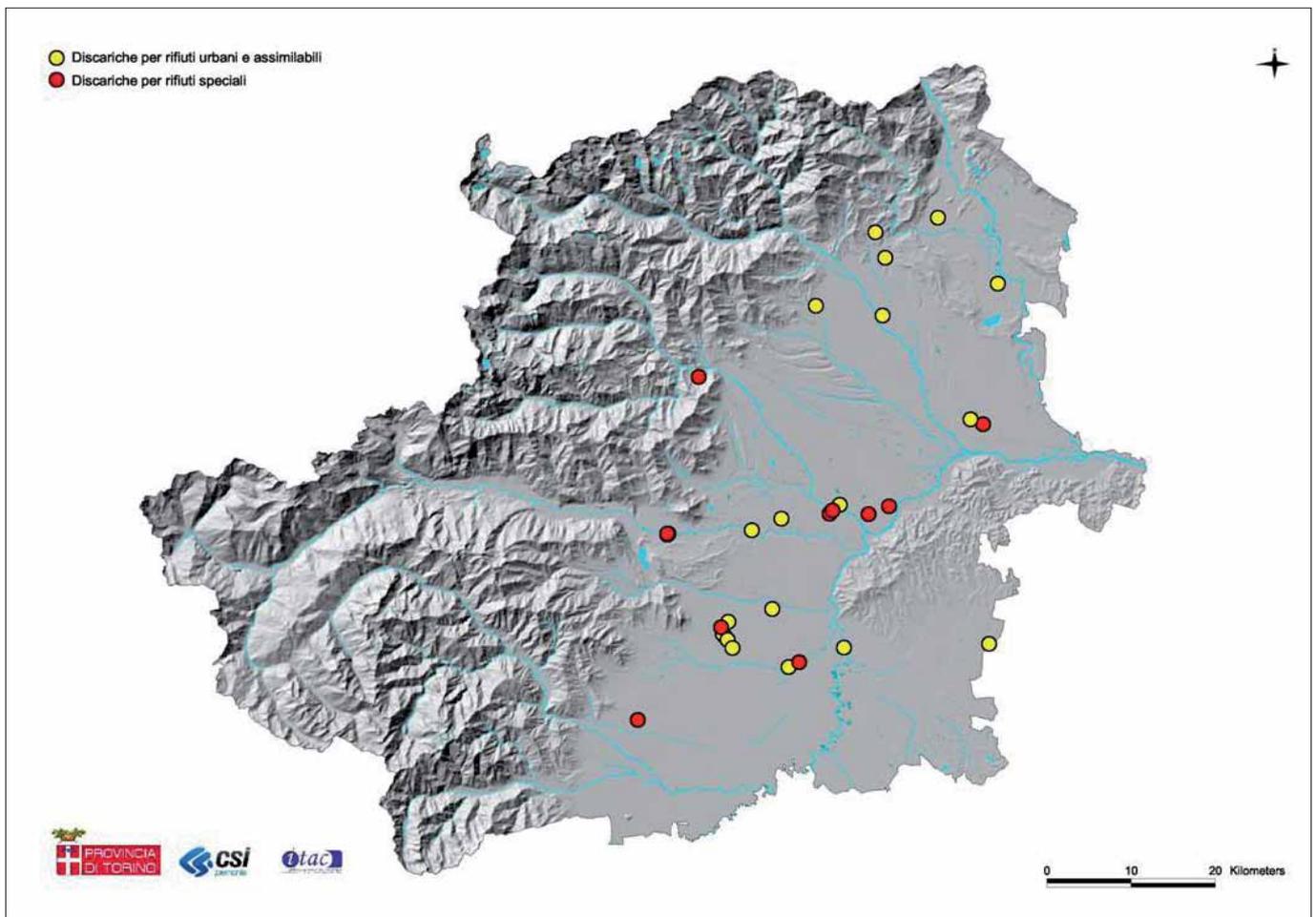


Figura 2 – Ubicazione delle discariche in fase di gestione post-chiusura presenti sul territorio della Provincia di Torino.

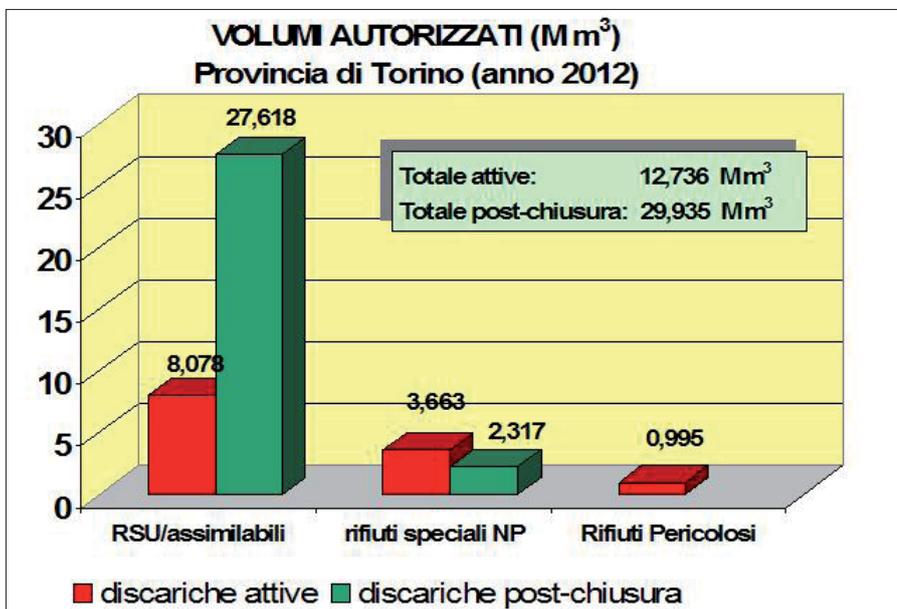


Figura 3 – Volumi di rifiuti contenuti nelle discariche autorizzate presenti sul territorio della Provincia di Torino.

dale e rappresenta una fattispecie particolare di discarica contemplata dalla normativa europea e nazionale.

Nel corso del 2011 la Provincia di Torino ha inoltre provveduto al rilascio dell'Autorizzazione ai sensi dell'art. 208 del D.lgs 152/2006, per una "nuova" Discarica per Rifiuti Inerti, sita nel Comune di Caravino. Quest'ultima categoria di discarica rappresenta una tipologia di impianto completa-

mente diversa dalle omonime discariche per inerti di II categoria tipo A, previste dalla normativa tecnica nazionale vigente fino al 2003, la D.C.I. del 27/07/1984. Per le discariche di rifiuti inerti sono attualmente richieste dotazioni impiantistiche molto prossime a quelle previste per le discariche di Rifiuti Non Pericolosi, con particolare riferimento ai sistemi di impermeabilizzazione di fondo, di estrazione del percolato ed alla barriera di copertura

finale, in quanto possono ospitare un vasto numero di tipologie di rifiuti.

Per quanto riguarda le discariche in fase di gestione post-chiusura (Fig. 2), si contano sul territorio provinciale n. 28 siti (ex discariche di I categoria e di II categoria tipo B, ai sensi della D.C.I. del 27/7/84), dei quali 10 relativi a discariche per rifiuti industriali.

Complessivamente, al mese di settembre 2012, i volumi di discarica "controllata" autorizzati sul territorio della Provincia di Torino ammontano a circa 43 milioni di m³, dei quali 12,7 milioni di m³ riferiti a siti attivi e 29,9 milioni di m³ riferiti a siti in fase di gestione post-chiusura (Fig. 3).

3. ATTIVITÀ DELLA PROVINCIA DI TORINO IN MATERIA DI BONIFICA DEI SITI INQUINATI

Le competenze della Provincia di Torino in materia di Messa in Sicurezza, Bonifica e Ripristino Ambientale dei siti inquinati, a seguito delle deleghe attribuite dalla Regione Piemonte con le LL.RR n. 42/2000 e n. 44/2000 e mantenute dalla stessa Regione anche a seguito delle modifiche normative introdotte D.lgs 152/2006 e s.m.i., riguardano le seguenti attività:

- controllo e verifica degli interventi di bonifica e del monitoraggio ad essi conseguenti

- certificazione finale dell'avvenuta bonifica
- espressione del parere vincolante nell'ambito dei procedimenti di approvazione dei progetti di bonifica di competenza dei Comuni
- adozione dell'anagrafe provinciale dei siti da bonificare e suo sistematico aggiornamento;
- approvazione del progetto, sentito il parere dell'apposita conferenza dei servizi, ed autorizzazione degli interventi di bonifica e di messa in sicurezza che ricadono nel territorio di più Comuni
- esercizio del potere sostitutivo nei confronti dei soggetti obbligati nei casi in cui il sito inquinato ricada nel territorio di più Comuni,
- esercizio del potere sostitutivo nei confronti dei Comuni che non provvedono a realizzare gli interventi di messa in sicurezza, di bonifica e di ripristino ambientale
- valutare e trasmettere alla Regione Piemonte delle richieste di finanziamento presentate dai Comuni nell'ambito della bonifica dei siti inquinati, con definizione delle priorità di intervento
- valutare, insieme al Comune, le autocertificazioni inerenti l'assenza di superamento delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione, in caso di evento potenzialmente

inquinante eseguire le indagini ed attività istruttorie nell'ambito della approvazione dei progetti di bonifica, con il supporto dell'ARPA

- eseguire le indagini per l'identificazione del responsabile dell'inquinamento
- diffidare mediante ordinanza a provvedere agli interventi di bonifica, nel caso di segnalazione -da parte dei soggetti pubblici di situazioni di inquinamento

- identificare il soggetto responsabile dell'inquinamento, nel caso di notifica da parte di soggetti non responsabili

3.2 LA CRESCITA DEI PROCEDIMENTI DI BONIFICA

Sebbene fin dal 1995 la Regione Piemonte avesse già emanato delle "Linee Guida" per la bonifica dei siti inquinati, nel corso degli anni, a partire dall'entrata in vigore delle disposizioni del D.M. 471/99 e del successivo



Figura 4 – Crescita dei procedimenti di bonifica nel corso degli anni, aggiornata a fine anno 2011.

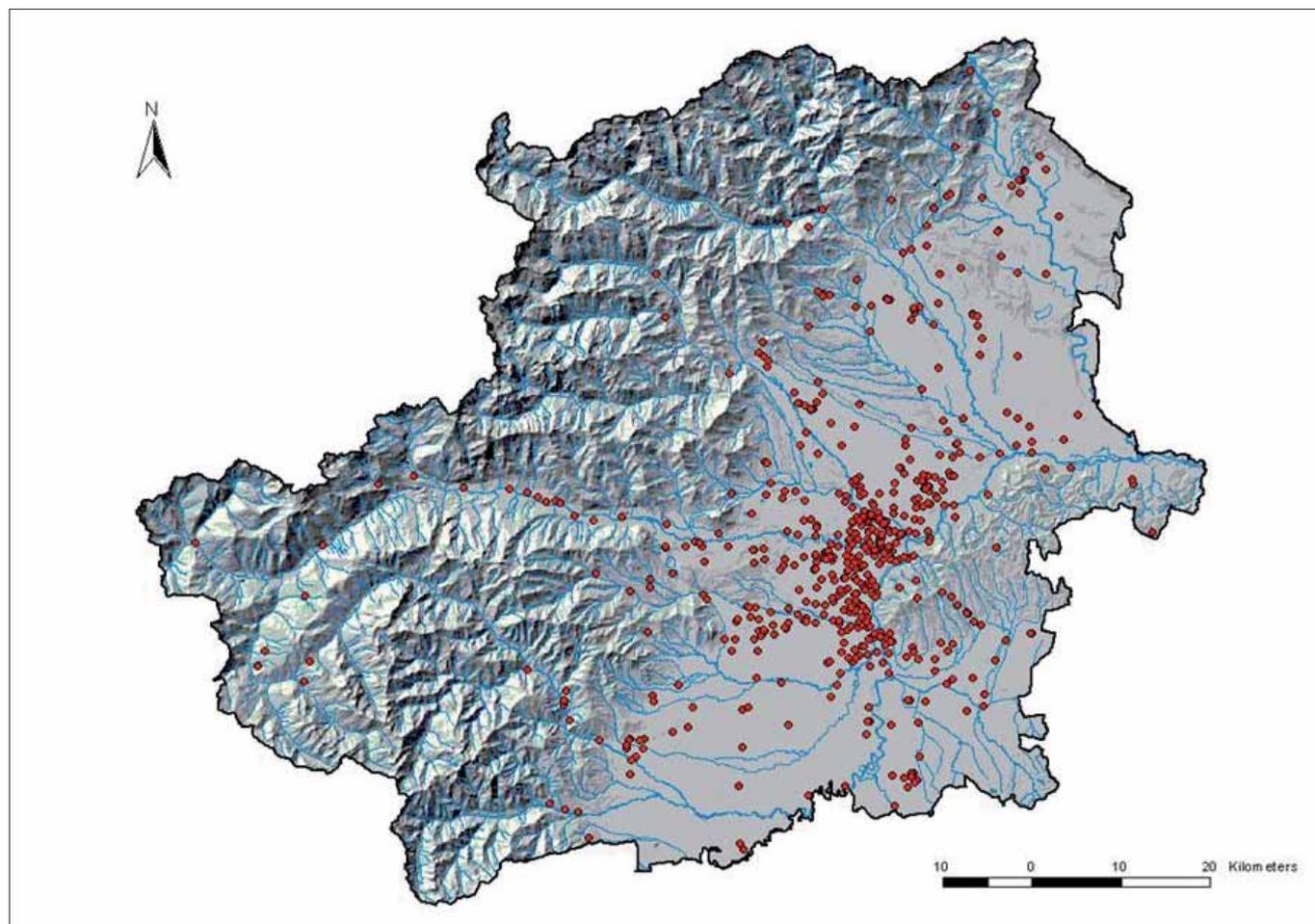


Figura 5 – Ubicazione dei siti sottoposti a procedure di bonifica a fine anno 2011 sul territorio della Provincia di Torino.

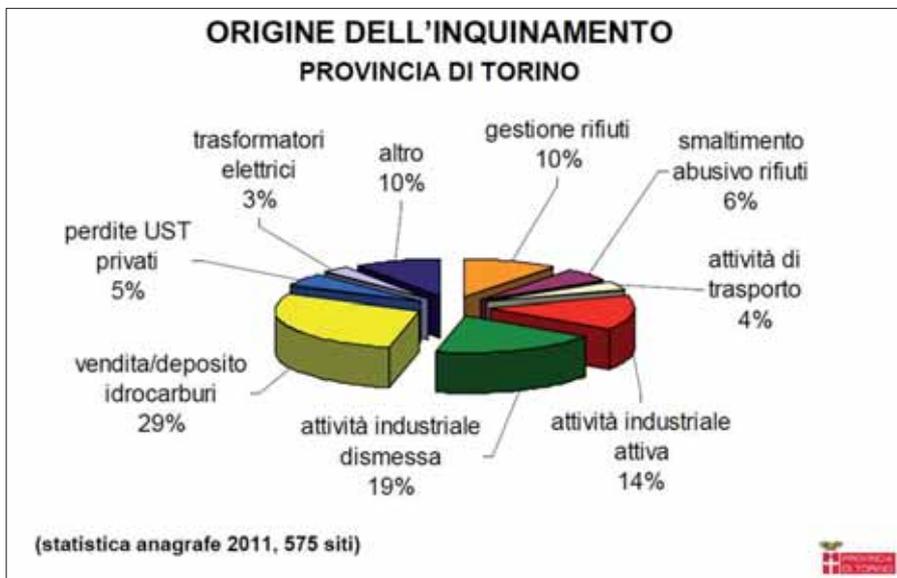


Figura 6 – Attività origine dell'inquinamento.

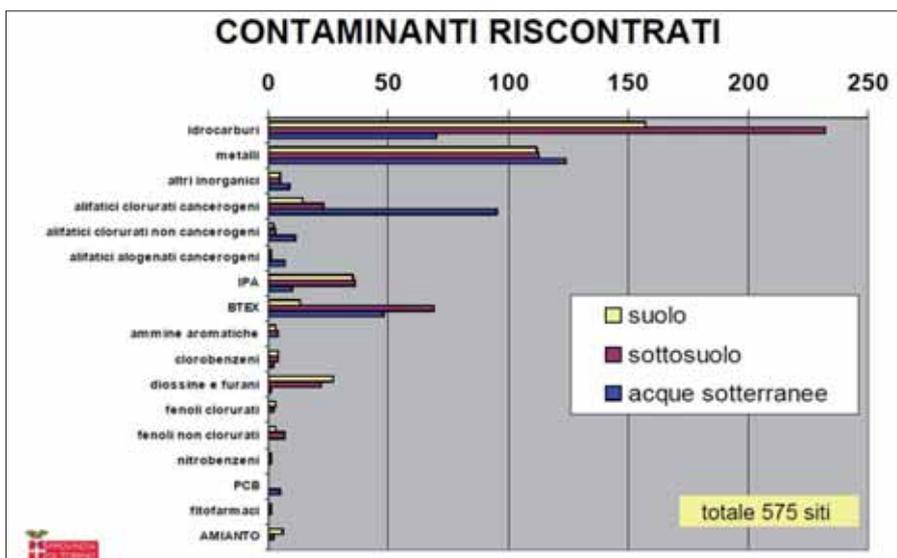


Figura 7 – Tipologia di inquinanti riscontrata nel terreno (suolo e sottosuolo) e nelle acque sotterranee (in ascissa il n. di siti interessati).

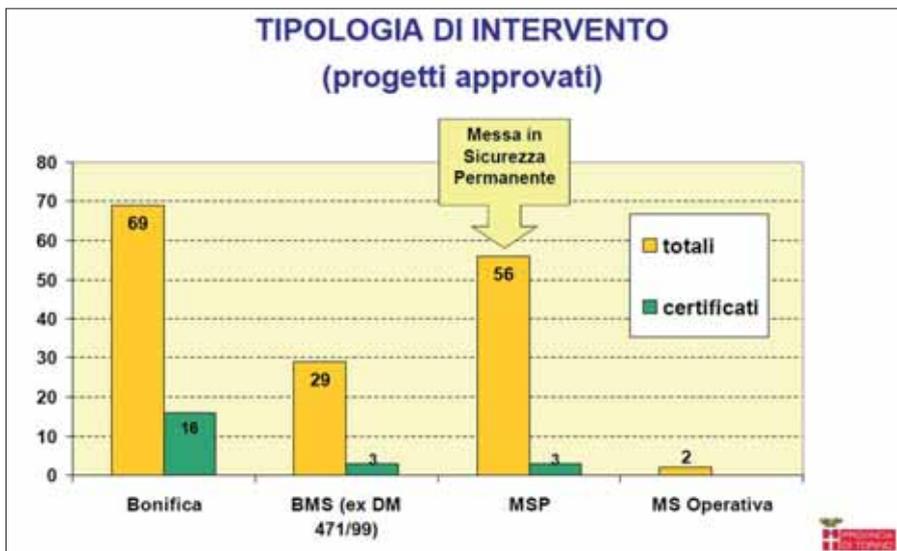


Figura 8 – Opzioni di bonifica adottate nei progetti di bonifica approvati a fine anno 2011; BMS: Bonifica con Misure di Sicurezza; MSP: Messa in Sicurezza Permanente; MS: Messa in Sicurezza (in ordinata il n. di siti interessati).

D.lgs 152/2006, si è verificato un progressivo incremento delle attività inerenti la bonifica dei siti inquinati (fig. 4): alla fine dell'anno

2011 si contava sul territorio della Provincia un totale di oltre 700 siti inquinati sottoposti alle procedure di bonifica o candidati all'ap-

plicazione delle stesse. Al mese di dicembre 2011 il numero di siti inseriti nell'Anagrafe Provinciale (ove è stato confermato un effettivo superamento delle CSC stabilite dalla normativa vigente) ha raggiunto il significativo traguardo di 575.

Il maggiore ricorso all'utilizzo delle procedure semplificate ed all'analisi di rischio nell'ambito della definizione degli obiettivi di bonifica, legato all'entrata in vigore delle nuove disposizioni del D.lgs 152/2006, ha determinato un ulteriore incremento del numero dei siti interessati nel corso degli anni dal 2007 al 2011.

L'elaborazione cartografica di Fig. 5 indica la localizzazione dei principali siti inquinati da bonificare censiti nella relativa Anagrafe sul territorio della Provincia. Si evidenzia come la maggior parte di siti sia localizzata nell'ambito della zona di pianura dell'Area Metropolitana Torinese (area della Città di Torino e comuni limitrofi) ove risulta maggiore la concentrazione delle attività industriali e degli interventi di riqualificazione urbanistica con recupero di aree industriali dismesse nonché lungo gli assi della Val di Susa e della Val Chisone (settori W-SW) e nell'area del Canavese e dell'Eporediese (settoro N-NE), ove risulta presente una significativa concentrazione industriale connessa a particolari attività produttive legate all'industria metalmeccanica (es. il polo dello stampaggio a caldo) ed alla dismissione degli insediamenti produttivi dell'azienda Olivetti.

La concentrazione delle attività umane nell'area di pianura, caratterizzata dalla presenza di acque sotterranee con soggiacenza variabile, a seconda delle zone, dai 3 ai 40 metri dal piano campagna, determina spesso un coinvolgimento di queste ultime nelle situazioni di inquinamento.

La Provincia di Torino è inoltre interessata da due siti di Bonifica di Interesse Nazionale (SIN): l'Amiantifera di Balangero ed il sito Basse di Stura, per i quali la gestione dei procedimenti è in capo al Ministero dell'Ambiente.

L'Amiantifera di Balangero, situata nei comuni di Balangero e Corio, per la cui bonifica è stata istituita una apposita società pubblica, risulta attualmente alla fase di caratterizzazione ed all'esecuzione di interventi di Messa in Sicurezza di Emergenza.

Per quanto riguarda l'area Basse di Stura, situata nel Comune di Torino e costituita in realtà da 25 diversi siti di proprietà pubblica e privata, il procedimento, nel suo complesso, risulta alla fase dell'Analisi di Rischio ed all'esecuzione degli interventi di Messa in Sicurezza di Emergenza.

3.3 LA CAUSA ED IL TIPO DI INQUINAMENTO

Il grafico di Fig. 6 indica invece le principali attività origine dell'inquinamento delle

matrici ambientali, dalle quali è derivata la necessità di applicare le procedure di bonifica. Si evidenziano in particolare le attività industriali attive e dismesse e le attività di commercializzazione e di deposito di prodotti petroliferi caratterizzate dalla presenza di serbatoi aerei e interrati (UST).

Per quanto riguarda la tipologia di inquinanti riscontrata nelle matrici ambientali, la situazione rilevata sul territorio della Provincia di Torino è quella tipica delle aree industrializzate, con predominanza degli idrocarburi totali e dei metalli, per quanto riguarda il terreno, e dei metalli, dei solventi clorurati e degli idrocarburi totali, per quanto riguarda le acque sotterranee (Fig. 7)

La consistente presenza degli idrocarburi aromatici (BTEX) è spesso legata alla bonifica di punti vendita della rete di distribuzione carburanti. Per quanto riguarda i metalli nelle acque sotterranee, bisogna evidenziare che si considera anche l'inquinamento connesso alla presenza di ferro e manganese, che spesso accompagnano i siti caratterizzati dalla presenza di solventi clorurati ed idrocarburi, come inquinanti secondari generati dai fenomeni di degradazione dei composti organici stessi. A parte il Ferro ed il Manganese, il metallo di origine antropica riscontrato con maggiore frequenza nel terreno e nelle acque sotterranee è rappresentato dal Cromo ed in particolare dal Cromo esavalente nelle acque sotterranee, connesso alle attività delle industrie galvaniche, molto diffuse in passato su tutto il territorio provinciale. È da segnalare l'area dell'altopiano di Poirino, nella quale si riscontrerebbe la presenza di valori di fondo naturale particolarmente elevati di Cromo, nonché la presenza su tutto il territorio provinciale di superamenti dei limiti residenziali di Cobalto e Nichel.

L'inquinamento da Solventi Clorurati costituisce sicuramente la maggiore causa di compromissione della qualità delle acque sotterranee della Provincia di Torino, in particolare nelle aree industrializzate dei comuni di Collegno, Grugliasco, Rivalta, Orbassano, Beinasco e Torino, nonché presso vari comuni del Pinerolese e del Canavese, tale da rappresentare praticamente una forma di inquinamento diffuso. I solventi clorurati, ed in particolare la Tielina, il Percloroetilene e l'1.1.1 Tricloroetano, sono stati largamente utilizzati dall'industria metalmeccanica torinese a partire dagli anni '60 fino agli anni '90, con un picco di produzione ed utilizzo alla fine degli anni '70, per lo grassaggio delle parti meccaniche prima del trattamento superficiale o della verniciatura, nonché come sgrassanti nelle lavatrici delle tintorie.

Già una pubblicazione della Provincia di Torino del 1990, "Le acque sotterranee della pianura di Torino, Aspetti e problemi", aveva

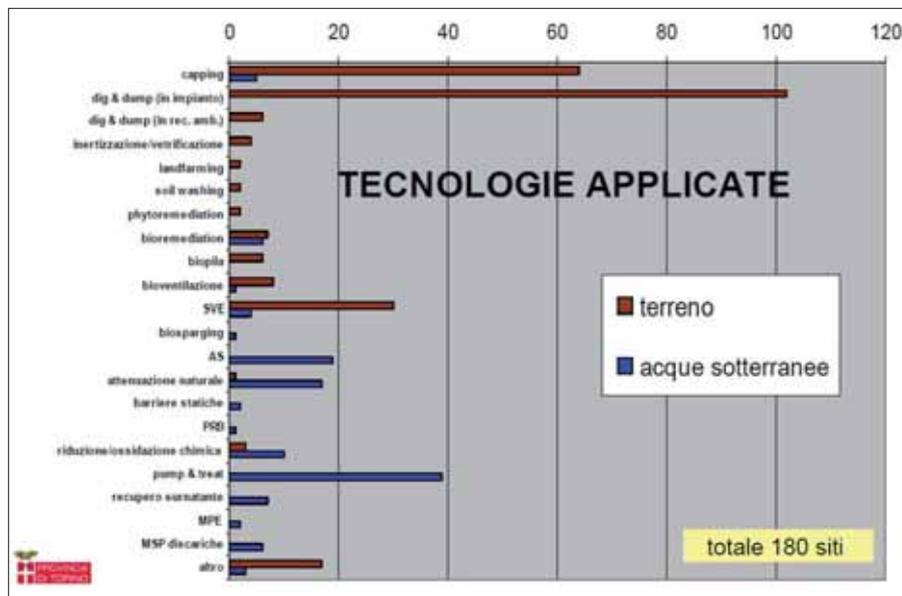


Figura 8 – Tecniche di bonifica impiegate per il terreno e le acque sotterranee a fine anno 2011 (in ascissa il n. di siti interessati).

illustrato l'estensione e la gravità del fenomeno d'inquinamento da solventi clorurati. A causa della persistenza di questi inquinanti e nonostante i numerosi interventi di bonifica avviati, si ritiene che i solventi clorurati continueranno a costituire un grave problema per la qualità delle acque sotterranee del territorio della Provincia per ancora numerosi decenni.

3.4 LE TECNICHE DI BONIFICA IMPIEGATE

Il grafico di Fig. 8 illustra le principali opzioni di bonifica di intervento utilizzate sul territorio provinciale in base di una statistica effettuata sui progetti di bonifica approvati a fine anno 2011. Si evidenzia come già dall'applicazione del D.M. 471/99 la Messa in Sicurezza Permanente (MSP), mediante l'isolamento della sorgente di inquinamento, fosse una opzione di bonifica già diffusa fino al mese di aprile 2006, anno di emanazione del D.lgs 152/2006, che alla Parte IV, titolo V ha completamente rivisitato la normativa in materia.

A seguito del nuovo concetto di Messa in Sicurezza Permanente e di Messa in Sicurezza Operativa, introdotti da quest'ultimo Decreto, è stato rilevato un ulteriore impulso all'utilizzo di tecniche di isolamento della sorgente di inquinamento costituita da rifiuti o terreno inquinato, a scapito di tecnologie di bonifica che rimuovono effettivamente la massa di inquinanti presenti nelle matrici ambientali.

Il grafico di Fig. 9, che illustra le diverse tecniche di bonifica del terreno e delle acque sotterranee utilizzate nei vari siti di bonifica del territorio provinciale a fine anno 2011, evidenzia una situazione ancora molto orientata all'impiego di tecniche "classiche" e di confinamento della sorgente di inquinamento, a scapito delle tecnologie alternative.

Per quanto riguarda il terreno si evidenzia ancora l'elevatissimo uso dello scavo e

smaltimento (*dig & dump*) e della Messa in Sicurezza Permanente, mediante la realizzazione di barriere di copertura (*capping*). Tra le tecnologie alternative per il terreno si evidenzia l'impiego dell'estrazione dei vapori (SVE), particolarmente impiegata nella bonifica dei siti inquinati connessi alla rete di distribuzione carburanti, della bioventilazione e degli interventi che prevedono l'utilizzo di tecniche di biobonifica.

Per quanto riguarda le acque sotterranee la situazione è analoga al terreno, con il diffuso impiego del pompaggio e trattamento (*pump & treat*) e dell'*Air Sparging*, particolarmente utilizzato nella bonifica dei PV carburanti. Per le acque sotterranee è da sottolineare l'utilizzo di tecniche di ossidazione/riduzione chimica e il ricorso all'Attenuazione Naturale Controllata. Il ricorso a quest'ultima è in particolare fase di aumento, soprattutto a causa delle necessità dettate dalle modifiche legislative introdotte dal D.lgs n. 4/2008, che hanno di fatto limitato drasticamente la definizione di obiettivi di bonifica mediante analisi di rischio oltre i confini del sito inquinato.

Si segnala infine la presenza di un intervento di bonifica di Solventi Clorurati, mediante l'utilizzo di una Barriera Reattiva Permeabile (PRB), che ha costituito il primo caso a livello Nazionale.

L'utilizzo di tecniche di bonifica che prevedono l'isolamento della sorgente (Messa in Sicurezza Permanente), in luogo della riduzione della massa di contaminanti presenti, impone sempre più la necessità di individuare ed adottare efficaci e duraturi controlli istituzionali volti alla registrazione di vincoli, limitazioni d'uso e obblighi derivanti dal permanere presso il sito di matrici inquinate ed atti a garantire nel tempo l'efficacia delle opere ingegneristiche di confinamento.

Il termovalorizzatore di Gerbido

GIUSI DI BARTOLO
TRM S.p.A. - Responsabile Procedimento
e Responsabile Lavori

1. FASE DI LOCALIZZAZIONE

Fin dal 1998 il Programma provinciale di gestione dei rifiuti (PPGR) prevedeva un sistema integrato di gestione dei RSU e assimilati, combinando raccolta differenziata, trattamenti meccanico-biologici finalizzati all'incenerimento e, quindi, incenerimento.

Lo stesso PPGR prevedeva di realizzare, tra gli altri, un impianto di incenerimento nell'area "Sud-Est" della Provincia.

Prima che si addivenisse alla costituzione formale del Soggetto Gestore dell'area di Pianificazione Sud-Est, entrava in vigore la nuova legge regionale 24 ottobre 2002 n. 24, la quale per la realizzazione e gestione degli impianti di recupero e smaltimento finale, non prevede "aree di Pianificazione", ma una (unica) Associazione di Ambito territoriale ottimale (ATO) tra i consorzi di bacino – quindi un consorzio di consorzi – coincidente con il territorio di ogni provincia.

Nel Maggio 2005 la Provincia, assunti in via surrogatoria e transitoria i poteri spettanti all'Associazione d'Ambito (allora non ancora costituita), ha affidato la realizzazione e gestione dell'impianto alla società TRM S.p.A.

La localizzazione dell'impianto discende da un lungo e complesso iter avviatosi nel 2000, con l'istituzione della commissione Non Rifiutarti Di Scegliere (NRDS), che ha progressivamente condotto all'individuazione del sito in esame.

Le indicazioni che la Provincia ha raccolto nel corso dei cinque anni successivi hanno permesso di redigere uno studio di localizzazione dell'impianto a servizio dell'area Sud della Provincia di Torino, che ha valutato sotto molteplici aspetti e criteri 45 siti potenzialmente idonei. Da tale valutazione è scaturito come sito preferibile il sito denominato AMI3 (Gerbido).

L'area è situata nel Comune di Torino, occupa una superficie di circa 100.000m² ed è destinata dal Piano Regolatore Generale Comunale a servizi ed impianti tecnologici. È delimitata a nord-ovest dal sistema della stazione merci di Orbassano, oltre la quale si trova l'autoporto, a sud-ovest da una diramazione ferroviaria della stazione merci, dalla tangenziale stessa e da aree produttive, a nord-est dal deposito mezzi pubblici del

Gruppo Trasporti Torinesi (GTT) ed a sud-est dal cimitero sud della città.

2. FASE DI PROGETTAZIONE PRELIMINARE

La Provincia di Torino, perseguendo l'obiettivo della massima precauzione dal punto di vista ambientale, ha affidato ad una Commissione composta da esperti e docenti universitari la determinazione della migliore tecnologia applicabile in relazione alla potenzialità ed alla localizzazione, da cui sono scaturiti alcuni aspetti impiantistici del futuro termovalorizzatore di Gerbido:

- tre linee di incenerimento gemelle ed indipendenti, salvo parti in comune come la fossa rifiuti ed il ciclo termico;
- tecnologia di combustione a griglia mobile;
- linea fumi costituita da sistemi di depurazione a secco;

3. FASE AUTORIZZATIVA

Nei primi mesi del 2006 il progetto è stato sottoposto a procedura di specificazione dei contenuti dello Studio di Impatto Ambientale ai sensi dell'articolo 11 della LRP 40/1998.

Successivamente TRM ha presentato richiesta l'avvio dei procedimenti VIA ed AIA al Servizio Valutazione Impatto Ambientale ed Attività Estrattiva della Provincia di Torino.

Entrambi i procedimenti hanno richiesto la convocazione di Conferenze dei Servizi, la riunione degli Organi Tecnici provinciali ed una serie di informazioni integrative che la Società ha fornito nei modi e tempi richiesti. I due procedimenti si sono conclusi positivamente rispettivamente il 21/11/06 e 21/12/06.

4. FASE DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA

In fase di svolgimento dei procedimenti VIA ed AIA e di preparazione del progetto definitivo da mettere a base della gara di appalto, è stata eseguito uno studio di caratterizzazione geotecnica, idrogeologica, sismica e chimica del sito di impianto per accertare le caratteristiche del suolo e la compatibilità con i costruendi edifici di impianto, nonché l'eventuale presenza di rischi idrogeologici e di inquinamento delle falde.

- sondaggi a carotaggio continuo alla profondità di 30 m dal p.c. e prove di resistenza SPT (cosiddetti sondaggi "sismici");

- sondaggi a carotaggio continuo alla profondità di 20 m dal p.c. con esecuzione di n.10 prove SPT compressive (cosiddetti sondaggi "geotecnici");
- sondaggi a carotaggio continuo alla profondità di 40 m dal p.c., attrezzati per il campionamento, la parametrizzazione idrogeologica del terreno ed il monitoraggio della falda (cosiddetti sondaggi "ambientali");
- prove geofisiche di superficie (stendimenti di sismica a rifrazione);
- campionamento ed analisi dei terreni del suolo, del sottosuolo e delle acque ai fini ambientali;
- indagine elettromagnetica speditiva per la caratterizzazione di massima dei primi metri di sottosuolo;
- esecuzione di sezioni di tomografia elettrica per l'elaborazione di sezioni verticali di resistività.

Dal punto di vista geologico l'area in oggetto fa parte dei terreni alluvionali su cui è impostata la gran parte della città di Torino e più in generale la pianura torinese.

Nelle linee generali è presente un'alternanza di livelli ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi con conglomerati di notevole potenza (sino ad al massimo -40.5 m dal p.c.), facenti parte della sequenza alluvionale quaternaria, cui seguono in profondità limi argillosi color bruno o giallo-ocra con screziature varicolori alternati a sabbie ghiaie fini e facenti parte dei depositi di ambiente lacustre noti in letteratura come "Villafranchiano".

Dal punto di vista idrogeologico nella zona sono presenti due livelli acquiferi principali, separati da un livello continuo di argilla lacustre:

- un acquifero superficiale freatico di spessore compreso tra 20 e 50 m e legato all'attuale reticolato idrografico;
- un acquifero profondo formato da un sistema multistrato in pressione, all'interno dei depositi fluvio-lacustri Villafranchiani.

Le indagini indirette di tipo geofisico hanno avuto lo scopo di valutare la risposta sismica del suolo ai fini della ricostruzione dei parametri meccanici ed elastici del terreno. A tale fine ci si è avvalsi di prove di caratterizzazione dinamica del sottosuolo basate sulla propagazione di onde sismiche rifratte P ed

SH, misurate sia dalla superficie che in fori di sondaggio appositamente predisposti. Il sottosuolo si è confermato essere abbastanza omogeneo, costituito in prevalenza da ghiaie e sabbie, molto addensate, con saltuaria presenza di conglomerati.

La caratterizzazione ambientale, svoltasi con il campionamento di terreno sul suolo e nel sottosuolo e delle acque freatiche, ha avuto lo scopo di valutare i parametri chimico-fisici atti ad individuare eventuali impatti ambientali dovuti all'antropizzazione del luogo. L'indagine ambientale è stata estesa al campionamento della falda freatica: a tale scopo sono stati utilizzati i tubi piezometrici di cui sono stati attrezzati i sondaggi geognostici ambientali, che hanno consentito il campionamento in modalità dinamica alle quote di -38 m e -35 m. Per ciò che riguarda sia il suolo che il sottosuolo i parametri analizzati sui campioni prelevati hanno evidenziato nella totalità dei casi il rispetto dei valori di concentrazione soglia di contaminazione di cui al D.Lgs. 152/2006, ovvero i limiti di cui al D.M. 471/99 per siti ad uso commerciale e industriale.

I riscontri analitici sui campioni di terreno prelevati mediante escavazione dei pozzetti esplorativi si sono rivelati congrui ed omogenei, per quote (profondità) similari, con i valori dei medesimi parametri rilevati sui campioni ottenuti mediante carotaggio. Non si sono riscontrati inoltre gradienti di concentrazione dei parametri rilevati tra piano campagna e quote profonde; si evidenzia pertanto un'omogeneità dei parametri rilevati.

Poiché dalle ricerche effettuate la falda è stata rilevata a profondità di ca. 35 m, non raggiungendo le opere interrato tali profon-

dità, si può ragionevolmente ipotizzare che le fondazioni siano a contatto non con acque dilavanti.

Le condizioni di acidità della falda consentono comunque di considerarla non aggressiva. Relativamente al terreno, le analisi hanno manifestato in modo generalizzato un pH lievemente alcalino e quindi lontano dal campo acido che può rappresentare uno dei parametri per classificare l'ambiente aggressivo.

Sulla base delle analisi disponibili e delle considerazioni effettuate, la matrice "terreno" in cui saranno realizzate le opere cementizie non è considerabile "aggressiva" nei confronti del calcestruzzo. Di conseguenza, con riferimento alla classificazione di cui al cap. 4 della norma UNI EN 206-1, la classe di esposizione associata all'azione dell'ambiente (terreno) sulle fondazioni è stata identificata con la XC2.

5. FASE DI REALIZZAZIONE E DI GESTIONE DELL'IMPIANTO

Le attività di monitoraggio ambientale sul sito di impianto si sono protratte anche durante la fase realizzativa dell'impianto (cantiere) e sono previste continuare, con modalità differenti, durante la fase di gestione dello stesso.

Alcuni di tali monitoraggi riguardano il suolo ed il sottosuolo del sito.

Nell'attuale fase di cantiere, l'Appaltatore è incaricato del monitoraggio di varie possibili sorgenti di inquinamento dovuto alle proprie attività. A tal fine l'Appaltatore conduce una campagna di monitoraggio che copre i seguenti oggetti ed attività collegate:

- rifiuti solidi di cantiere e loro smaltimento;

- acque reflue di cantiere loro smaltimento;
- rumore e vibrazioni prodotte dalle lavorazioni e loro contenimento;
- sostanze pericolose (carburanti, lubrificanti, solventi, calcestruzzi e leganti, ecc.), loro stoccaggio e posa in opera;
- fumi e polveri prodotte dalle lavorazioni e loro contenimento;

Il monitoraggio dei suddetti elementi viene svolto attraverso vari strumenti, concordati con la Direzione Lavori. In particolare, all'interno dell'area di cantiere sono state installate due centraline per il controllo della qualità dell'aria, dotate di strumenti per la misura delle polveri totali sospese (PTS) e PM10, depositometri e centraline meteo. I campioni prelevati da tali centraline sono poi sottoposti ad analisi chimiche per l'individuazione di idrocarburi (IPA) e metalli vari.

Dal punto di vista idrogeologico la protezione ambientale viene svolta principalmente attraverso le seguenti attività:

- prevenzione di dispersioni in suolo di sostanze pericolose liquide e solide;
- prelievi ed analisi di acqua dalla falda freatica sottostante il sito di impianto attraverso tre piezometri fatti realizzare da TRM durante la fase di progettazione dell'impianto.

Tali piezometri (gestiti direttamente da TRM) arrivano alla profondità di circa 37 m q.c. ed è previsto che continuino a funzionare anche durante la fase di esercizio dell'impianto, dando così la possibilità di rilevare nel tempo il livello della falda e la qualità dell'acqua;

Inoltre, su richiesta del Servizio Gestione Risorse Idriche della Provincia di Torino, TRM ha avviato un piano di monitoraggio specificatamente mirato all'individuazione delle eventuali interferenze idrogeologiche indotte dal potenziamento del campo pozzi ubicato nei comuni di Beinasco e Orbassano e gestito dalla Società Acque Potabili SpA (SAP). Da tale campo pozzi di acqua ad uso industriale è prelevata l'acqua di cui abbisogna l'impianto TRM (principalmente per il funzionamento delle torri di raffreddamento); a partire dall'anno 2007, il campo è stato sottoposto ad una campagna di ricondizionamento e terebrazione di nuovi punti di presa. Il suddetto piano di monitoraggio ha lo scopo di sorvegliare le eventuali conseguenze del ricondizionamento sull'assetto dell'acquifero sotterraneo nell'area di influenza del campo pozzi, nonché sulle acque superficiali del torrente Sangone. A tal fine il monitoraggio si avvale dei rilievi periodici eseguiti sui tre piezometri attivi nell'area dell'impianto TRM, di rilievi periodici eseguiti su uno dei pozzi della rete SAP attualmente inattivo ed utilizzato come piezometro, nonché di rilievi periodici eseguiti sul livello delle acque del torrente Sangone in due punti del suo corso.



La geologia tecnica del sottosuolo torinese

FRANCO GRASSO
Dipartimento di Scienze della Terra,
Università di Torino

1 SETTORE CITTADINO

Il territorio di Torino è suddivisibile in due realtà geologicamente e geotecnicamente molto diverse e praticamente contrapposte: la vasta pianura cittadina e la collina.

Tale pianura appartiene alla grande (e piatta) conoide che prende origine dall'anfiteatro morenico di Rivoli: il vasto corpo sedimentario è costituito dal complesso di sedimenti depositati dai corsi d'acqua che defluivano costantemente dalla fronte del ghiacciaio della Valle di Susa nel corso delle sue ripetute fasi di avanzata fino allo sbocco vallivo.

I sedimenti sono prevalentemente ciottolosi e ghiaiosi, con matrice sabbiosa grossolana, mentre alcune parti della successione appaiono coperti da coltri di limi giallastri di colore ocreo, riferibili a prodotti di decantazione da parte di venti provenienti da SW (loess eolico).

La vasta superficie è suddivisa dalle tre incisioni del Sangone, della Dora Riparia e della Stura di Lanzo, ed è delimitabile verso valle da quella del Po, a decorso frontale.

L'incisione del Po ha assunto la sua posizione attuale, al margine nord-occidentale della collina di Torino, soltanto in epoca geologicamente recente (fine del Pleistocene superiore): precedentemente il corso d'acqua defluiva a Sud del rilievo collinare, lungo l'attuale Altopiano di Poirino, e raggiungeva poi la Pianura Padana scorrendo lungo la direttrice Asti – Alessandria – Valenza.

L'alveo attuale pertanto appare "incastato" nei depositi della conoide fluvioglaciale dell'anfiteatro morenico di Rivoli ed ha deposto uno spessore di depositi alluvionali abbastanza modesto.

Per quanto concerne la composizione ed i requisiti del sottosuolo cittadino si tratta di aree piane sulle quali si è sviluppata una città con una storia plurisecolare che ha avuto profonde modifiche morfologiche accompagnate dalla copertura della superficie topografica da parte di edifici, di strade o di parchi, rendendo alquanto problematico o impossibile riconoscere i tratti naturali del territorio.

In particolare sono venuti a risultare molto rari gli affioramenti del suolo e del sottosuolo,

costituiti di fatto solo da scavi occasionali per grandi cantieri edili o per infrastrutture quali sottopassi, parcheggi sotterranei, passanti ferroviari e linee metropolitane.

Tale situazione di invisibilità o non conoscenza viene da qualche tempo affrontata raccogliendo quasi sistematicamente informazioni relative al sottosuolo attraverso studi e rilevamenti di scavi e perforazioni.

Già nella prima parte del secolo scorso (1912) F. Sacco pubblicò una serie di importanti informazioni relative al sottosuolo di Torino, raccogliendo le stratigrafie di pozzi scavati per ricerche di acqua. Successivamente molti altri dati e conoscenze varie sono stati raccolti da geologi e studiosi finché, recentemente (anni 1990 – 2000) è stata istituita una Banca dati Geologica Comunale.

Tutti i campioni che erano stati raccolti si sono rivelati utili, sia pur se nei primi tempi si trattava di campionature incomplete o rimaneggiate o scarsamente rappresentative: tale situazione era la conseguenza di vecchie tecnologie di scavo o di sostegno o di prelievo, soprattutto perché riguardava terreni a granulometria grossolana o privi di coesione o conglomeratici.

In una pubblicazione di F. Carraro (1976), viene segnalata la presenza, a modesta profondità nel sottosuolo di Torino, di una superficie di erosione suborizzontale variamente estesa lungo il margine sud-occidentale del rilievo collinare, la quale tronca il complesso tettono-stratigrafico prepleiocenico della Collina di Torino.

Questa superficie (indicata come platea) è stata interpretata come il prodotto dell'erosione laterale del reticolato idrografico che drenava la Pianura Piemontese Settentrionale prima della deviazione del Po, come risposta all'evoluzione geodinamica quaternaria dell'edificio strutturale della Collina di Torino.

Analizzando poi le schede in cui sono state raccolte le stratigrafie dei sondaggi e dei pozzi accertati, sono stati dapprima selezionati i sondaggi ed i pozzi che hanno raggiunto il substrato prequaternario consentendo poi di dedurre la superficie di appoggio della copertura quaternaria.

Lo spessore di tale copertura varia da un minimo di 9 m (passerella di Italia '61) ad

un massimo di 67 m (Corso Marche), mentre lo sviluppo altimetrico varia tra 180 m s.l.m. (Piazza d'Armi) a 256 m s.l.m. (le Vallette). Gli spessori minori della copertura si registrano nel settore orientale (vicino all'incisione del Po). I valori di approfondimento massimo assoluto si registrano nel settore settentrionale, in sinistra Stura; verso Ovest invece l'approfondimento procede gradualmente.

I dati di sottosuolo disponibili per il tratto d'alveo del Po compreso nel territorio comunale dimostrano che l'incisione del fiume è modellata quasi totalmente nella copertura quaternaria, raggiungendo il substrato solo in qualche tratto in cui è spostato verso il margine sepolto della Collina di Torino (passerella di Italia '61).

Il substrato affiorante a livello basale della copertura quaternaria è rappresentato da formazioni "molassiche" mioceniche, e quindi dalle stesse formazioni che costituiscono la Collina di Torino, nel settore più prossimo al margine collinare; segue una fascia di larghezza variabile il cui basamento prequaternario è formato dalle "Sabbie di Asti"; la maggior parte del territorio ha infine come substrato i sedimenti argilloso-siltosi "villafranchiani".

In un primo tempo i pozzi e i fori di sondaggio venivano eseguiti "a percussione" raggiungendo per lo più profondità non elevate, distruggendo la struttura del terreno attraversato e consentendo il recupero soltanto di una minima parte del terreno attraversato "perdendo" quasi sempre le aliquote dei terreni a granulometrie fini che venivano dilavate dall'acqua presente nel foro.

Per di più in presenza di ammassi rocciosi, tali sondaggi risultavano praticamente irrealizzabili o molto scarsamente utili.

Analoga situazione si aveva di fronte a masse detritiche, cementate da acque che, ricche di carbonato di calcio, sono state oggetto di lisciviazione dando origine alle "Carriole". Con l'avvento delle sonde a rotazione si è riusciti ad ottenere carotaggi con elevate (o totale) percentuali di recupero e con carote che rappresentano molto bene i terreni o le rocce che sono state attraversate.

Usando la stessa tecnologia attraverso terreni a grana grossolana (o simile), i son-

daggi hanno continuato ad essere abbastanza (o molto) difficoltosi.

Sempre più frequentemente da alcuni anni i sondaggi con carotaggi vengono integrati con prove di SPT (Standard Penetration test) a varia profondità per accertare la consistenza del terreno attraversato.

Nel corso degli stessi sondaggi vengono prelevati campioni (indisturbati) del terreno attraversato che vengono poi sistematicamente sottoposti a prove meccaniche in appositi laboratori di geotecnica.

Sistematicamente nel corso degli stessi sondaggi è rilevata l'eventuale presenza di falde d'acqua.

A fianco dei sondaggi vengono fatte anche prove penetrometriche dinamiche (SCPT) che accertano (ogni 10 cm di penetrazione) la consistenza del terreno: purtroppo tali prove forniscono spesso risultati anomali in eccesso perché la presenza di terra a granulometria molto grossolana impedisce totalmente (o quasi) l'avanzamento dell'utensile che viene infisso.

Negli ultimi tempi le suddette indagini e prove geotecniche vengono affiancate da prove geofisiche (di tipo sismico o elettrico) che servono spesso per correlare tra loro più punti di indagine.

Come già è stato inizialmente indicato, il sottosuolo di Torino è diffusamente caratterizzato da una vasta copertura quaternaria composta essenzialmente da sedimenti ciottolosi e ghiaiosi con matrice sabbiosa e limosa.

Lo spessore di detta copertura varia da un minimo di 9 metri (Lungo Po presso Italia '61) ad un massimo di 67 metri (Corso Marche).

Le stratigrafie dei sondaggi già disponibili evidenziano che l'alveo del Po è imbasato quasi totalmente nell'interno della copertura quaternaria, ad eccezione di un breve tratto alla base della collina dove affiora il substrato costituito dalle formazioni mioceniche collinari.

La consistenza della copertura quaternaria è molto buona e deriva dall'estesa presenza e compattezza di ciottoli e ghiaia frammisti a sabbia e limo.

Il substrato affiorante a livello della superficie d'appoggio basale della copertura quaternaria, è rappresentato da formazione "molassiche" mioceniche, e quindi dalle stesse formazioni che costituiscono la Collina di Torino, nel settore più prossimo al margine continentale; segue una fascia in cui il substrato è formato dalle "Sabbie d'Asti"; la maggior parte del territorio ha infine come substrato i sedimenti argillosi-siltosi "villafanchiani".

In precedenza già si è accennato allo sviluppo che negli ultimi tempi ha avuto la città di Torino con vari interventi che hanno

interessato direttamente, e anche profondamente, il sottosuolo in varie zone del territorio comunale.

Devesi ora giustamente evidenziare che al suddetto sviluppo ha notevolmente contribuito la "geologia tecnica" consentendo la realizzazione di varie e importanti opere; basti ricordare le seguenti:

- chilometri di metropolitana attraverso tutta la città;
- alcuni parcheggi sotterranei (che hanno "liberato" le soprastanti piazze antiche);
- alcuni sottopassi ferroviari e stradali;
- fondazioni profonde e speciali per grandi e straordinarie opere in elevazione;
- caveau e sotterranei per istituti bancari;
- palestre e piscine ed impianti sportivi nel sottosuolo;
- restauri e rafforzamenti di antiche opere murarie.

2 SETTORE COLLINARE

La Collina di Torino è caratterizzata prevalentemente da linee tettoniche di tipo appenninico; si tratta di un complesso di terreni dislocati per corrugamento e frattura le cui pieghe interessano e comprendono una serie stratigrafica sedimentaria che va dall'Eocene al Pliocene.

Il motivo tettonico fondamentale è dato da una distinta e regolare anticlinale il cui asse decorre da sud-ovest a nord-est abbassandosi gradualmente verso i due estremi (Moncalieri e Gassino).

Le formazioni stratigrafiche della Collina di Torino appartengono ad una caratteristica serie di tipo molassico. Si tratta di depositi marini immediatamente posteriori ed in parte anche contemporanei al parossismo orogentico della tettonogenesi alpina e alla fase ligure di quell'appenninica.

Gran parte della Collina di Torino è ricoperta da un'estesa coltre di terreni quaternari, in particolare si possono distinguere: terreni eluviali e colluviali, e depositi loessici.

I terreni eluviali sono il prodotto della progressiva alterazione chimica e fisica che interessa superficialmente il substrato litoide. Essi sono costituiti, data la locale litologia, da materiali a grana fine o finissima (argille limose e, subordinatamente, sabbiose) e formano delle estese coltri di spessore variabile da pochi decimetri a qualche metro.

Arealmente meno esteso ma di particolare importanza scientifica è la diffusione del Loess. Questi depositi di origine eolica sono da attribuirsi a fasi steppiche di ritiro glaciale (Cataglaciale Riss) durante le quali i venti trasportarono i materiali più fini (sabbie e limi) dalle morene di fondo in zone ancora prive di vegetazione.

Si ritiene generalmente che il Loess della Collina di Torino si debba attribuire a materia-

li trasportati da venti impetuosi dalle morene di Rivoli.

Sono questi i terreni nei quali si sviluppano normalmente fenomeni franosi; quegli stessi terreni interessano direttamente le fondazioni di edifici di manufatti in genere. Qui se ne riassumono quelle caratteristiche che valgono a determinare il comportamento meccanico.

I terreni di alterazione delle marne e delle siltiti sono costituiti da argille limose con piccole o piccolissime percentuali di frammenti più grossi: le caratteristiche granulometriche medie sono = sabbia 2%, limo 28% e argilla 70%. Il peso specifico dei granuli è sempre prossimo a 2,7 g/cm³. Il contenuto di Ca CO₃ ricavato con calcimetro volumetrico, è mediamente compreso tra 20% e 26%.

I limiti di consistenza (limiti di Atterberg) permettono di individuare un intervallo plastico compreso tra i contenuti d'acqua 32% e 20% che probabilmente è abbastanza significativo agli effetti dei fenomeni di instabilità o di precaria stabilità che caratterizzano la zona.

I contenuti d'acqua dei campioni prelevati risentono alquanto delle precipitazioni piovose. In assenza d'acqua il terreno si presenta praticamente consolidato per essiccamento. Dopo un periodo piovoso invece il contenuto d'acqua è mediamente compreso tra 21% e 28% (localmente si raggiunge anche il 40%) con indici di consistenza prossimi ed inferiori a 0,6, rivelando quindi una netta consistenza plastica ed, in qualche caso, anche molle-plastica o fluida del terreno.

Le resistenze al taglio sono in media basse: $0,7 \div 1,0$ kg/cm², con valori minimi e non rari di 0,2 kg/cm².

L'elaborazione statistica dei dati e misure eseguite direttamente in situ rivelano una densità del terreno (peso volumico) variabile da punto a punto, ma sempre molto bassa e tale da conferire al terreno stesso un'elevata porosità.

Per quanto attiene ancora alle caratteristiche geotecniche, si può constatare che per modesti incrementi di contenuto d'acqua l'angolo d'attrito interno subisce forti decrementi da 28° a 5°) mentre la coesione si mantiene abbastanza costante e prossima a 0,50 kg/cm².

I terreni di alterazione delle arenarie e dei conglomerati sono costituiti prevalentemente da sabbie fini limose (a volte anche debolmente argillose) inglobanti scarse percentuali di ciottoli.

Questi caratteri granulometrici trovano riscontro nella plasticità del materiale che è variabile e talora anche nulla; la plasticità è infatti compresa in tutto il campo della bassa plasticità.

Una notevole estensione del territorio in studio è occupata da terreni a prevalente

componente argillosa e sabbiosa, facilmente aggredibili da varie forme di dissesto superficiale e da un'intensa degradazione. L'elevata erodibilità trova pieno riscontro nelle caratteristiche geotecniche. Le curve granulometriche dei campioni analizzati ricadono tutte entro il campo delle argille limose e delle sabbie fini. Si tratta cioè di materiali cui necessitano basse capacità di trasporto da parte dell'acqua per andare in sospensione e conferire alla stessa elevate capacità di abrasione.

Le determinazioni dei limiti di ritiro (LR) indicano valori percentuali dell'acqua dell'ordine del 12 o 14 %; inoltre, tenendo conto che generalmente il peso specifico di questi materiali è di $2,70 \text{ g/cm}^3$ e che il peso di volume varia di solito tra $1,4$ e $1,8 \text{ g/cm}^3$, si deduce che l'essiccamento superficiale per insolazione provoca, al limite, riduzioni di volume dell'ordine quasi del 10%. Di fatto in tali terreni le calde siccità estive possono aprire una fitta rete di fessure la cui profondità è in relazione evidente con l'esposizione del versante.

L'effettivo aumento di superficie soggetta all'aggressione pluviale, unitamente allo stato pulverulento del terreno superficiale, spiega l'elevata erosione procurata dagli eventi piovosi intensi. Fortunatamente tale deleterio fenomeno s'attenua alle prime piogge per la chiusura delle fenditure, a seguito del rigonfiamento del materiale argilloso.

Le prove di permeabilità indicano quasi sempre coefficienti molto bassi, dell'ordine di 10^{-8} e 10^{-9} cm/sec ; questi dati, associati al modesto spessore del terreno agrario, giustificano la bassa capacità di filtrazione anche all'inizio delle piogge.

In tutto il territorio in studio, numerosi sono i casi di instabilità, dovuti in buona parte all'alta aliquota di terreni argillosi, particolarmente sensibili all'azione franosa. Basta un taglio irrazionale o una modifica dell'angolo del pendio, accompagnati magari dalla semplice azione degli agenti atmosferici, per provocare un dissesto o quanto meno una modifica nell'ambiente fisico preesistente. La stampa di informazione ha ripetutamente segnalato frane e smottamenti, interruzioni di strade, abitazioni in pericolo, manufatti vari lesionati.

Oltre questi casi più noti, esistono molti altri esempi del tutto sconosciuti; eppure nella loro varietà si riscontrano volta a volta le ricorrenti ragioni, legate alla natura del terreno, alle sue caratteristiche, ai processi degradatori in atto ed alle modifiche apportate dall'uomo col suo intervento non sempre razionale, mentre sta entrando nell'abitudine attribuirne le cause al cosiddetto "imprevisto geologico".

I dissesti alle strade e alle loro opere d'arte sono per lo più abbastanza banali, anche se la collina ne soffre assai gravemente: tracciati geologicamente proibitivi, riporti eseguiti

grossolanamente o anche male, strutture di sostegno inefficienti, rotture del pendio effettuate per l'insediamento dell'opera ne sono le solite cause. Quanto sembra potersi dire è che le caratteristiche, i procedimenti, i dimensionamenti e gli stessi rimedi sono stati finora adottati e fissati intuitivamente senza tener conto dei fattori geologici, geomorfologici e geotecnici.

Per quanto riguarda le strutture edilizie, da alcuni anni ormai il calcestruzzo armato sostituisce quasi ovunque le murature in mattone, sia in elevazione che in fondazione. Oggi si realizzano generalmente fondazioni dirette, ma a volte anche su pali il cui impiego si giustifica in parte con le maggiori dimensioni degli edifici e quindi con l'incremento dei carichi trasmessi in fondazione, ma assai più per la sicurezza che conferiscono all'opera e alla zona interessata, specie in particolari situazioni geotecniche; i pali più adoperati sono i micropali ed i diaframmi.

L'ossatura del terreno in studio è costituita da formazioni sedimentarie: marne, siltiti, arenarie, conglomerati, sabbie.

Queste formazioni hanno subito in superficie processi di alterazione fisica e chimica, in conseguenza dei quali hanno perduto in prossimità della superficie esterna le loro originarie caratteristiche di rocce compatte per trasformarsi in terreni sciolti. Questi terreni in alterazione si distendono su grandissima parte del territorio a guisa di strato di spessore variabile: essi formano a volte una pellica di qualche decimetro di spessore, a volte una coltre spessa anche molti metri fino a massimi intorno a $10 \div 12$ metri: approssimativamente può dirsi che lo spessore medio si aggira sui 2 metri.

Eterogeneità geologico-tecniche del sottosuolo nell'area torinese e riflessi applicativi per gli scavi

SEBASTIANO PELIZZA
Politecnico di Torino

63

1 INQUADRAMENTO

La grande area torinese è una vasta pianura estesa 6-8 km e leggermente degradante da Ovest (quota circa 300 m s.l.m.) a Est, ove termina sul fiume Po (quota circa 220 m s.l.m.), che localmente corre da Sud-Ovest verso Nord-Est lungo il piede della collina torinese.

I terreni di deposizione più recente, quaternari, sono dovuti alle blande conoidi di deiezione di quattro corsi d'acqua affluenti in sinistra del F. Po: T. Ceronda, T. Sangone, F. Dora Riparia, F. Stura di Lanzo.

La locale successione stratigrafica (BOT-TINO 1986; LUCCHESI 2001; BARLA G. 2002) è rappresentata da ghiaia con ciottoli, più frequentemente di 10-30 cm, e da sabbie fluviali del Quaternario che si appoggiano, verso Ovest, su alternanze di limi argillosi e sabbie del Pliocene medio e, verso Est, sulle sabbie fossilifere d'ambiente marino neritico del Pliocene inferiore e medio.

Il Quaternario ghiaioso, nell'area centrale tra il T. Sangone e il F. Stura di Lanzo, ha spessore variabile attorno a 70 m (Rivalta, Rivoli, Alpignano), 50 m nel centro di Torino, 30 m e meno verso il F. Po, il quale scorre sempre nel Quaternario.

La falda freatica è presente in tutta l'area all'interno del Quaternario e degrada anch'essa da Ovest ad Est sino al F. Po, da quota 280 m s.l.m. (Rivalta, Alpignano) al livello del F. Po (220-210 m s.l.m.); la profondità della falda è perciò attorno ai 20 m (17 m in Piazza Castello) (CIVITA 2001; CIVITA 2007; RICCI 2007).

Le costruzioni in sotterraneo che sino ad oggi sono state compiute o che sono previste nel prossimo futuro, essendo sostanzialmente superficiali, salvo qualche fondazione profonda, hanno interessato essenzialmente le alluvioni quaternarie.

Tali opere, realizzate tutte nell'ultimo decennio o in corso di progettazione e realizzazione, salvo la prima più antica, sono ben note e vengono qui ricordate brevemente:

- la prima grande opera sotterranea da considerare, anche perché è la più antica, è quella rappresentata dalle gallerie di mina e contromina della Cittadella di Torino. La grandiosa fortezza pentagonale voluta

dal Duca Emanuele Filiberto di Savoia è stata rapidamente costruita negli anni 1564-68. La Cittadella ha subito tre assedi (1640, 1706, 1799) rimanendo sempre vittoriosa. La grande capacità difensiva della fortezza è stata messa in risalto in particolare dall'assedio del 1706 da parte dell'esercito francese del Re Sole, Luigi XIV, ove ha avuto un ruolo determinante la

elaborata città sotterranea di gallerie di mina e contromina, un dedalo di svariati chilometri. Scavate a mano sino a 0,5-1 m sopra il livello della falda di allora (in Corso Bolzano ove il piano compagna è a quota 234 m s.l.m. il piano di calpestio delle gallerie è a -15,5 m cioè a quota 229 m s.l.m.) sono rivestite in muratura di mattoni con luce netta di circa 1,5 m



Figura 1 – Tipica ghiaia con occasionali lenti cementate.



Figura 2 – Ghiaia ciottolosa con lente di limo-sabbioso.



Figura 3 – Strato metrico di limo argilloso intercluso nella ghiaia con estensione areale pluridecamentrica.

x 2,5 m e sono visitabili grazie al Museo di Pietro Micca e dell' Assedio di Torino del 1706 (AMORETTI 1995; AUTORI VARI 1996). I molti fronti, stabili sin da allora grazie alla cementazione delle ghiaie, sono stati molto utili per gli studi geologici propedeutici alla progettazione della Linea 1 della Metropolitana di Torino;

- il Passante Ferroviario lungo circa 12 km, con interrimento della linea prima in trincea, sino alla profondità massima rispetto al suolo di 18 m in corrispondenza del sottopasso del F. Dora Riparia (GERVASO 2011);
- la Linea 1 della Metropolitana di Torino, da Collegno (ad Ovest) a Piazza Bengasi

(a Sud), lunga circa 15 km con 23 stazioni tutte realizzate in trincea, sopra e sotto falda con problematiche tecniche molto differenti. In effetti le gallerie interessano solo parzialmente la falda immergendovisi per 3-5 m nel lungo tratto da Corso Bolzano a Piazza Bengasi (salvo che per circa 650 m in via Nizza tra Corso Vittorio Emanuele II e largo Marconi ove corrono sopra la falda), mentre hanno qualche metro d'acqua sopra la calotta nel sottopasso del Passante Ferroviario in Piazza Statuto e nel sottopasso del sottopasso stradale di Lingotto all'incrocio con via Nizza, ove la quota del suolo è 232 m s.l.m., la quota

della falda è 220 m s.l.m., il piano del ferro è a quota di circa 206 m s.l.m (il punto più profondo dell'intera linea) per cui vi sono circa 6 m d'acqua sopra la calotta;

- il collettore fognario SMAT in sinistra Po, da Moncalieri a Settimo, assolutamente superficiale;
- il grattacielo Intesa Sanpaolo, in corso di costruzione, nell'angolo tra Corso Inghilterra e Corso Vittorio Emanuele II, le cui fondazioni scendono sino alla profondità di 40 m dal piano di lavoro, cioè alla quota di 203 m s.l.m., essendo il piano campagna locale a 246,50-247,40 m s.l.m.. La grande trincea rettangolare è delimitata da un diaframma perimetrale in calcestruzzo armato (1,20 m di spessore) impermeabile, che si immorsa per circa 4 m nei limi argillosi pliocenici, compatti ed impermeabili;
- il grattacielo della Regione Piemonte, in corso di costruzione in via Nizza, area ex Lingotto, il quale non ha scantinati profondi ed è fondato su pali di grande diametro che si immorsano nei limi argillosi pliocenici compatti;
- il tratto della linea ferroviaria per Caselle, tra Madonna di Campagna e la nuova stazione Rebaudengo, testè finanziato, che verrà costruito in trincea superficiale coperta lungo Corso Grosseto;
- il nuovo collettore fognario Po-Sangone, sempre in sinistra Po, che dovrà integrare l'esistente, questa volta profondo sino a 25 m e lungo circa 11 km (ramo principale) tutto sotto falda;
- il multiforme e lungo asse di penetrazione di Corso Marche su tre piani interrati: stradale, autostradale e ferroviario;
- la Linea 2 della Metropolitana Torinese, tra Vanchiglia, il centro storico e Orbassano, della quale tanto si parla, ma qui citata solo per memoria.

2 RIFLESSI APPLICATIVI DELLE ETEROGENEITÀ' DEL TERRENO

Come prima accennato, tutte queste opere interessano l'alluvione ghiaiosa e sabbiosa quaternaria (Fig. 1): tale denominazione è semplice, ma l'esperienza dei lavori ha fatto rilevare come sotto l'aspetto applicativo questo materiale sia assai eterogeneo (PELIZZA 2010). Sono tre le principali eterogeneità: le casuali intercalazioni siltose all'interno delle ghiaie e sabbie fluviali, che localmente alterano la monotonia granulometrica del terreno; la disomogenea e discontinua cementazione naturale delle alluvioni quaternarie; la presenza occasionale e casuale di grandi blocchi, anche metrici, di rocce coerenti all'interno delle alluvioni.

Nella presente nota verranno nel seguito sinteticamente illustrate le disuniformità del

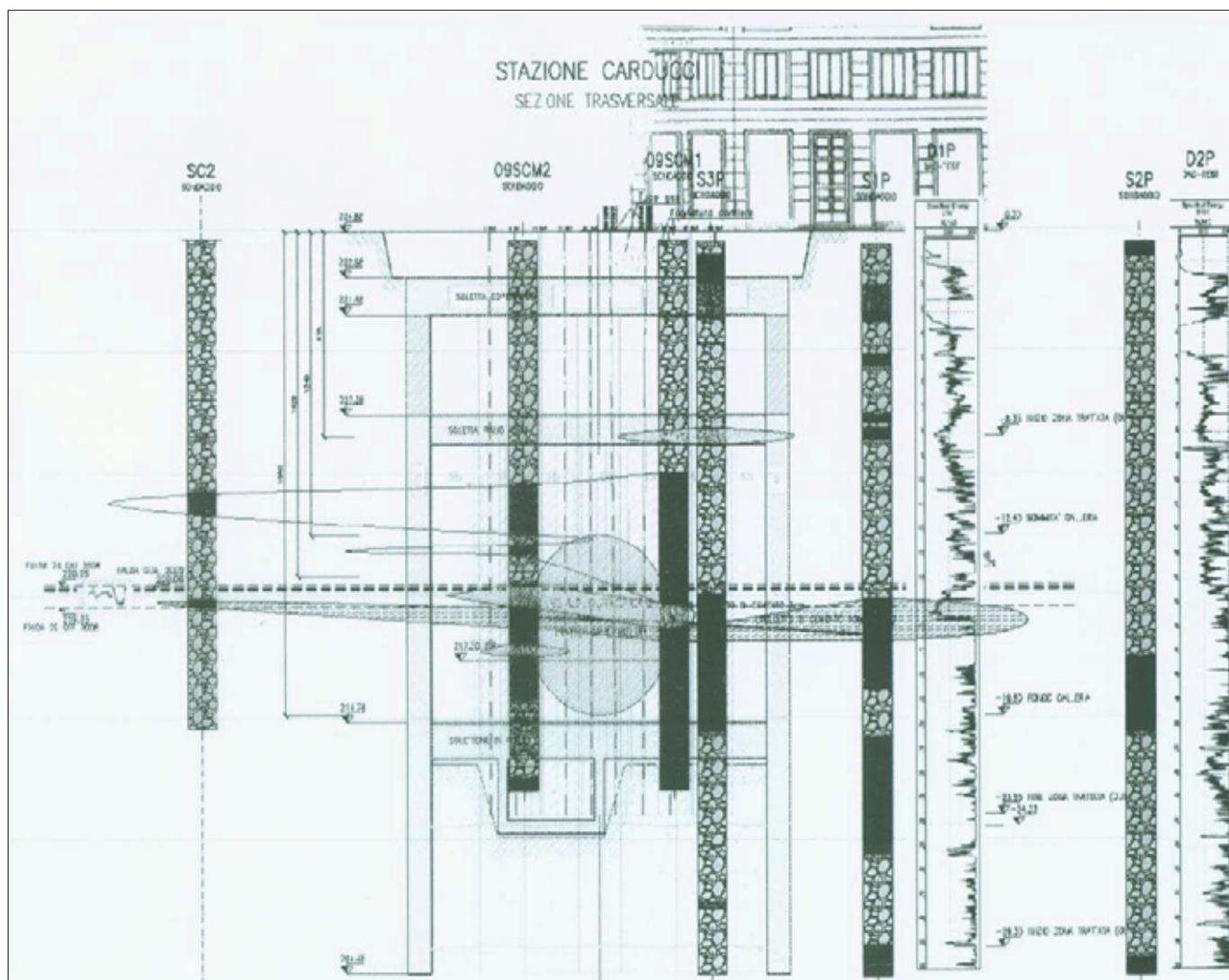


Figura 4 – Straterelli di materiali fini interclusi nella ghiaia.

terreno (il Quaternario fluviale) sopra ricordate ed i loro riflessi applicativi essenziali.

2.1 LOCALE VARIABILITÀ GRANULOMETRICA

La variabilità granulometrica alla quale si vuole fare riferimento è quella che si verifica alla scala di una galleria ferroviaria o per metropolitana e che ha influenza sulle macchine di scavo e sulle tecniche di consolidamento del terreno mediante iniezioni.

Diverse sono le ragioni della variabilità granulometrica che determinano negativi riflessi applicativi:

- lenti e plaghe discontinue piuttosto superficiali di materiali francamente argillosi;
- letti e lenti stratiformi di limi sabbioso-argillosi di spessore anche plurimetrico casualmente dispersi nella massa (Fig. 2 e 3)
- relativamente piccole lenti metriche di grani appiattiti discoidali centimetrici assolutamente privi di fini;
- locali adunamenti di ciottolame grossolano, pluridecimetrico.

Osservando queste differenziazioni granulometriche alla scala di una galleria (25 m²-80 m²) ci si può rendere facilmente conto



Figura 5 – Fronte in ghiaia cementata in un'antica galleria di mina e contromina della Cittadella.

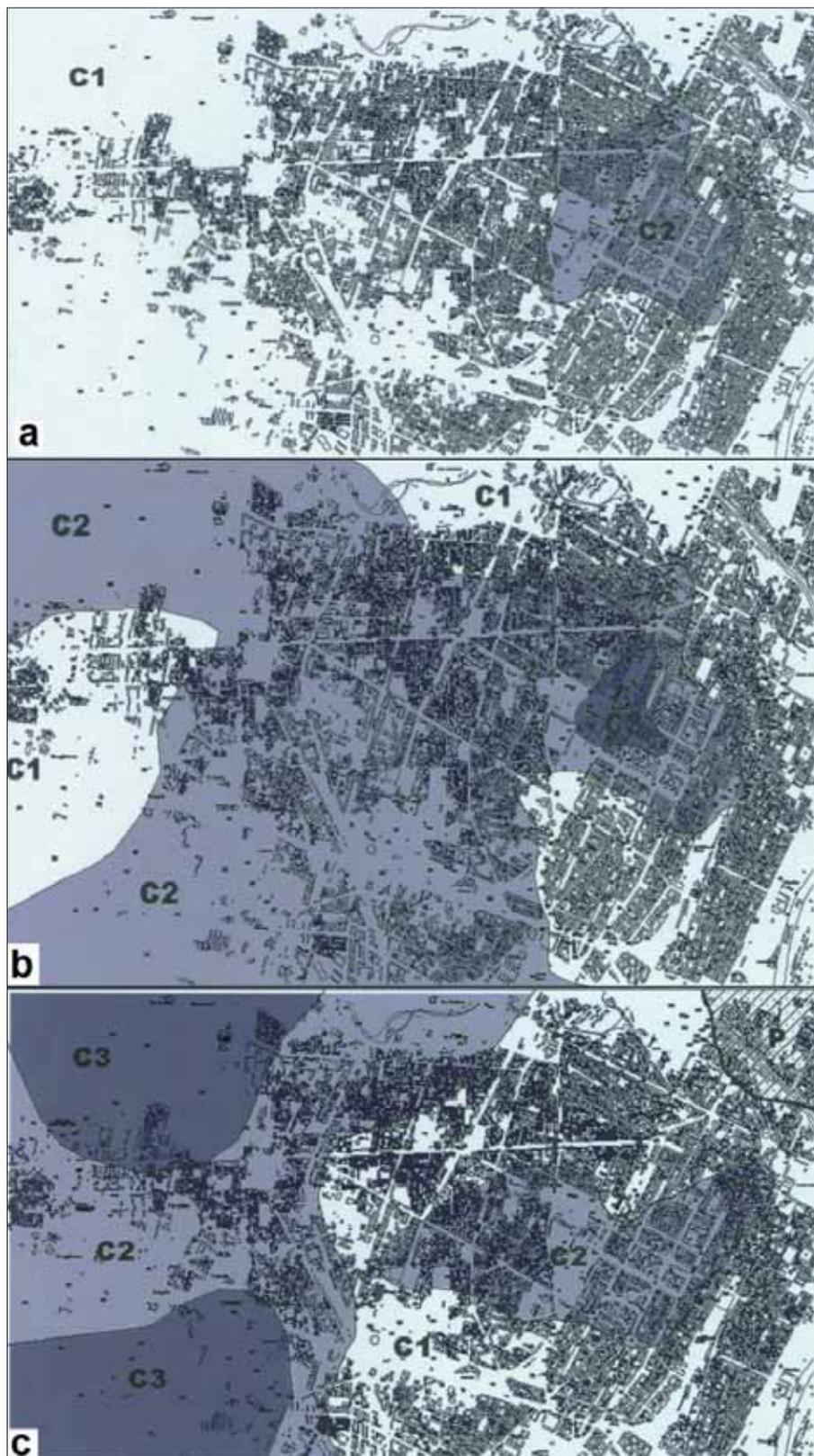


Figura 6 – Variabilità della cementazione delle ghiaie nel sottosuolo di Torino a profondità di 10 m (a), 20 m (b) e 30 m (c) dal piano campagna. Legenda: C1 = ghiaie e sabbie debolmente cementate (Olocene); C2 = ghiaie e sabbie mediamente cementate (Olocene); C3 = ghiaie e sabbie fortemente cementate (Olocene); P = sabbie gialle fossilifere (Pliocene).

che la loro presenza dà un terreno manomesso con granulometria molto variabile anche da metro a metro.

Ciò ha reso complesso ad esempio il condizionamento del terreno per lo scavo con EPB delle gallerie della Metropolitana, il quale ha richiesto un continuo adeguamento di quantità e tipo dagli additivi condizionanti, rallentando anche la produzione della macchina.

Questo fenomeno dipende dal fatto che la locale presenza di limi sabbiosi e argillosi rende il materiale scavato più pastoso e più facile da condizionare, mentre la prevalenza di dischetti di pietra o di ciottoli dà un materiale scavato arido, più difficile da condizionare: il problema è che o con l'uno o con l'altro materiale la contropressione che si genera deve restare analoga a quella local-

mente richiesta per la salvaguardia delle pre-esistenze in superficie e quindi va adeguato il condizionamento.

Rimanendo alla stessa scala della galleria, si può rilevare come la presenza casuale di quei volumi significativi di terreno a granulometria molto differente abbia determinato grandi difficoltà, sino all'insuccesso, nell'esecuzione (progettazione e messa in opera) delle iniezioni cementizie sia di consolidamento del terreno (interventi prodeutici per il presidio di manufatti ed edifici da sottopassare con le gallerie), sia di impermeabilizzazione dello stesso terreno (ad esempio per la formazione dei blocchi di ingresso e di uscita della TBM dalle stazioni già svuotate) (Fig. 4) (PELIZZA 2009).

La coesistenza di porzioni metriche di terreno con diversa permeabilità (per differente granulometria od anche cementazione) richiede un ravvicinamento dei fori di iniezione ed una intensificazione delle valvole, come pure un elevato numero di campi prova dai quali soli si possono trarre le necessarie indicazioni per ottimizzare la tecnica di iniezione che si deve basare su svariati parametri (distribuzione nello spazio dei fori di iniezione e delle valvole in ciascun foro, tipi di sostanze da iniettare, pressione o portata per ogni valvola).

Va peraltro rilevato che le TBM, lavorando in modalità EPB, hanno fornito risultati del tutto soddisfacenti, dimostrandosi preferibili ad altri tipi di TBM nonostante che il terreno di Torino non sia granulometricamente il più adeguato per una EPB.

Infatti, l'elevata eterogeneità granulometrica, anche alla scala della galleria, con netta prevalenza delle frazioni più grossolane dà un terreno "al limite" del campo di applicazione della EPB: in queste condizioni hanno assunto importanza fondamentale lo studio del corretto condizionamento del terreno, la conformazione geometrica della testa fresante e la relativa disposizione degli utensili di scavo, nonché l'assiduo controllo e gestione dei parametri di scavo (FORNARI 2006; AVITABILE 2008).

Oltre a ciò, la talora elevata presenza di materiale argilloso, che tende ad incollarsi, favorisce la formazione di un blocco di terreno indurito nella parte centrale della camera di condizionamento ove il terreno è quasi fermo con conseguente riscaldamento, aumento della coppia di rotazione, perdita di produzione.

2.2 CEMENTAZIONE NATURALE DELLE GHIAIE E SABBIE

Il sottosuolo di Torino, se da un punto di vista geologico generale può essere ritenuto relativamente semplice ed omogeneo, ad una scala di osservazione più ridotta (quella di opere civili interrato e sotterranee) può talora presentare variazioni rilevanti, sia lateralmente, sia secondo profondità, con riferimento al grado di cementazione e/o adden-

Raggiere 57 e 58 seconda passata

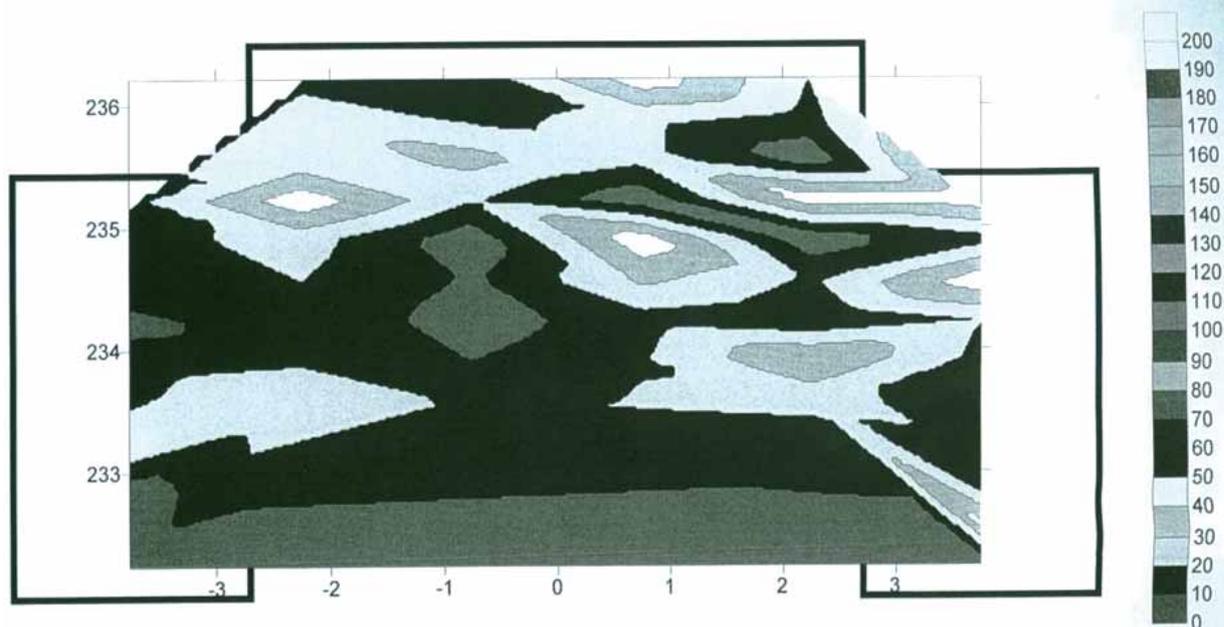


Figura 7 – Grandissima variabilità degli assorbimenti di boiaccia di cementazione nelle iniezioni di consolidamento del terreno da scavare per il presidio di edifici in superficie.

samento dei depositi fluviali (o fluvioglaciali) quaternari (Fig. 5)

La cementazione è naturale e dovuta alla precipitazione di carbonati di calcio e magnesio.

Questi sali provengono principalmente dalle acque del F. Dora Riparia che nei periodi di maggiore portata alimenta la falda superficiale, tant'è che la locale ed occasionale cementazione sembra ridursi con l'allontanamento dall'asta fluviale della Dora.

Per cercare di rappresentare graficamente le zone cementate, che sono disperse in modo del tutto casuale, è stata predisposta una mappatura georeferenziata (DE RIENZO 2008 E 2009) suddividendo il materiale sia a seconda del grado di cementazione (C1 con cementazione in tracce <25%; C2 con cementazione diffusa, 25%-50%, che lascia una patina carbonatica sui clasti; C3 con cementazione elevata, tipo roccia conglomeratica > 50%), sia in funzione della profondità (a – 10 m, – 20 m e – 30 m dalla superficie del suolo) (Fig. 6).

I terreni interessati dai lavori di scavo sono poi stati classificati anche sotto l'aspetto geotecnico in funzione del loro grado di cementazione: la presenza di cementazione ha condizionato la scelta della metodologia di scavo, degli interventi di consolidamento (Fig. 7) e la definizione stessa dei parametri geotecnici (BARLA G. 1999; BARLA M. 2010).

Se da un lato per i calcoli di stabilità di stazioni e gallerie la cementazione non è stata considerata, a favore di sicurezza, a causa della sua variabilità, essa è stata determi-

nante per l'adozione delle tecnologie per la costruzione delle paratie: infatti si è dovuta adottare l'idrosfera giacchè la più semplice benna mordente (kelly) non è in grado di scavare il terreno cementato. Ciò sia per le stazioni della Metropolitana (FANTINI 2010), sia per le trincee del Passante Ferroviario (CAVALLERO 2010), sia per la stabilizzazione degli scavi di fondazione del grattacielo Intesa Sanpaolo (MANASSERO 2010). La tecnologia dell'idrofresa, utilizzata a Torino sin dagli anni '80, è stata innovativa e risolutiva: con essa è stato capovolto il concetto di realizzazione dello scavo dei pannelli per le paratie, con l'abbandono della benna mordente per passare alla fresatura dei materiali ed alla loro successiva estrazione ed allontanamento mediante pompa.

Peraltro l'idrofresa ha sofferto la presenza di grandi blocchi, come sarà illustrato nel successivo paragrafo.

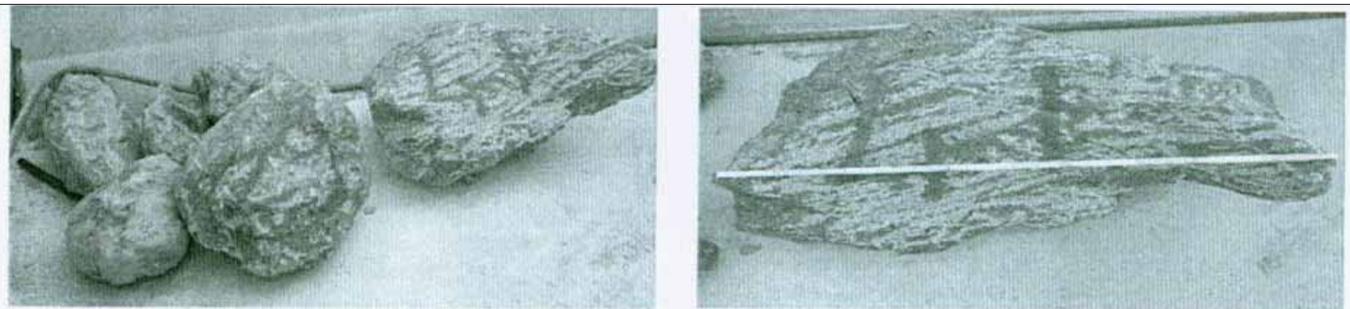
2.3 GRANDI BLOCCHI ALLUVIONALI.

Gli scavi in sotterraneo hanno messo in evidenza la presenza, ancorché rara, di grandi blocchi rocciosi tipo morenici, distribuiti un po' ovunque ed a varie profondità, ma senza una accertabile regola deposizionale: questi blocchi sono del tutto estranei al regime idrico di generazione delle conoidi costituenti l'area di Torino, per cui sono stati evidentemente trasportati da locali estemporanei parossismi idrici che li hanno rimobilizzati dai depositi morenici.

Sono stati reperi blocchi sub-sferici od ovoidali, sempre con superfici arrotondate, di materiali lapidei consistenti sia granitoidi sia di pietre verdi, con dimensione maggiore sino al metro.

Sono sostanzialmente due i negativi riflessi applicativi: da un lato hanno rallentato lo scavo delle gallerie della Metropolitana eseguito con TBM avendo provocato locali innalzamenti puntuali della coppia di rotazione della testa di abbattimento, nonché danneggiamenti o perdita degli utensili a picco. Occorre ricordare che la fresa era già stata predisposta anche con utensili a disco da roccia resistente perché, comunque, avrebbe dovuto già d'ordinario demolire il ciottoloni presenti nella ghiaia; dall'altro lato hanno fortemente ostacolato il lavoro delle idrofresche, predisposte per affrontare la "puddinga", ma non in grado di demolire i grandi blocchi (azione per la quale occorre intervenire con appositi scalpelli ad urto) (CAVALLERO 2010; FANTINI 2010).

Quest'ultimo problema è risultato particolarmente esaltato nello scavo con Idrofresa delle paratie laterali della trincea di fondazione del grattacielo Intesa Sanpaolo (MANASSERO 2010). In questo caso, contrariamente a quanto era noto sino ad allora, cioè la presenza di blocchi occasionali distribuiti random, è stato reperito tra i 32 m e 33 m di profondità, grosso modo in corrispondenza di uno strato più ciottoloso con ghiaia e sabbia grossolana alla base del quaternario, una sorta di strato contenente grandi blocchi sino a metrici che avevano a



Esempi di blocchi parzialmente fresati ed estratti incastrati tra le ruote dell'idrofresa.

Figura 8 – Blocchi metrici di serpentinite estratti da un'idrofresa dalla profondità di 32-33 m ed in parte erosi dai denti dell'idrofresa.

lungo rotolato: si tratta di blocchi di rocce molto compatte, resistenti ed abrasive quali prasiniti massicce, anfiboliti, serpentiniti e gneiss (Fig. 8). E' curioso constatare che questa sorta di strato a grandi blocchi non è diffuso nell'area della fondazione, ma è limitato (o, quanto meno, i reperimenti sono stati limitati) al lato lungo Corso Vittorio Emanuele II e inizio Corso Inghilterra. La presenza di tali blocchi ha in effetti comportato seri e rilevanti problemi di discontinuità e di rallentamento dello scavo con idrofresa, unitamente a rilevanti usure e rotture di picchi, di tamburi fresanti e dell'intera macchina.

3. SULLE INDAGINI "GEO"

Il sottosuolo di Torino è stato ampiamente esplorato sotto l'aspetto geologico, ma lo è – ancora oggi – assai meno sotto l'aspetto geologico-tecnico.

E' pur vero che i riflessi tecnici vanno analizzati in funzione del tipo di opera, ma è altrettanto vero che la mancata raccolta organica dei dati tecnici fa perdere un patrimonio molto importante: in ogni caso è sostanziale pianificare molto attentamente le indagini preliminari.

Comunque, restando ai concetti generali si può considerare che

- i sondaggi carotati si sono dimostrati essenziali, ma non esaustivi;
- la grande variabilità sia della granulometria sia del grado di cementazione richiede una marcata intensificazione dei punti di indagine;
- un tipo di sondaggio che – pur con tutti i suoi limiti – ha sempre dato risultati interessanti nonostante il ciottolame e la cementazione, è il sondaggio a distruzione, con macchina strumentata per rilevare sistematicamente e continuativamente i parametri di perforazione, a condizione che se ne possa fare una buona taratura con alcuni sondaggi carotati;
- le prove penetrometriche nei terreni ghiaioso-ciottolosi e cementati lasciano il tempo che trovano, come pure la geofisica;
- qualche buon risultato per le zone sopra falda viene fornito da cunicoli e pozzetti esplorativi che consentono soprattutto di

mettere in luce la cementazione e le sue caratteristiche;

- i campi prova per gli interventi di consolidamento, soprattutto con iniezione, benchè anch'essi non esaustivi anche perché realizzati in numero troppo piccolo, si sono dimostrati essenziali per acquisire dati di impostazione per metodologie, materiali da iniettare, modalità operative.

BIBLIOGRAFIA

- AMORETTI G. (1995), *Breve storia di una grande forza. Catalogo della mostra col ferro, col fuoco, robe di artiglieria nella cittadella di Torino*, Torino.
- AUTORI VARI (1996), *I segreti di Torino sotterranea. il punto, biblioteca economica, Piemonte in bancarella*, Torino.
- AVITABILE E., BECCARIA G., CARRIERI G., GUGLIEMMETTI V., PEDICONI P., SARTORE P. (2008), *Metropolitana di Torino, linea 1, lo scavo della galleria con tbm-epb nel lotto 2 della seconda tratta*. Quarry & Construction, Dicembre.
- BARLA G., VAI L. (1999), *Indagini geotecniche per la caratterizzazione del sottosuolo di Torino lungo il tracciato del passante ferroviario*. XX Convegno Nazionale di Geotecnica, Parma 22-25 Settembre.
- BARLA G., RABBI E. (2002), *Il sottosuolo di Torino*. XXI Convegno Nazionale di Geotecnica, L'Aquila 11-14 Settembre.
- BARLA M., CAMUSSO M. (2010), *Computing jacking forces in alluvial soils as a function of the cementation degree of the ground*. International Geotechnical Conference, Moscow 7-10 June.
- BARLA M., BARLA G. (2012), *Torino subsoil characterisation by combining site investigations and numerical modelling*. Geomechanik und Tunnelbau, 3.
- BOTTINO G., CIVITA M.V. (1986), *Engineering geological features and mapping of subsurface in the metropolitan area of turin*, Northitaly. 5Th Int. Congr. I.A.E.G., Buenos Aires.
- CAVALLERO G.M., CIUFFEGNI S., DANESE A. (2010), *Le lunghe e varieghe esperienze dell'impiego di idrofresche per la costruzione del passante ferroviario di Torino sin dal 1986*. Convegno su tecnologia dell'idrofresa per realizzare diaframmi profondi in terreni difficili, Torino, 16 Settembre.
- CIVITA M.V., PIZZO S. (2001), *L'evoluzione spaziotemporale del livello piezometrico dell'acquifero libero nel sottosuolo di Torino*. Geam-Geoingegneria ambientale e mineraria, XXXVIII, 4, Dicembre.
- CIVITA M.V., DANESE A., NICOLA E., PIZZO S. (2007), *Previsione e monitoraggio degli effetti dell'acquifero, nel corso della realizzazione di un'importante opera ferroviaria in sotterraneo nella città di Torino*. Ingegneria e geologia degli acquiferi, 22, In Geam, XLIV, 2.
- DE RIENZO F., ORESTE P., PELIZZA S. (2008), *Subsurface geological-geotechnical modelling to sustain underground civil planning*. Engineering Geology, 96.
- DE RIENZO F., ORESTE P., PELIZZA S. (2009), *3D Gis supporting underground urbanisation in the city of Turin (Italy)*. Geotech. Geol. Eng, 27.
- FANTINI G.P., COLLEONI G., AVITABILE E. (2010), *I risultati dell'impiego delle idrofresche per la costruzione delle stazioni della linea 1 della metropolitana di Torino*. Convegno su tecnologia dell'idrofresa per realizzare diaframmi profondi in terreni difficili, Geam, Torino, 16 Settembre.
- FARINETTI A. (2006), *Scavo meccanizzato in area urbana. aspetti per la riduzione del rischio. tesi di dottorato al politecnico di Torino in Geoingegneria Ambientale*, 18° Ciclo.
- Foglio sud-ovest dei quattro che compongono i contorni di Torino, Rapporto di uno a venticinquemila (ante 1890), attribuibile alla tipografia di G.B. Maggi, Torino
- FORNARI E., CARRIERI G., GUGLIEMMETTI V., CROVA R. (2006), *The Torino metroline I. use of three tbm-epbs in a very coarse grain size distribution ground*. Ita-Aites World Tunnel Congress 2006, Seoul, 22-27 April.
- GERVASO F., CAVALLERO G.M. con la collaborazione di VILLANOVA G., MELODIA D., PELIZZA S. (2011), *Passante ferroviario di Torino: una rivoluzione urbana*. Casa editrice La fiaccola, Milano, Per Astaldi S.P.A.
- LUCCHESE S. (2001), Sintesi preliminare dei dati del sottosuolo della pianura piemontese centrale. Geam-Geoingegneria ambientale e mineraria, XXXVIII, 2-3.
- MANASSERO V., GRILLO L., FINZI B., VIAPIANO V. (2010), *L'utilizzo delle idrofresche per la stabilizzazione degli scavi di fondazione del nuovo grattacielo Intesa Sanpaolo a Torino*. Convegno su tecnologia dell'idrofresa per realizzare diaframmi profondi in terreni difficili, Geam, Torino, 16 Settembre.
- PELIZZA S., CROVA R., DI BELLA R., BLANDINO L., ALESSIO C. (2009), *Forepoling innovativo nelle ghiaie di Torino per la costruzione di un tratto di galleria naturale*. Gallerie e grandi opere sotterranee, 91, Settembre.
- PELIZZA S. (2010), *L'immagine tecnica virtuale del sottosuolo di Torino*. Convegno su tecnologia dell'idrofresa per realizzare diaframmi profondi in terreni difficili, Geam, Torino, 16 Settembre.
- RICCI G., ENRIONE R., EUSEBIO A., CROVA R. (2007), *Numerical modeling of the interference between underground structures and aquifers in urban environment*. The turin sub-way 1. Ita-Aites World Tunnel Congress 2007, Prague, 5-10 May.

Instabilità geo-morfologica in contesto urbano: l'esempio della collina di Torino

L. TURCONI
CNR-IRPI UOS Torino

D. TROPEANO
CNR-IRPI UOS Torino

1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E INSTABILITÀ DELLA COLLINA DI TORINO

Il rilievo strutturale geologicamente denominato in senso lato "Collina di Torino" e riferito al territorio in destra Po, compreso tra i Comuni di Moncalieri e Chivasso, è controllato da un complesso sistema deformativo che per semplicità può rappresentarsi in una piega anticlinale fortemente asimmetrica, a direzione NNE-SSW, sul cui fianco nord, il più acclive e il maggiormente antropizzato, risultano più numerosi e accentuati i dissesti connessi a fenomeni di instabilità dei versanti.

Pur non escludendo locali, endemici fenomeni di franamento che episodicamente possono colpire anche strutture abitative e viarie insediate sul fianco sud della Collina (es. Revigliasco in Comune di Moncalieri, Pecetto) la presente analisi sarà prevalentemente incentrata su Torino, dove anche su lunga serie storica risultano documentati fenomeni di dissesto per frana e attività torrentizia.

Con sempre maggior frequenza, nell'occasione di rovesci di pioggia anche non eccezionali, la città di Torino e le aree suburbane (in particolare la collina) sono minacciati da collasso delle reti fognarie, ruscellamento intenso di acque meteoriche, franamenti superficiali; specialmente laddove la crescita incontrollata e mal programmata di edifici e infrastrutture, soprattutto negli anni '70 ed '80 dello scorso secolo, non è stata accompagnata da un oculato sviluppo delle reti di drenaggio né dalla dovuta attenzione alle possibili conseguenze dell'alterazione e cementificazione di un territorio già di per sé in delicate condizioni di equilibrio.

Tra i casi emblematici, ieri e oggi, tra le decine di fenomeni di questo tipo, possono citarsi lo sprofondamento di un tratto di Piazza Hermada (in precollina) intorno al 1971, che fece riaffiorare le strutture dell'antico 'Ponte Trombetta', che ben ricordavano gli anziani di Borgo Po e che già agli inizi del '900 era stato sepolto per 'nascondere' alla vista il Rio di Val San Martino (in omaggio al nascente sviluppo urbanistico e viario), oppure, per collasso del vecchio condotto fognario tra Mirafiori nord e Lingotto, l'apertura di una 'voragine', nella notte dell'11 giugno 2007, che inghiottì un'auto in transito con due persone a bordo (per

fortuna rimaste illese) all'incrocio tra Corso Traiano e Via San Pio Quinto, e, per citare uno dei casi più recenti, il collasso della fognatura che, raccolte le acque dall'impluvio dell'antica 'Vigna di Madama Reale', le canalizzava sotto Via Villa della Regina, provocando per più giorni la chiusura al transito e richiedendo un costoso intervento di ripristino parziale. Certamente il ruolo della geologia è marginale in tutto questo, ma va tenuto in conto che i canali, quando in cielo aperto o interrati, erano in certo modo compatibili con la natura del sottosuolo in cui erano scavati: ad esempio, il conglomerato fluviale pleistocenico (paleoconoide del Sangone) nel primo caso, o le marne compatte del 'Langhiano' nel secondo. Qualunque altro tipo di terreno sciolto, di ripporto e non assestato naturalmente, espone il terreno stesso al dilavamento, al sifonamento e all'aggiramento della struttura soggiacente al rilevato stradale costruito ex novo.

Un altro caso ricorrente, in occasione di violenti temporali, è la conversione di certe reti stradali in sistema idrografico estemporaneo, con esclusione della rete fognaria soggiacente, o in sostituzione alla stessa, se non esistente o impraticabile per mancata manutenzione e spurgo periodico. Se ciò vale in pratica per ogni quartiere di Torino e lo stesso centro storico, ancor più lo è per le arterie precollinari e di collina (ad esempio Strada Valpiana, Strada Val San Martino, Strada Mongreno, la già citata Via Villa della Regina, Viale Thovez e tratti stradali superiori che vi confluiscono). Se, in piano, ciò può esser causa di un fastidioso ma momentaneo disservizio, in zone collinari può tradursi in immediato pericolo per il traffico automobilistico.

Tra le soluzioni proponibili: una attenta e pianificata revisione dei sistemi di drenaggio urbano, con approntamento di lavori a medio termine e a cadenze cicliche, per adeguare l'odierna rete di drenaggio ai regimi pluvio-metrici in evidente mutamento e alle superfici urbane esistenti, divenute sempre più impermeabilizzate nel giro di pochi anni.

Per ciò che riguarda l'assetto dei terreni collinari in risposta alle alterate condizioni di equilibrio per sbancamenti, piani di posa, riporti, è da ritenersi indispensabile un esame di massimo dettaglio dei terreni soggiacenti e nel vicino intorno, da un punto di vista ge-

omorfologico, geolitologico, tessiturale e, non ultimo per importanza, neo-tettonico.

Dal punto di vista geologico-strutturale l'insieme dei rilievi che formano la collina torinese può considerarsi un singolare complesso sedimentario dinamico: in una parola, un ammasso di strati sedimentari di centinaia di metri di spessore, della più svariata natura (dalle particelle argillose ai massi plurimetrici) ripiegati, reciprocamente spostati e tuttora in impercettibile movimento. A un occhio specialista sono riconoscibili a centinaia le indicazioni di discontinuità strutturale, espressioni di piani di frattura o faglia. In sintesi estrema, il territorio collinare corrispondente al circondario di Torino è formato da una sovrapposizione di depositi sedimentari, di origine marina o terrigeni, estremamente eterogenei per natura, litologia, compattezza, potenti nell'insieme parecchie centinaia di metri; essi si sono depositi in un lasso di tempo che va dall'Oligo-Miocene al Pleistocene, ovvero nell'arco di 45 milioni di anni. I depositi, in particolare quelli clastici (arenarie e conglomerati: spesso in forma alterata o colluviati, perciò sabbie, ghiaie e massi) provengono dalle valli della catena alpina occidentale, nel corso della sua formazione e migrazione verso ovest, attraverso una lunga e tormentata vicenda di sovrascorrimenti e pieghe imposte dalla migrazione di zolle profonde. Tali manifestazioni parossistiche si sono avute in un periodo che corrisponde agli ultimi 3-5 milioni di anni e con tutta evidenza proseguono tutt'ora. L'assetto di tali rocce sarebbe tabulare o a conca in un modello evolutivo statico. Nella realtà, anche i fondali dell'antico mare padano oligo-miocenico e pliocenico sono stati e sono tutt'ora coinvolti nei sommovimenti crostali che caratterizzano la penisola italiana al pari di altre aree del Mediterraneo. Come il sistema alpino, così i rilievi della Collina e le strutture della medesima sepolte nel sottosuolo della pianura del Po rispecchiano uno stile evolutivo a sovrascorrimenti, subduzioni e movimenti reciproci roto-traslativi (faglie trascorrenti, dirette e inverse). Ciò che oggi si vede è la porzione più evidente ed elevata dell'insieme dei depositi, che in semplificazione estrema può rappresentarsi come una grande piega anticlinale a fianchi decisamente asimmetrici: quello verso Po (dove tra l'altro è presente la maggior

parte degli insediamenti) a forte o fortissima inclinazione (40-70° di pendenza) e quello meridionale a inclinazione via via più raddolcita.

In termini pratici, tale eterogeneità, se non caoticità di litologie e assetti strutturali, può tradursi in una pressoché generalizzata situazione di 'fragilità' endemica del territorio collinare, le cui cause naturali possono riassumersi nei seguenti punti: 1) il substrato roccioso può presentare assetto stratoide orizzontale, inclinato (sino alla verticale), talora scomposto; 2) non sempre gli strati, di norma siltoso-marnosi, marnoso-calcarei o argilloso-marnosi si presentano (dal basso in alto o lateralmente) unitari e compatti, ma piuttosto appaiono fratturati, spesso irregolarmente, o fagliati, sicché 3) a un assetto strutturale a equilibrio già compromesso o compromissibile si aggiunge la percolazione incontrollata dell'acqua di sottosuolo. Non va dimenticato che spesso, o quasi sempre, è l'acqua di infiltrazione e sotterranea la diretta responsabile delle attivazioni di movimento nel corso di piogge intense e/o prolungate. 4) La situazione si complica laddove alle facies di mare profondo o di ambiente litorale, rispecchiate da sedimenti fini e ultrafini, di fatto impermeabili, si intercalano o giustappongono (per eteropia o contatto tettonico) lenti o strati di sedimenti a granulometria molto più grossolana (sabbie, ghiaie e conglomerati anche a blocchi ciclopici), il che comporta inevitabili assestamenti e cedimenti differenziali e regimi molto differenziati delle acque sotterranee. A tutte tali componenti naturali sono da aggiungersi 5) elementi condizionanti la stabilità sino in forma prioritaria ed esclusiva, rappresentati dall'edificato moderno e relative infrastrutture.

A partire dal '900 cominciarono a svilupparsi i primi sentieri collinari e venne costruita una funicolare che collegava la città alla Basilica di Superga. Durante la Seconda Guerra Mondiale numerosi boschi sono stati tagliati e negli anni '50 e '70 le nuove urbanizzazioni hanno interessato le zone più belle. Questo fenomeno ha portato a ulteriori dissesti idrogeologici, a una profonda alterazione del paesaggio e del patrimonio naturalistico, ad una riduzione sia della vegetazione naturale, sia della possibile fruizione pubblica di numerose zone collinari. Inoltre la progressiva diminuzione delle utilizzazioni di legname ha provocato l'abbandono di molte particelle boscate (cedui di Robinia) che sono in via di degrado per i numerosi schianti a cui tale specie è soggetta, peggiorati dall'invasione di Rovo e Vitalba che si aggrovigliano attorno alle piante e agli arbusti e ne provocano il diradamento. A ciò si aggiunge che, in alcune zone un tempo coltivate, l'espandersi della vegetazione arbustiva ed arborea, soprattutto nella vicinanza di vecchi cascinali abbandonati, ha colonizzato progressivamente le aree anticamente a prato o a frutteto costituendo

i cosiddetti "boschi d'invasione". In termini pratici appare necessario intervenire rapidamente al fine di riportare i boschi in condizioni accettabili, provvedendo ad una programmata "ripulitura" del sottobosco, al fine di prevenire gli incendi e convertendo gradualmente i vecchi cedui in fustaie, contribuendo a prevenire il dissesto idrogeologico e frenare il degrado.

2 EVENTI STORICI DI INSTABILITÀ IN TERRITORIO TORINESE FINO AGLI ANNI '90 DELLO SCORSO SECOLO

- 1810, 9 maggio – "Secondo i dati registrati nell'Ufficio meteorologico di Torino, nel mese... piovve per ben 24 giorni, e nel giorno 9 caddero millim. 103,77 di pioggia... si verificò uno straordinario numero di frane nelle regioni collinose di Torino" (SACCO, 1893).
- 1835, autunno - "Piena... abbatte il muro e rovina la strada che corre a fianco del Rio Paese [attuale Valsalice] all'altezza del Poligono d'artiglieria sulla strada che da questa capitale conduce a Moncalieri" [AS TO, Sez. Riunite, Mazzo n. 2, Ser. 1841-1842].
- 1890 - si produsse una colata innescata in corrispondenza "dell'altipiano artificiale per escavazione, ove si costruì un grande edificio a scopo religioso sopra ed a Sud Ovest della Villa della Regina; l'andamento della colata ricordava quello di un ghiacciaio, ed è a notarsi il fatto che tale colata si scavò un solco, dopo abraso il terreno coltivabile e la parte alterata delle marne in posto, nelle marne sane sottoposte, e questo solco presentava la levigatura quasi analoga a quella che lasciano le masse glaciali colanti sulle superficie rocciose" (BARETTI, 1893).
- 1892, 30-31 marzo – "Dalla sera... al mattino... si verificò nelle colline torinesi un grandioso quanto disastroso fenomeno di franamento direi quasi generale. Una gran parte delle strade furono interrotte o per ostruzioni o per sprofondamenti più o meno estesi; molte case rimasero fortemente danneggiate, screpolate ed anche in parte abbattute; estesissime regioni coltivate a vigneti, a prati, ecc., si screpolarono in mille punti, verificandosi numerosi scoscendimenti, frane, ecc., talora in scala veramente grandiosa e terribile; persino le regioni boschive... in moltissime località presentarono larghe lacerazioni susseguite da estesi scoscendimenti. I danni... si faranno ancora sentire per molti anni in avvenire, e purtroppo sono in parte assolutamente irrimediabili. Né tale grandioso fenomeno rimase localizzato alle colline di Torino, ma si estese assai verso est nelle regioni collinose di Torino-Casale ed altrove, ed è notevole che esso si verificò eziandio in molte località dove non era mai

avvenuto nulla di simile. Forse allora in alcuni l'idea che questo fenomeno... fosse stato causato da un terremoto, tanto più che alcuni confusero i rumori e gli scuotimenti causati dai suddetti scivolamenti e sprofondamenti con quelli prodotti dai fenomeni endogeni... La causa prima... fu certamente la straordinaria quantità d'acqua caduta..." (SACCO, 1893).

- 1901, 3 ottobre – "In prossimità di Sassi le acque del Rivo [di Mongreno] fecero... verso le ore 22,30 rovinare il ponte che lo attraversa. Disgraziatamente in quel momento vi passava sopra la lavandaia... d'anni 50, abitante sulla strada di Mongreno, la quale fu travolta col ponte dalle acque" [Gazzetta del Popolo, 5 ottobre 1901].
- 1907, 3-4 novembre – "Poco oltre la casa n. 43 della strada comunale di Cavoretto franò un tratto di circa 10 metri di strada. Furono tosto presi i provvedimenti per un riparo provvisorio" [Gazzetta del Popolo, martedì 5 novembre 1907].
- 1948 – "Le anormali piogge di aprile e maggio causarono numerosi... cedimenti e frane... a Gassino, S. Mauro, Superga" (SOCIN, 1948).
- 1948, 4 maggio – "Frana la collina sulla strada di Chivasso... In regione Rapo, a poche centinaia di metri da S. Mauro... una massa di terriccio e ghiaia si è abbattuta alle 17,30 sulla linea della Satti ostruendola completamente... un'altra e più ampia zona di terreno, in conseguenza della frana, minaccia di scivolare sulla strada... A sera veniva segnalata altra frana in strada Mongreno, all'altezza del n. 323" [Gazzetta del Popolo, mercoledì 5 maggio 1948].
- 1948, 18 maggio – "Frana della strada di Mongreno... la strada che si snoda a mezza costa con numerosi tornanti, è stata interrotta da una frana che ha inizio a 45-50 metri al di sopra... La strada, larga circa 4.00 metri, è ingombrata da una massa di terra alta mediamente m 1.50. Dalla grossezza e dalla altezza degli alberi divelti si deve desumere che il piano di scorrimento si trovi ad una quota abbastanza profonda... Più a valle un tratto di strada in curva è scivolato di circa 30 cm, dando luogo a larghe crepe che fanno prevedere un nuovo franamento" [Fonogramma pervenuto al Genio Civile dal Comando Vigili del Fuoco N. 142]. [Lo stesso tratto di strada sarà soggetto a dissesti analoghi nel febbraio-marzo 1972].
- 1948, 20 maggio – "Sulla strada di Superga si è verificato, al 4° chilometro, in regione Belvedere, un cedimento della massicciata" [Gazzetta del Popolo, venerdì 21 maggio 1948].
- 1951, 12 novembre – "Strada Valpiana è interrotta per il crollo di un muro e il

- franamento della massicciata" [Gazzetta del Popolo, martedì 13 novembre 1951].
- Un documento del Genio Civile (fotogramma, 13 nov.) segnala che in Val San Martino Superiore n. 293 "sotto rustico si è aperta grande frana rendendo pericolosissimo stabile. Inoltre... in Strada S. Martino Superiore n. 180 strada è franata per area 20 metri interrompendo traffico".
 - 1954, 17 maggio – "Un lungo tratto della sede stradale di corso Quintino Sella è improvvisamente franato alle 3,30 a causa di profonde infiltrazioni d'acqua nel terreno sottostante. Il cedimento ha travolto il muro di cinta della caserma... A sua volta il muro si è abbattuto sull'autorimessa della caserma... Altre frane si sono verificate... La prima in località Pian Gambino, a 600 metri da Superga, dove la massicciata ha ceduto ed è sprofondata per una larghezza di un metro e mezzo e una lunghezza di 30... La seconda, di minor entità, si è avuta in strada Creusa" [La Gazzetta del Popolo, martedì 18 maggio 1954].
 - 1956, 26 marzo – "Nella notte [caduta frana] sulla vecchia strada di Cavoretto, ostruendola per circa 60 metri... strada del Fioccardo: una slavina vi è precipitata, ostruendola e facendo precipitare un muro... che cingeva l'orto della villa Visconti... a S. Margherita la strada comunale ha cominciato a franare per un tratto di circa 40 metri" [La Gazzetta del Popolo, martedì 27 marzo 1956].
 - 1956, 18 aprile – "Sulla strada del Pino, un centinaio di tonnellate di terra... minacciano di travolgere due abitazioni... all'altezza della terza curva della strada del Pino per chi proviene da Torino... al chilometro 6,300, a breve distanza dall'abitato di Reagle. L'allarme è stato dato [dal proprietario di una villa che] sorge al centro di un pianoro che cade a strapiombo, per un'altezza di una ventina di metri, su una stretta curva... Nel '46... era stato costruito uno spesso contrafforte in muratura... la pioggia aveva aperto preoccupanti spaccature nel terreno... dinanzi alla villa... [il muraglione] andava inclinandosi paurosamente sul lato esterno... Prima preoccupazione è stata quella di fare sgomberare il cascinale sottostante... " [Gazzetta del Popolo, venerdì 20 aprile 1956].
 - 1957, giugno – In Corso Casale 438 è sgomberato un edificio: "le violente piogge, filtrando dalla collina, sui cui declivi è posta la costruzione, hanno provocato dei cedimenti nel terreno... gravi lesioni a una parte dell'immobile" [Genio Civile Torino, Perizia n. 7344, 12 dic. 1957].
 - 1960, dicembre – A monte di Corso Casale (civico n. 472) si ha la ripresa di una "manifestazione franosa... movimenti appena apprezzabili" legata all'attivazione parziale di un franamento più antico (GRASSO, 1969).
 - 1963, 12 gennaio – "Una frana di limitate proporzioni si staccò dal versante settentrionale del Monte dei Cappuccini... coinvolse approssimativamente 1200 m³ di materiale... L'acqua... fu l'agente determinante del moto franoso, la rottura della tubazione dell'acquedotto l'evento accidentale che ne provocò l'azione" (DAL PIAZ, 1964).
 - 1963, 9 maggio – "All'altezza di Villa Allason, è franato un tratto della strada comunale che dalla Fontana dei Francesi porta all'Eremo" [Gazzetta del Popolo, venerdì 10 maggio 1963].
 - 1968, 28 maggio – Nubifragio sulla collina di Torino. "Numerose automobili sono state bloccate in strada Pecetto dove nei pressi della "fontana dei Francesi" è franato un tratto della carreggiata. Al numero 151 di via XXV Aprile un'altra frana minaccia di lesionare una casa" (Gazzetta del Popolo, 29 maggio).
 - 1968, 4 luglio – A seguito di nubifragio, nella notte "la strada antica di San Vito è franata per un lungo tratto... A poche decine di metri accanto al numero 58 di Via Piazzi, dove erano state scavate le fondamenta di un nuovo palazzo, una frana ha travolto la prima campata di cemento... Una frana si è abbattuta sulla strada Rebaude" [Gazzetta del Popolo, venerdì 5 luglio 1968].
 - 1969 (data pubbl.) – Il "pendio compreso tra Villa Giuseppina e Villa Lombard (Valle di Reagle) da tempo è periodicamente soggetto a lenti movimenti di assestamento" (GRASSO, 1969).
 - 1969, 6-7 aprile – "Sulla collina di Pino diversi muri di sostegno sono crollati e alcune strade sono state interrotte per lo smottamento del terriccio... il traffico sulla provinciale per Torino è rimasto interrotto... a causa di un muro di sostegno che minacciava di rovinare sulla carreggiata... una parte della carreggiata della strada panoramica per l'Eremo si è staccata" [Cronache Chieresi, 11 aprile 1969].
 - 1969, aprile – "In regione Cartman due villette in pericolo sono state fatte sgomberare dai Vigili del Fuoco" [Cronache Chieresi, 11 aprile 1969].
 - "Relazione sommaria geognostico-geotecnica sulla frana della primavera 1969 presso Villa Fiorini (Val Mongreno)... La Villa Fiorini e il relativo rustico furono costruite probabilmente nel secolo scorso... Il ramo sinistro del Vallone del R. Ravicchio è profondamente inciso tra versanti notevolmente ripidi... Le acque... intaccarono al piede, per alcuni metri di altezza, i versanti a lato del fondovalle, asportandone altro copioso materiale reso quasi fluido.
- La colata... divallò per una distanza d'oltre 300 m, fino oltre la confluenza dei due rami del R. Ravicchio. La fronte della frana si assestò a circa 300 m s.m., a meno d'un centinaio di m dalla Strada del Cartmann... La frana in esame... fu di gran lunga la più importante fra quelle numerose che si registrarono contemporaneamente in diversi punti della Collina Torinese; ma fu affatto eccezionale il suo decorso accelerato" [Archivio privato Ing. Fiorini, Relazione L. Peretti, gennaio 1970].
- 1971, 12-13 giugno – Nella notte, frana al km 3+700 presso Pian Gambino (strada di Superga), osservata circa nello stesso sito di quella avvenuta nel 1954. Si è verificato un cedimento della sede stradale per uno sviluppo di 85-90 m, che ha coinvolto pure il muro di sostegno del terrapieno fiancheggiante la strada, che appare lesionato, come pure un muro di proprietà privata, sottostante un'abitazione. La frana interessa una serie sabbioso-conglomeratica, localmente con alta componente limoso-argillosa. Causa predisponente le lunghe precipitazioni dei mesi di maggio e giugno; causa più diretta risiede probabilmente nella rottura e conseguenti perdite del collettore che, sottopassando la strada, serviva a smaltire le acque provenienti dalla collina a monte nella sottostante canaletta a lato della strada. Senza dubbio già in precedenza si erano avuti cedimenti della strada, che ha richiesto in più punti evidenti ricarichi di asfalto. Il volume del materiale in frana può stimarsi sui 10.000 m³. Metà della carreggiata stradale si è abbassata di oltre 1 m, per un tratto di 20 m. In corso sondaggi [Relazione inedita di D. Tropeano, 3 lug. 1971].
 - 1972, 19-20 febbraio – Sul versante destro della Valle Grande di Mongreno, all'altezza della borgata Tetti Bertoglio [Villa Fiorini], nell'ambito areale di "un antico franamento, vasto nel suo insieme poco meno di 6 ettari... si manifestavano le prime fenditure nel terreno, successivamente ampliate, in fasi successive, nel febbraio 1974 e nel novembre 1975". Nel frattempo, altri movimenti del terreno venivano evidenziati lungo il versante da diffuse lesioni delle strutture portanti di un edificio in costruzione e da cedimenti della strada di accesso alla frazione e della stessa Strada Statale n. 10.
 - Un ulteriore esempio di versante instabile, sede di precedenti fenomeni di frana, è quello di Borgata Sassi, ai piedi della falda settentrionale della collina di Superga. Nel febbraio 1974 una ripresa del movimento di un antico corpo di frana, già noto in letteratura (GRASSO, 1969) e ancora attivo nel dicembre 1960, causò irreparabili lesioni a una villa di recente costruita su

tali terreni instabili. Vennero, curiosamente, risparmiate dal dissesto altre quattro abitazioni vicine, quantunque anch'esse edificate entro la medesima area d'instabilità potenziale. (TROPEANO, 1983).

Fenomeni come quelli sopradescritti, se non evidenziati da segni di attivazione parziale recente (rigonfiamenti, fenditure nel terreno) generalmente sfuggono sul terreno a un osservatore inesperto, sia per le loro proporzioni relativamente vaste perché se ne possa cogliere una visione d'insieme, sia perché non appariscenti, salvo che a dissesto avvenuto, per i dannosi riflessi su eventuali manufatti. Col tempo, poi, ogni indizio morfologico tende a venir cancellato anche per l'attività antropica. Se si tiene conto che la massima parte dell'urbanizzazione "recente" in ambiente collinare è avvenuta ancora in un'epoca in cui non era diffuso l'utilizzo di tecniche come la fotointerpretazione, né la specializzazione dei consulenti professionali era progredita sino ai livelli oggi offerti dallo stato dell'arte, possono forse spiegarsi alcuni insediamenti degli anni '60 e poco posteriori nel pieno di zone interessate da antiche frane, solo apparentemente stabilizzate, con tempi di quiescenza tra un'attivazione di movimento e l'altra anche di parecchi decenni. Anzi, in qualche caso non è da escludere che la presenza dei manufatti stessi abbia potuto localmente influire sulla rimessa in movimento di masse, aventi già di per sé raggiunto un certo grado di stabilità.

- 1972, 13 marzo - Pioggia persistente e talora intensa provoca l'attivazione di nuove frane superficiali. In Strada Monergeno una colata di fango in movimento sormonta il piano stradale.
- 1974, 18 febbraio - Lungo la S.S. n. 10, all'altezza di Villa Martina, il franamento di circa 2400 m³ di terreni detritici a elevata fluidità, innescatosi, sul piazzale antistante una vecchia dimora con rapida discesa al basso causò gravi danni alla viabilità con distruzione di veicoli in sosta nel piazzale adiacente alla statale a lato del locale pubblico *Baby Night* ammassando parte dei veicoli stessi contro le strutture dello stesso edificio (TROPEANO, 1983).

Per gli effetti cumulati delle piogge del febbraio 1972 e febbraio 1974, nel solo ambito comunale di Torino si osservarono 25 frane principali, interessanti una superficie minima di terreni pari a 500 m² e con valori massimi superiori a 1500 m², tutte quante aventi comportato danni più o meno rilevanti a strade e/o abitazioni. I fenomeni di minori dimensioni si produssero in numero elevato con una densità, in alcuni settori, di 15-20 frane per km² (Val San Martino Inferiore). L'esame fotointerpretativo, integrato da osservazioni sul campo all'epoca effettuate, pose in luce che una percentuale molto elevata (70%) di tali

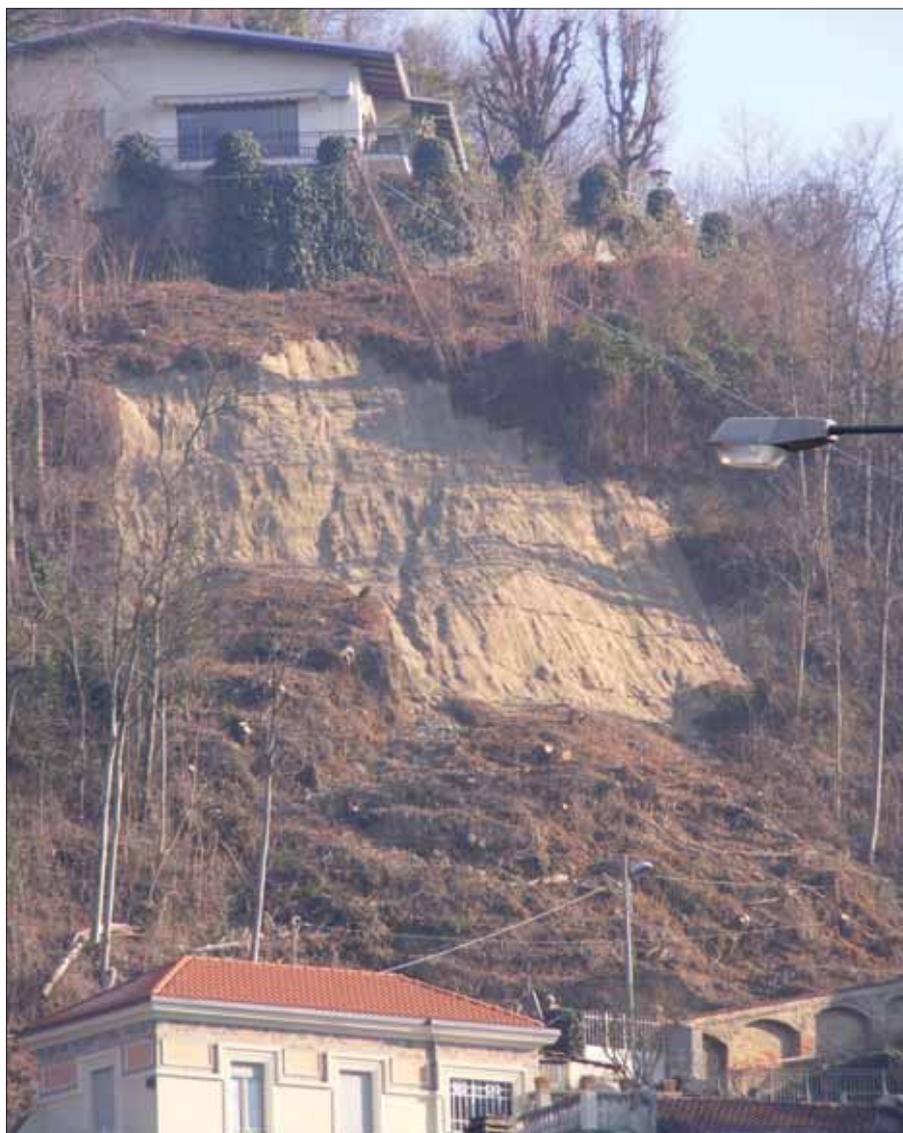


Figura 1 – Frana in Strada di Fenestrelle, sulla Collina di Torino, riattivatasi in seguito all'evento meteorico del 16-17 marzo 2011.

fenomeni rientrava nella tipologia delle colate. I dissesti apparvero interessante per lo più esclusivamente i terreni di copertura eluvio-colluviali per uno spessore compreso da 1 a 3 m. Il 30% delle frane poteva classificarsi tra i fenomeni di scivolamento roto-traslativo o combinati. Oltre la metà delle frane si manifestarono nell'immediata prossimità di opere stradali; circa l'8% di esse fu causa di danni, effettivi o minacciati, a case di abitazione.

- 1976, seconda metà di ottobre - Verso il giorno 18, una frana di qualche centinaio di m³ nell'abitato di Cavoretto ostruì il transito, per il cedimento del muro di contenimento di un terrapieno antistante un fabbricato; un'altra frana, per scoscendimento e colata, attivatasi durante il giorno 28, provocò la temporanea ostruzione al deflusso del rio di Val San Martino con formazione di un piccolo invaso a monte; pochi giorni dopo, una nuova frana a Cavoretto, di 300 m³, investì il cimitero. Altri franamenti furono osservati in località Pian Gambino (Superga) e lungo la strada di Valsalice.

- 1985, 8 marzo - "Caduta del muro di contenimento della via interna che s'inerpica da strada d'Harcourt 52... Il cedimento è avvenuto alle 4... ed ha interessato una decina di metri della strada, che è scivolata nel giardino di una casa sottostante... L'interruzione ha praticamente isolato quattro ville" [La Stampa, sabato 9 marzo 1985].
- 1987, 11 gennaio - Presso Cavoretto, verso le 20,30 una frana si è prodotta in località Santa Lucia tra i civici 67 e 69. "Su un fronte di 40 metri... la collina stava scendendo lentamente, trascinando con sé alcuni muraglioni di terrazzamento con alberi e pezzi d'un garage. Si sentiva uno scroscio d'acqua sotterranea... Lo smottamento s'era fermato 50 metri più a valle, dopo aver trascinato oltre 1500 metri cubi di terreno e muri di contenimento... La probabile causa è stata un'infiltrazione di acqua. Un fenomeno anomalo poiché sono mesi che non piove... il terreno era trattenuto da terrazzamenti in cemento forse non ben ancorati... Secondo uno studio del Politecnico, effet-

tuato nel '78 per una variante urbanistica... il 50% della collina è instabile [La Stampa, martedì 13 gennaio 1987].

- 1989, 10 luglio - "Lungo la strada Reagle e di S. Vito... il nubifragio ha fatto straripare alcuni rii" [La Stampa, martedì 11 luglio 1989].
- Seguono eventi minori, fatto salvo quello del 16-17 marzo 2011 che comportò, tra l'altro, la riattivazione di fenomeni già occorsi in passato (es. frana in Strada di Fenestrelle, Fig. 1).

3 LA RICORRENZA STORICA DEGLI EVENTI

Pur nella loro incompletezza, i dati presentati appaiono però già sufficienti a fornire un attendibile quadro circa tipologie dei fenomeni, loro localizzazione nello spazio e nel tempo, loro dimensione e frequenza con particolare riferimento a concause antropiche aggravanti o condizionanti l'evoluzione dei fenomeni stessi.

Per il solo Comune di Torino è stata ricavata una sintesi descrittiva riferita a un totale di 44 eventi di "dissesto idrogeologico" fino al 1998. Per "evento" è inteso il fenomeno di frana o piena torrentizia isolata, o aggregato in più località contemporaneamente.

Gli eventi di frana costituiscono il 91% dei casi di dissesto, a fronte di un 9% di casi di alluvionamento. La percentuale di frane che ha determinato danni alla viabilità corrisponde al 52% del totale. La percentuale di casi con danno a manufatti vari è pari al 12%, mentre le frane che hanno determinato danni più o meno gravi, se non distruzione, di abitazioni e altri edifici, rappresentano il 36% dei casi.

L'esame delle registrazioni pluviometriche delle stazioni di misura di Moncalieri, Pino Torinese e Gassino evidenzia come le precipitazioni maggiori si concentrino nel periodo tardo primaverile, mentre il minimo si colloca nei mesi di gennaio, febbraio e luglio.

Dall'analisi degli eventi pregressi emerge che in occasione di precipitazioni di 70-95 mm giornalieri si registrarono numerose frane in tutto il territorio comunale, con danni alle abitazioni e ad infrastrutture stradali; questi valori di altezza di pioggia, sufficienti a produrre diffusi e gravi dissesti, sono caratterizzati, in senso statistico, da un tempo di ritorno piuttosto breve, inferiore a 10 anni.

In assenza di dati che consentano un'analisi attendibile circa l'entità della precipitazione, in grado di determinare il movimento franoso a causa del superamento della "soglia critica di innesco", si può tuttavia affermare che perché si verifichi un evento capace di mobilitare numerose frane nel territorio collinare, è necessario che, oltre ad un evento meteorico intenso, si verifichi anche la condizione che esso segua un periodo di precipitazioni prolungate, anche

se non particolarmente intense, che abbiano portato i terreni a saturazione.

Per contro il fenomeno meteorologico isolato, ovvero il semplice temporale estivo, può produrre singoli franamenti isolati, soprattutto portando a collasso situazioni già da tempo precarie, ovvero riattivando fenomeni in parte quiescenti.

I versanti collinari, nel complesso, sono caratterizzati da un fitto reticolo idrografico drenante sottobacini imbriferi di area molto limitata (da 1 a 7.5 km²) cui corrisponde un regime di portata fortemente influenzato dagli eventi meteorici. I profili longitudinali dei corsi d'acqua principali sono caratterizzati da un'elevata pendenza iniziale che si raccorda ad un tratto inferiore molto meno acclive. In tutta l'area i tempi di corrivazione sono pertanto molto ridotti, anche in ragione del fatto che la scarsa permeabilità sia dei terreni di copertura che del substrato determina un rilevante ruscellamento superficiale in occasione di eventi meteorici intensi.

Le caratteristiche del reticolo idrografico sono tali da determinare pertanto eventi di piena e possibili allagamenti ed erosioni spondali prevalentemente nelle aree al fondo delle valli principali di Mongreno, Reagle, Val San Martino e Val Sappone. Di più incerta e meno prevedibile valutazione si presenta però la situazione dei corsi d'acqua minori che sono stati oggetto nel corso degli anni di interventi di copertura o di inalveamento con restringimento, rispetto ai quali un evento meteorologico di notevole entità potrebbe causare seri problemi legati all'erosione di fondo e spondale, trasporto e deposito di detriti.

Lo sviluppo edilizio degli ultimi decenni ha portato all'insediamento di vaste aree prima inedificate, con costruzione di numerosi edifici isolati; questi interventi sono stati in molti casi realizzati in zone caratterizzate da forti pendenze, modificando pertanto profondamente l'assetto originario dei versanti e l'equilibrio idrogeologico.

Conseguenza diretta dello sviluppo edilizio è stata inoltre la proliferazione di nuove strade a servizio di lottizzazioni e case sparse; la realizzazione di una strada in aree collinari comporta un "rottura" morfologica del versante, con conseguente aumento delle pendenze e diminuzione della spinta passiva alla base, cui si deve sommare l'effetto statico e dinamico del traffico veicolare, nonché la modificazione dei deflussi superficiali delle acque di ruscellamento, tenuto conto che raramente la rete viaria è dotata di opere di canalizzazione e di drenaggio efficienti e in buono stato di manutenzione.

Si può riscontrare che anche laddove, su strade a forte pendenza, è invalsa la pratica di apporre griglie fenestrate a tutta sezione di carreggiata per intercettare le acque selvagge non incanalate in cunette laterali, spesso

tali griglie sono totalmente intasate da foglie, terriccio e detriti.

NOTE CONCLUSIVE

L'elevata complessità del problema della valutazione delle condizioni di rischio, indotto da eventi naturali nei confronti delle aree urbanizzate nel territorio collinare è fortemente condizionata oltre che dalla geo-morfologia locale, dalla elevata antropizzazione che, soprattutto in passato, è stata scarsamente improntata a severi criteri di pianificazione urbanistica, compatibile con il contesto geomorfologico del territorio.

Così il problema tecnico che attualmente si pone si articola in un duplice aspetto: da un lato la valutazione della franosità nei confronti dell'evoluzione (morfologica, climatica, di uso del suolo) in atto e dall'altro la tutela dell'esistente, anche quando l'edificazione risulta essere palesemente in zone inidonee o geologicamente "critiche".

Relativamente alla distribuzione geografica dei fenomeni, un'alta percentuale dei medesimi è presente in prossimità del reticolo idrografico e delle aree maggiormente acclivi; dove infatti la franosità si concentra maggiormente nelle parti più elevate delle valli dei rii Reagle, Mongreno e Serralunga, nell'area compresa fra Santa Margherita e Tetti Giacomassi, nella Val Salice e nelle zone adiacenti il Colle della Maddalena e Cavoretto (case sparse in Via XXV Aprile e via privata sotto Parco Europa).

La collina di Torino rappresenta un caso particolarmente critico, per quanto riguarda l'addensamento dei fenomeni, rispetto alle aree collinari dei Comuni adiacenti; in questi ultimi infatti, in ragione della minore estensione dell'antropizzazione ed in alcuni casi della situazione geomorfologica meno sfavorevole, le aree storicamente soggette a dissesti risultano decisamente meno estese e frequenti che nell'area torinese.

RIFERIMENTI

- BARETTI M. (1893) - *Geologia della provincia di Torino*; ed. F. Casanova, 733 pp.
- DAL PIAZ G.V. (1964) - *La frana del monte dei cappuccini nella città di Torino*. *Giornale di geologia*, 32, 161-168.
- GRASSO F. (1969) - *Considerazioni preliminari sui problemi di stabilità e di fondazione nella collina di Torino*. *Atti 1° Convegno Nazionale di studi sui problemi della geologia applicata*, Verona, 6-8 feb. 1969, 121-128.
- SACCO F. (1893) - *Il fenomeno di franamento verificatosi in Piemonte nella primavera del 1892*. *Ann. R. Acc. Agric. di Torino*, 36, 1-8.
- SOCIN C. (1948) - *La frana del Crosetto (Colli torinesi)*. *L'universo*, 28, 6, 643-646.
- TROPEANO D. (1983) - *Eventi alluvionali del 1972 e 1974: le frane nella collina di Torino*. In: *CNR/IRPI eventi alluvionali e frane in Italia settentrionale, periodo 1972-1974*, 405-426.

Caratterizzazione propedeutica all'analisi di rischio del sito della discarica di rifiuti speciali pericolosi di Barricalla(TO)

C. ABATE, L. BAIMA, E. DESTEFANIS, L. MASCIOTTO
Università degli Studi di Torino

1 INTRODUZIONE

La discarica di Barricalla è un impianto di interrimento controllato per lo smaltimento definitivo di rifiuti speciali pericolosi. È situata sul territorio del Comune di Collegno (Località Cascina Barricalla), nei pressi del confine con il Comune di Torino, vicino al nodo di congiunzione tra due strade ad elevato traffico: la Tangenziale Nord e Corso Regina Margherita (Fig. 1).

La discarica, un'ex cava di ghiaia, attualmente è inserita ai sensi dell'art. 4 del D.Lgs. n. 36/2003 (REPUBBLICA ITALIANA, 2003) nella categoria di "Discarica per Rifiuti Pericolosi". Nell'area dell'impianto sono stati realizzati, in tempi successivi, quattro lotti autorizzati come impianti di discarica per rifiuti pericolosi. Alla data del 31 dicembre 2011 le quantità smaltite nei lotti della discarica risultano pari a oltre 1.000.000 di tonnellate di rifiuti, che risultano provenire in prevalenza da attività di trattamento e recupero dei rifiuti, da rifiuti prodotti da processi termici e da rifiuti derivanti da operazioni di costruzione e demolizione (ad esempio dalla bonifica di materiali contenenti amianto). La protezione dell'ambiente dagli agenti inquinanti (quindi dal percolato) risulta garantita da un sistema di impermeabilizzazione dell'invaso consistente in un doppio strato di argilla (dallo spessore complessivo di 5 m) e in una doppia barriera realizzata in telo plastico (HDPE). Tutte le analisi di controllo eseguite sul sito non hanno mai evidenziato inquinamenti dell'acquifero da parte dell'impianto. Barricalla inoltre continua a condurre sin dall'anno 1999 il percorso di Certificazione EMAS, (Eco-Management and Audit Scheme), uno strumento volontario creato dalla Comunità Europea al quale possono aderire volontariamente le organizzazioni per valutare e migliorare le proprie prestazioni ambientali e fornire al pubblico informazioni sulla propria gestione ambientale (analisi ambientali degli scarichi nelle acque, emissioni in aria, contaminazione del terreno e delle falde, biomonitoraggio, ecc).

Le discariche possono rappresentare siti di potenziale rischio sanitario e ambientale per un periodo di tempo molto lungo a causa delle emissioni di percolato e biogas da esse prodotte. L'impianto di Barricalla, la discarica

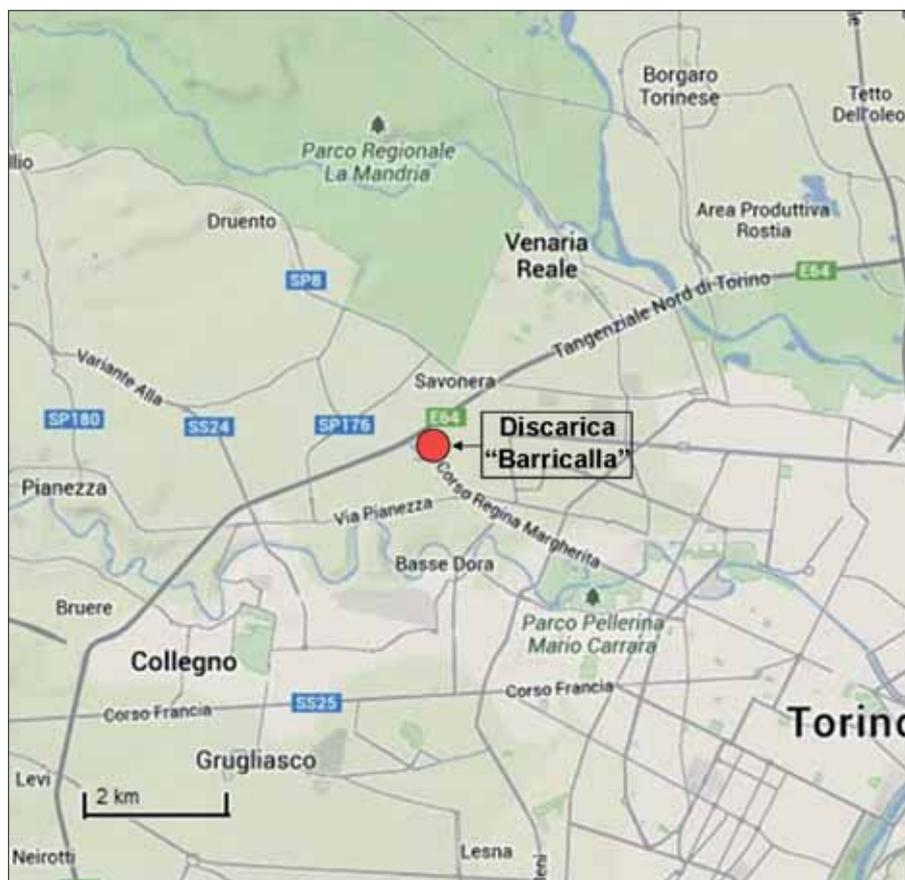


Figura 1 – Ubicazione, al confine tra il comune di Collegno e quello di Torino, della discarica di rifiuti speciali pericolosi di Barricalla.

di rifiuti industriali pericolosi più importante d'Italia, se sottoposto a cattiva gestione, risulterebbe quindi essere una potenziale fonte di pericolo per l'ambiente e per l'uomo. Ogni fase di vita della discarica (pianificazione, progettazione, gestione, interventi di recupero e bonifica, chiusura e post-chiusura) deve quindi essere realizzata utilizzando le migliori tecniche disponibili a costi accessibili; uno strumento come l'analisi di rischio risulta quindi fondamentale per la valutazione dei possibili scenari di rischio per la salute umana e ambientale connessi allo smaltimento di rifiuti.

2 L'ANALISI DI RISCHIO SITO-SPECIFICA

Le conoscenze in materia di valutazione di rischio ambientale e sanitario sono ampiamente consolidate in campo ambientale in relazione alle bonifiche; la situazione è invece differente quando ci si riferisce all'ambito delle discariche, dove conoscenze ed esperienza

risultano essere minori (ALOISI et al., 2011). Allo scopo di fornire un po' di chiarezza in quest'ambito, l'ISPRA (2005) ha elaborato un manuale sui "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio alle discariche", uno strumento utile per l'applicazione dell'analisi di rischio per la salute umana e ambientale a una discarica, considerata come sito contaminato con peculiarità proprie. Secondo tale pubblicazione, il processo di valutazione del rischio ambientale può essere schematizzato in tre fasi successive. La prima prevede la definizione del "modello concettuale del sito" (MCS) attraverso la ricostruzione dei caratteri delle tre componenti principali del caso di studio (sorgente, via di contaminazione e bersaglio) ed i collegamenti tra esse; se le tre componenti non sono collegate tra loro di fatto il rischio risulta essere inesistente. La fase successiva comprende la determinazione delle concentrazioni delle specie inquinanti presen-

ti nel percolato e nel biogas. Nell'ultima fase, detta "caratterizzazione del rischio", si procede alla simulazione dei fenomeni di migrazione del percolato attraverso la discarica (o del biogas) e alla conseguente determinazione delle concentrazioni degli inquinanti in falda o in atmosfera; da tale simulazione si ottiene la determinazione delle concentrazioni degli inquinanti sui bersagli precedentemente individuati e di conseguenza una stima dell'impatto della discarica sulle matrici ambientali, ottenuta dal confronto dei valori ottenuti con valori di riferimento (derivati ad esempio da limiti di legge o studi accreditati). Durante lo sviluppo del MCS si consiglia di realizzare un quadro ambientale di riferimento, con riferimento alla storia del sito, alle sue caratteristiche idrologiche, climatiche, geologiche e idrogeologiche (ISPRA, 2005).

3 INQUADRAMENTO IDROLOGICO E PLUVIOMETRICO

L'area di studio consiste in un quadrato di circa 100 km², al cui centro è situata la discarica di Barricalla. Si tratta di un'area sub-pianeggiante, inclinata lievemente verso E, la cui superficie è contraddistinta dalla presenza di due terrazzi, i quali si raccordano tra loro attraverso una scarpata avente direzione NNE-SSW (con altezza in alcuni punti anche superiore ai 10 m) e da una serie di terrazzi di minore estensione che raccordano il livello

principale della pianura ai corsi d'acqua. Il più importante di questi è il F. Dora Riparia, il quale, attraversando gli abitati di Pianezza

e Collegno e passando poco più di 1 km a S di Barricalla, entra nel territorio di Torino in corrispondenza al Parco M. Carrara. A N sono pre-



Figura 2 – Inquadramento geologico dell'area di studio.

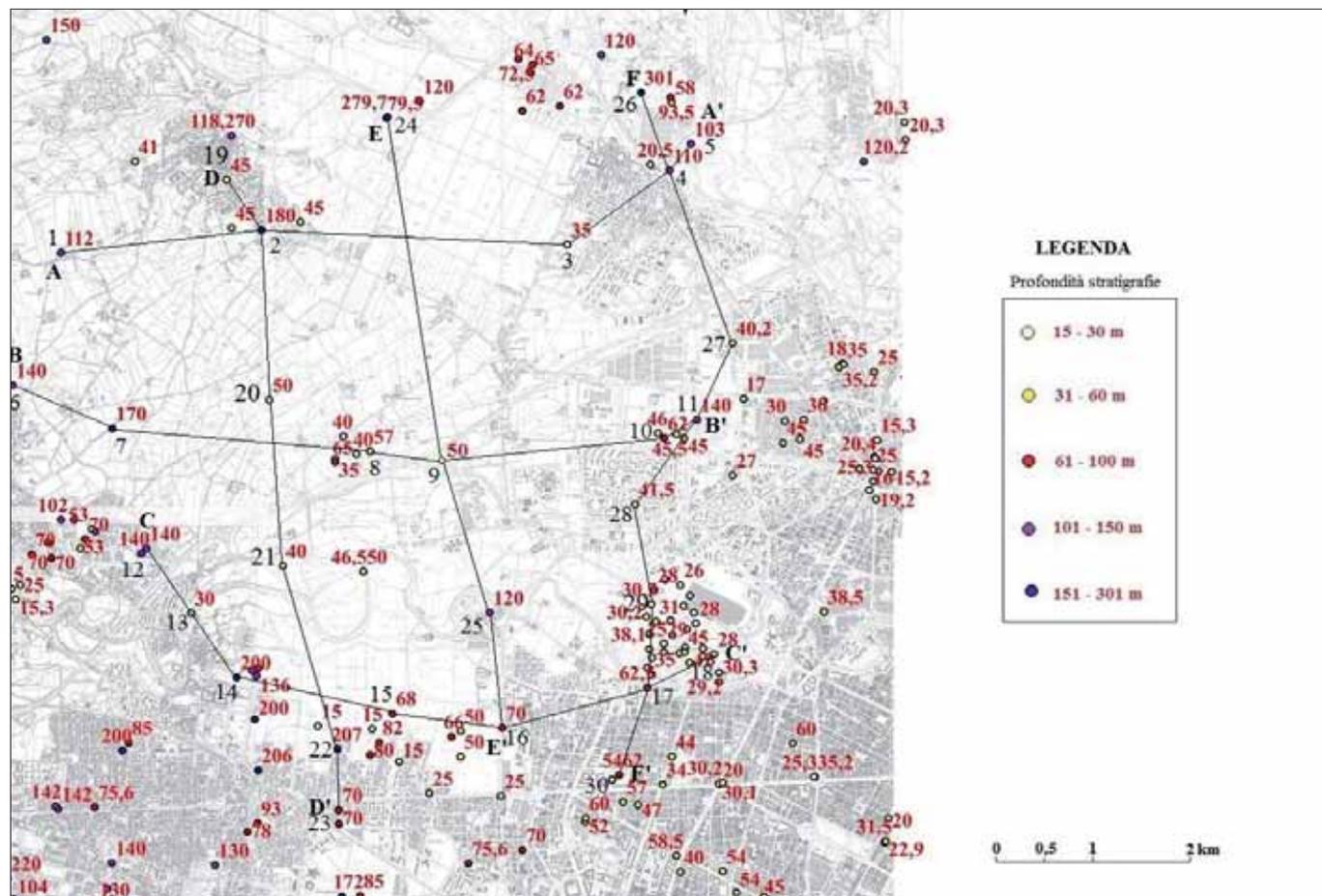


Figura 3 – Ubicazione delle stratigrafie e tracce delle sezioni litostratigrafiche costruite per la ricostruzione del sottosuolo.

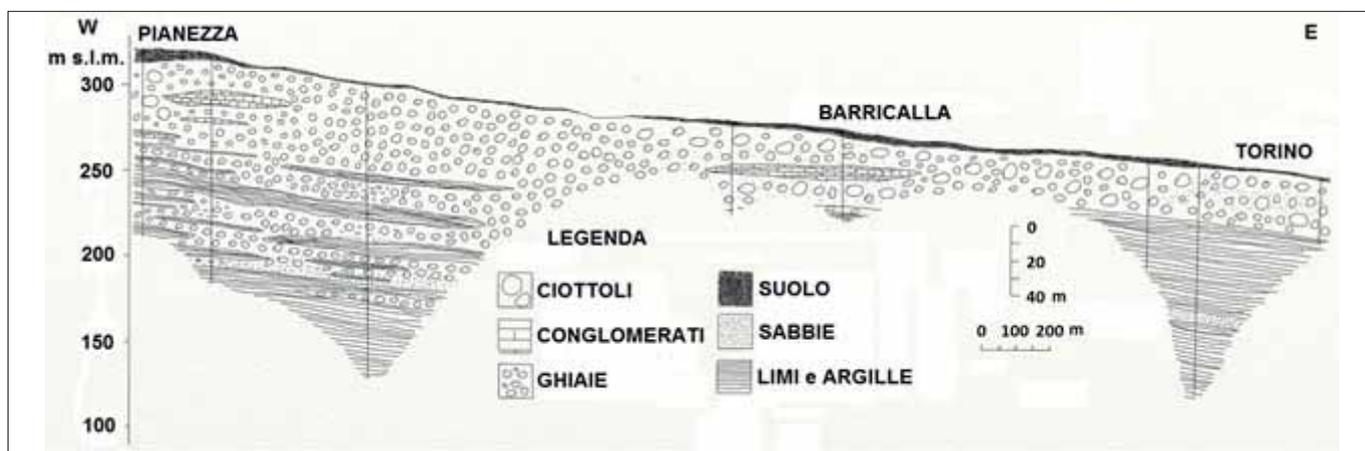


Figura 4 – Sezione litostratigrafica B-B', con andamento W-E passante per la discarica di Barricalla.

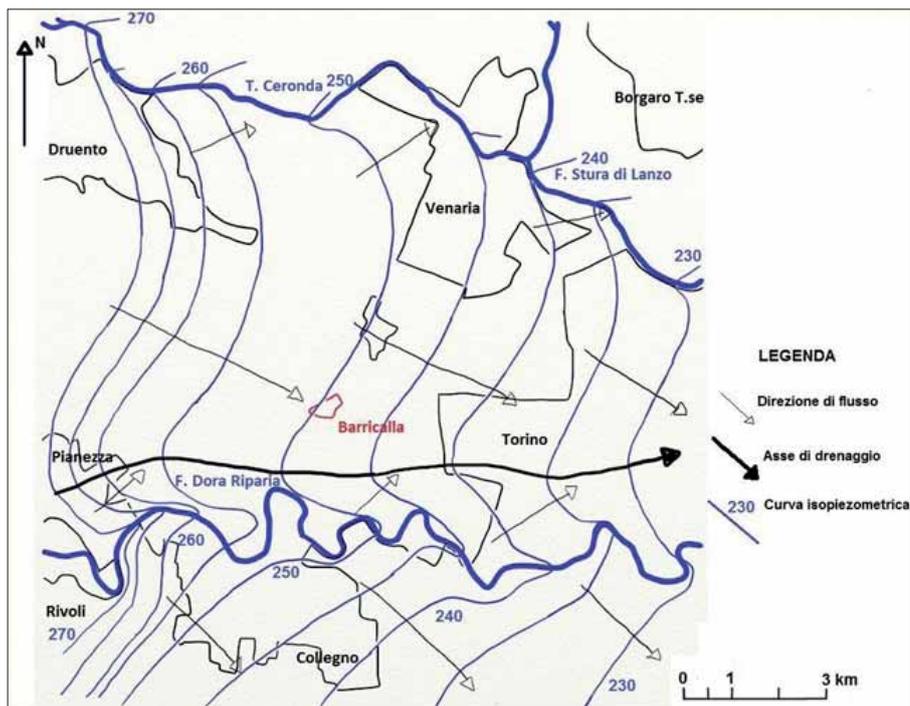


Figura 5 – Carta piezometrica della falda a superficie libera (giugno 2012).

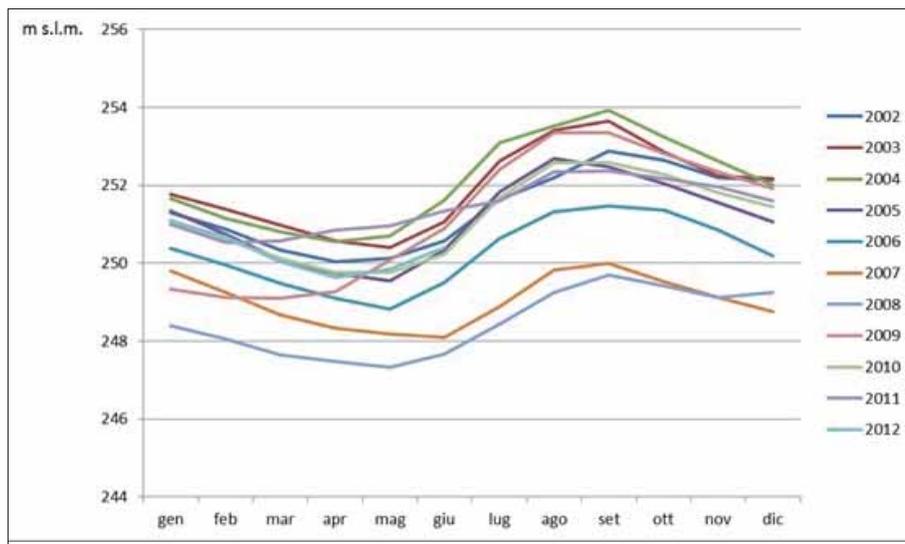


Figura 6 – Variazione del livello piezometrico della falda superficiale misurata presso Barricalla (2002-2012).

senti il T. Casternone, il T. Ceronda e il F. Stura di Lanzo, ubicati a più di 4 km dall'impianto. Il F. Dora Riparia e il F. Stura di Lanzo definiscono i due bacini idrografici presenti nell'area e di

conseguenza la direzione di flusso e la tributarietà dei numerosi corsi d'acqua (i canali e le bealere dei consorzi irrigui della zona). Il percorso della Tangenziale definisce abbastanza

precisamente lo spartiacque tra i due bacini; i corsi d'acqua a N di esso presentano direzione di flusso NE e sono tributari del F. Stura di Lanzo mentre quelli a S presentano direzione di flusso ESE e sono tributari del F. Dora Riparia.

Le precipitazioni medie annue della zona si attestano intorno a 830 mm. I dati, desunti dalla stazione meteorologica di Barricalla, evidenziano due massimi di precipitazione in corrispondenza al periodo primaverile (aprile-maggio) e autunnale (fine settembre - inizio novembre) intervallati da minimi in inverno e in estate.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista geologico (Fig.2), l'area, posta a est dell'anfiteatro morenico di Rivoli Avigliana, risulta formata dalla superficie del conoide fluvio-glaciale del F. Dora Riparia, struttura composta dalla sovrapposizione di terrazzi di età differenti (Pleistocene medio - Olocene), decrescenti con la quota. Al suo limite settentrionale questo si interseca con il conoide fluviale del F. Stura di Lanzo, caratterizzato anch'esso da una serie di terrazzi di origine però esclusivamente fluviale. L'esteso corpo sedimentario è quindi costituito dal complesso dei sedimenti depositati dai corsi d'acqua che defluivano dalla fronte del ghiacciaio della Valle di Susa nel corso delle sue fasi di avanzamento e subordinatamente dai corsi d'acqua che si sostituivano al ghiacciaio durante i periodi interglaciali. I sedimenti da cui è composto risultano essere prevalentemente ghiaiosi, a matrice sabbiosa. I termini appaiono coperti in tutta l'area di studio da una coltre metrica di limi giallastri interpretati come loess (sono depositi da attribuire a fasi steppiche di ritiro glaciale, durante le quali i venti trasportarono i materiali sabbiosi più sottili dal morenico di fondo), spesso difficilmente distinguibili dal suolo sovrastante. Il substrato dei depositi fluviali e fluvio-glaciali risulta costituito da una successione non affiorante nell'area di studio, costituita da un'alternanza di materiali limoso-argillosi di origine palustre-lacustre e

ghiaioso-sabbiosi di origine fluviale (Villafranchiano Auct.) databili tra il Pliocene medio e il Pleistocene inferiore (Bortolami et al., 1969).

La ricostruzione del sottosuolo è stata effettuata utilizzando un centinaio di stratigrafie di pozzi e costruendo n. 6 sezioni litostratigrafiche (Fig. 3). Dall'esame della sezione B-B' (Fig. 4) si può notare come, al di sotto di uno strato di potenza metrica di suolo sia presente un materasso alluvionale con spessore decrescente da circa 60 m nel settore W acirca 20 m verso E, formato in prevalenza da ghiaie e ghiaie sabbiose, con presenza di ciottoli; sono inoltre presenti livelli conglomeratici non continui. Sotto al materasso alluvionale è presente una serie di alternanze di livelli fini (limoso-argillosi) e livelli ghiaiosi, sabbiosi o ghiaioso sabbiosi, con spessore dei primi molto maggiore rispetto ai secondi. Queste alternanze sono caratterizzate da una notevole continuità orizzontale e da una potenza complessiva che può superare i 150 m.

Nell'area studiata sono state riconosciute due unità idrogeologiche principali, diverse per età e ambiente deposizionale, alle quali sono stati riferiti altrettanti complessi idrogeologici: il Complesso superficiale e il Complesso delle Alternanze. Il Complesso idrogeologico Superficiale (Pleistocene medio-Olocene) ospita una falda a superficie libera. La presenza di livelli cementati può pressurizzare localmente la falda, anche se a causa della loro estensione non continua l'effetto risulta sicuramente limitato. La loro presenza tende inoltre a ridurre il volume dell'acquifero. Questo risulta parzialmente protetto solo in prossimità dei terrazzi più alti (e quindi meno recenti), dotati di uno spessore di suolo maggiore. Il Complesso delle alternanze, corrispondente al Villafranchiano auct., è formato invece da prevalenti orizzonti limoso-argillosi con intercalazioni sabbioso-ghiaiose, che costituiscono complessivamente un sistema acquifero contenente falde in pressione.

Dall'analisi della carta piezometrica della falda superficiale (Fig 5), si può osservare un andamento generale della falda verso ESE, con gradiente variabile che diminuisce da monte verso valle. La dinamica idrogeologica dell'area risulta influenzata dal diverso comportamento del F. Dora Riparia rispetto al T.Ceronda e al F.Stura di Lanzo. Mentre gli ultimi due risultano infatti drenare l'acquifero lungo tutto il tratto d'interesse, il F. Dora Riparia risulta invece alimentare la falda, sospeso di parecchi metri rispetto al livello piezometrico della stessa (il gap diminuisce gradualmente verso valle). Le acque raggiungendo la superficie piezometrica generano un surplus locale di alimentazione che costituisce una culminazione coincidente all'asse del fiume, che funge quindi da spartiacque, con un asse di drenaggio poco più a N del fiume e parallelo al corso dello stesso.

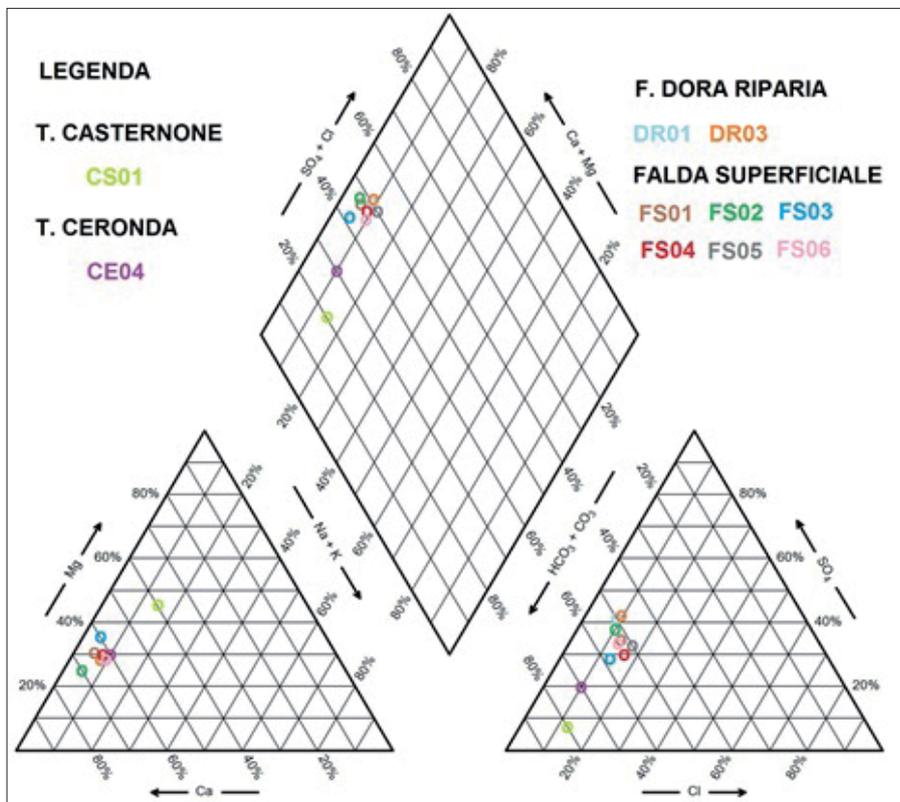


Figura 7 – Diagramma di Piper relativo alle acque campionate (giugno 2012).

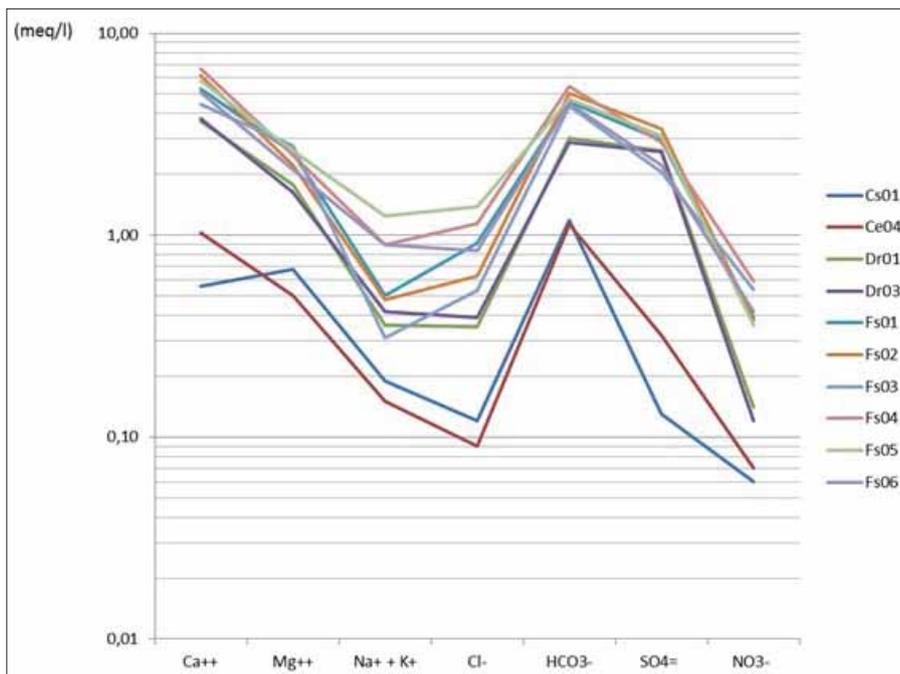


Figura 8 – Diagramma di Schoeller relativo alle acque campionate (giugno 2012).

Dal grafico di Figura 6, si può osservare come l'andamento del livello della falda a superficie libera presso Barricalla presenti un massimo nel periodo estivo o di inizio autunno ed un minimo in corrispondenza del periodo tardo-primaverile, con un'escursione solitamente di circa 2 m, che arriva a 4 m nel biennio 2004-2005 e nel 2009. Il massimo livello piezometrico (253,9 m) si è avuto nel settembre 2004, mentre il minimo (247,3m) nel maggio 2008, con un dislivello massimo complessivo di 6,6 m.

Correlando i livelli della falda con i dati di pioggia, si può osservare che di norma il

massimo piezometrico si presenta sfasato di 4-6 mesi rispetto ai 2 periodi di massima piovosità; infatti l'altezza piezometrica massima si registra ogni anno intorno al mese di settembre mentre il mese più piovoso in media è maggio. Il minimo livello piezometrico si registra invece quasi sempre tra aprile e maggio, a circa 4-6 mesi di distanza dai minimi invernali. Si può quindi ipotizzare che l'alimentazione della falda sia legata ai rapporti dei bacini idrogeologici a monte e che il fenomeno sia connesso almeno in parte all'effetto tardivo della ricarica della falda

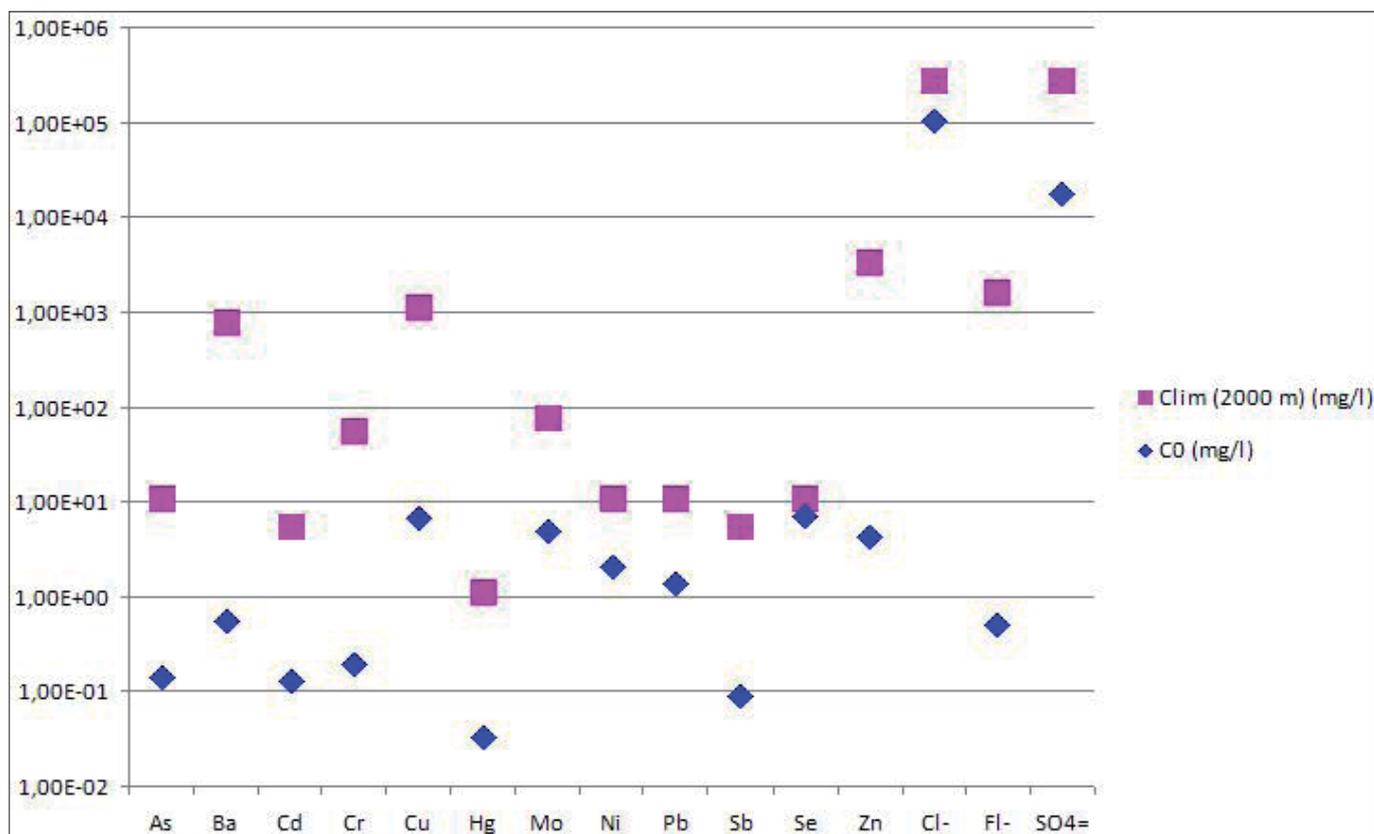


Figura 10 – Confronto tra le concentrazioni limite dei contaminanti nel percolato (quadrati fucsia) e le reali concentrazioni di contaminanti nel percolato (rombi blu) (cfr. Tabb. 1 e 2).

nel percolato non dovrebbero superare i valori espressi nella Tabella 1.

- 2) affinché, nell'ipotesi di contaminazione della falda da parte della discarica, le concentrazioni dei contaminanti non limitati dal D. Lgs. 152/2006 (bario, molibdeno e cloruri), dei fluoruri e dei solfati siano, immediatamente a valle idrogeologica della discarica, al di sotto del valore limite per la potabilità delle acque (Repubblica Italiana 2001) le concentrazioni nel percolato non dovrebbero superare i valori espressi nella Tabella 2.

In Figura 10 vengono visualizzate le concentrazioni limite calcolate messe in relazione con quelle effettivamente presenti nel percolato

Pertanto, alla luce delle considerazioni effettuate, si può affermare che nelle attuali condizioni operative e gestionale, il rischio per l'ambiente e per la salute umana derivante da un'eventuale perdita di percolato dalla discarica sia accettabile. Nel caso in cui si verificasse una situazione di contaminazione, nella peggiore delle ipotesi, la concentrazione dei contaminanti in falda nella zona di miscelazione sarebbe tale da non superare i valori limite stabiliti dalla normativa in materia di bonifica dei siti contaminati.

7 BIBLIOGRAFIA

- ALOISI M., BIAGI G. & RIBERTI, R. (2011) – *La valutazione del rischio per le discariche di rifiuti*. *Ecoscienza*, 4, 75-79.
- BORTOLAMI ET AL. (1969) – *Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000* – Foglio 56 torino.
- DOMENICO P.A. & F.W. SCHWARTZ (1998). *PHYSICAL AND*

Tabella 1 - Concentrazioni C_0 (mg/l) effettivamente presenti nel percolato e concentrazioni limite C_{lim} (2000 m) nel percolato affinché non si presenti rischio per il recettore falda, al limite della zona di protezione della falda superficiale (2000 m a valle idrogeologica).

Parametro	C_0 (mg/l)	C_{lim} (2000 m) (mg/l)	C_{lim} (2000 m)/ C_0
As	1,40E-01	1,07E+01	76,16
Cd	1,29E-01	5,33E+00	41,33
Cr tot	1,96E-01	5,33E+01	272,01
Cu	6,75E+00	1,07E+03	157,9
Hg	3,30E-02	1,07E+00	32,31
Ni	2,07E+00	1,07E+01	5,14
Pb	1,33E+00	1,07E+01	7,99
Sb	9,00E-02	5,33E+00	59,24
Se	6,90E+00	1,07E+01	1,55
Zn	4,34E+00	3,20E+03	737,91

Tabella 2 - Concentrazioni C_0 (mg/l) effettivamente presenti nel percolato e concentrazioni limite C_{lim} (2000 m) nel percolato affinché non si presenti rischio per il recettore falda, al limite della zona di protezione della falda superficiale (2000 m a valle idrogeologica).

Parametro	C_{lim} (2000 m) (mg/l)	C_0 (mg/l)	C_{lim} (2000 m)/ C_0
Ba	7,46E+02	5,39E-01	1384,78
Mo	7,46E+01	4,78E+00	15,63
Cl-	2,67E+05	1,02E+05	2,63
FI-	1,60E+03	5,00E-01	3198,84
SO4=	2,67E+05	1,77E+04	15,04

CHEMICAL HYDROGEOLOGY, 2nd ed. John Wiley & Sons, New York, 506 pp..

ISPRA (2005) - *"Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio alle discariche (revisione 0)"*. Roma, 211 pp.

MANASSERO M., BENSON C.H. & BOUAZZA A. (2000) – *Solid waste containment systems. In "proceeding international conference on geological and geotechnical engineering, Geoeng"*, Melbourne, vol. 1. 520 -642.

REPUBBLICA ITALIANA (2001) – *Decreto legislativo 2 febbraio 2001, n. 31: attuazione della direttiva 98/83/ce relativa alla qualità delle acque sotterranee destinate al consumo umano*. Gazzetta Ufficiale n. 52 del 03 marzo 2001.

REPUBBLICA ITALIANA (2003) - *Decreto legislativo 13 gennaio 2003, n. 36: "Attuazione della direttiva 1999/31/ce relativa alle discariche di rifiuti"*. Gazzetta Ufficiale n. 59 Del 12 marzo 2003 - supplemento ordinario n. 40.

Le pietre di Torino nella letteratura scientifica

LUCA ALCIATI
Ufficio Geologico, Provincia di Asti,
email: luca.alciati@provincia.asti.it

ELENA DI MAJO
Storica dell'Arte,
email: elena.dimajo@fastwebnet.it

I primi lavori scientifici relativi all'utilizzo delle pietre naturali nell'architettura torinese risalgono al XIX° secolo (RONDELET, 1831; BARETTI, 1835; SACCO, 1889; SALMOIRAGHI, 1892; BARETTI, 1893; BLANGINO, 1895); in essi si descrivono i materiali cavati all'epoca nelle Alpi Occidentali e si fanno brevi cenni sull'utilizzo nelle opere architettoniche di Torino. Rondelet (1831), nel capitolo intitolato "Delle diverse specie di pietre da taglio che si trovano in Italia" del "Trattato teorico e pratico dell'arte di edificare" è il primo a fornire un'indicazione sui materiali lapidei (Verde Alpi Cesana e Calcarea di Gassino) utilizzati nella città di Torino: "a Torino la maggior parte delle costruzioni è in mattoni, e non si adoprano pietre se non nei

basamenti e nei gradini di scale. Le pietre in ciò usate sono di due specie: 1. L'una è turchiniccia, e viene dai contorni di Susa; 2. E l'altra di un bianco fulvo, piena di fori e di conchiglie, è una pietra calcarea eccellente la cui grana è assai fina". Anche Sacco (1889) cita l'utilizzo del calcarea di Gassino "che venne usato per la facciata della Basilica di Superga, per le colonne dell'Università, dei portici di Piazza San Carlo, del Palazzo di Città, ecc., in Torino; però ora l'uso di questo calcarea venne alquanto tralasciato, perché esso non resiste molto agli agenti atmosferici ma si sfalda facilmente alla superficie, la quale diventa quindi molto irregolare". Salmoiraghi (1892) indica, fra gli usi in Torino, la Sienite della Balma per le

colonne della Consolata, i marmi di Foresto e di Faetto per Palazzo Madama, il calcarea di Gassino per le colonne esterne di Superga, lo gneiss di Malanaggio per le colonne della Gran Madre di Dio, il marmo di Valdieri per le colonne della Chiesa dello Spirito Santo e la Breccia di Casotto per le colonne della Chiesa della Gran Madre di Dio. Solo all'inizio del XX° secolo con l'opera di Federico Sacco "Geologia applicata alla città di Torino" (Sacco, 1907), presentata in occasione del Congresso tenuto in Torino dai geologi italiani nel 1907, sono descritti dettagliatamente i materiali naturali utilizzati nell'architettura torinese "per costruzione ed ornamentazione", con indicazioni puntuali sui luoghi in cui osservarli; dall'esame "geolo-

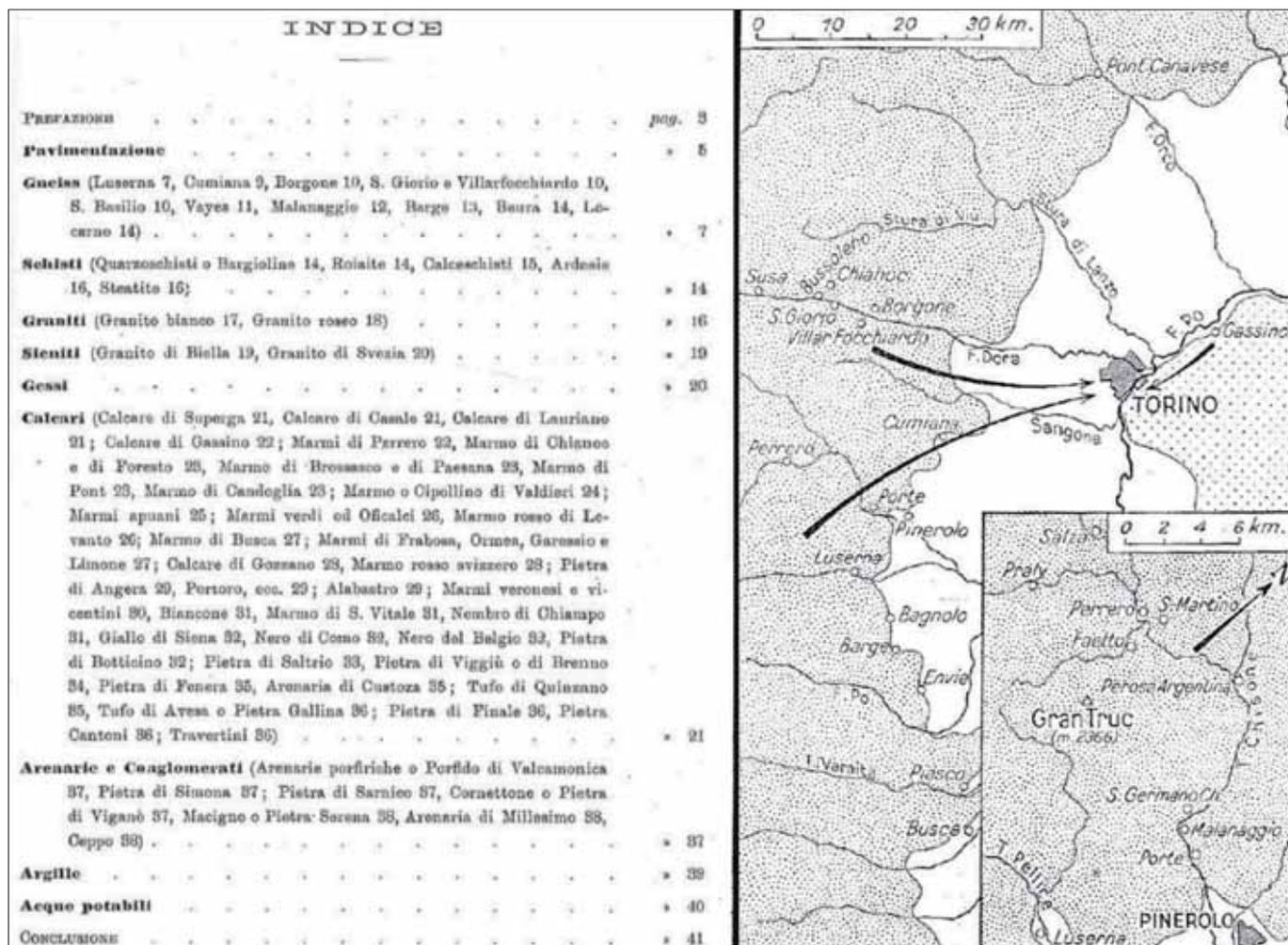


Figura 1 – a sinistra l'indice del lavoro di Sacco (1907) con indicati i materiali descritti; a destra la figura con cui Rodolico (1953) evidenzia le aree di provenienza dei materiali utilizzati in Torino.

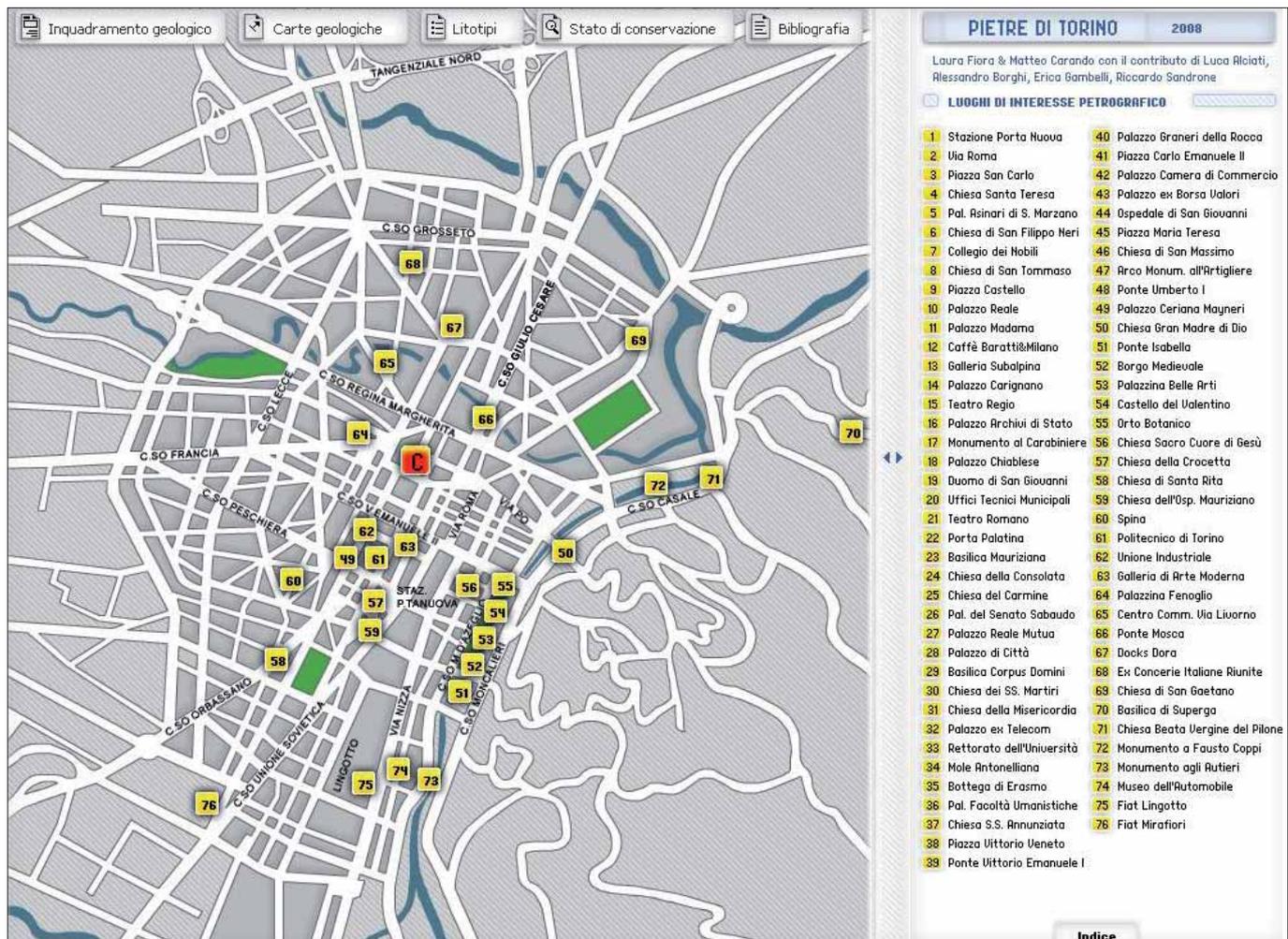


Figura 2 – schermata iniziale del sito <http://www.pietreditorino.com>, relativa alla pianta della città di Torino su cui sono riportati gli edifici e i monumenti più significativi dal punto di vista storico-architettonico e di interesse petrografico.

gico-applicativo" della città di Torino, Sacco si dice colpito dal "fatto di vedervi largamente adoperate in vario modo le rocce gneissiche e granitiche le quali, per quanto connesse ad abbondante uso di laterizi, danno all'Architettura delle principali costruzioni della Città una fisionomia speciale, solida, rigida e severa". Dopo un breve cenno sulle pavimentazioni (lastricato, ciottolato, pietrisco), Sacco fornisce una dettagliatissima descrizione dei materiali naturali usati in Torino, suddividendoli fra gneiss (la Pietra di Luserna in primis, gli gneiss della Val di Susa e, solamente a margine, quelli ossolani "largamente usati in Lombardia, naturalmente sono ben poco adoperati in Torino, non potendo reggere la concorrenza contro l'ottima Pietra di Luserna"), "schisti" (con tale termine Sacco identifica i materiali "lastroidi utilizzati in Torino"), graniti, sienite (il granito di Biella o della Balma, ma anche la Labradorite "che, levigata, presenta bellissimi riflessi multicolori, specialmente bleuastri" ed è "messa in commercio da una ditta di Aberdeen ed è usata in Torino con nome di Granito di Svezia"), gesso, calcarì (in tale categoria, che comprende anche i marmi, le oficalci, gli alabastrì, Sacco riunisce materiali piemontesi,

lombardi, veronesi e vicentini, ed anche alcuni del centro Italia, come i travertini di Rapolano e i marmi delle Alpi Apuane, ponendo l'accento sul fatto di come "oramai quasi tutti i marmi bianchi o bardigliacei delle Alpi Piemontesi vennero generalmente abbandonati ... davanti all'invasione dei marmi del Carrarese", nonché alcuni materiali esteri come il *Pourpre* dei Pirenei, il Rosso di Caune, il Giallo d'Austria, l'Onice della Numidia), arenarie e conglomerati (tra cui la Pietra Serena, e i Ceppi lombardi) e argille ("le case di Torino sono costruite essenzialmente con mattoni"). Fino alla metà degli anni '30 non sono pubblicati lavori di particolare rilevanza riguardanti le pietre della città; da tale data vengono invece pubblicati alcuni lavori da parte di Luigi Peretti (PERETTI, 1937; PERETTI, 1938) di notevole interesse; in quello del 1937 "Pietre da costruzione e da ornamentazione nel primo tratto della nuova via Roma in Torino", Peretti descrive la ricostruzione dei quartieri affiancati a via Roma che, "collegando il vecchio aristocratico centro di Piazza Castello con il più moderno nodo urbano di Piazza Carlo Felice", costituiva la più vitale arteria di Torino; dieci isolati "vero labirinto di vicoli ciechi e di cortili malsani" vennero demoliti

a partire dall'anno 1931 e sostituiti edificando ventuno nuovi isolati. Peretti (1937) rileva che "all'importanza e al costo dell'impresa si volle corrispondere la decoratività e la nobiltà del materiale, almeno nelle parti in vista. Così non soltanto per i colonnati dei portici, ma in tutte le strutture ornamentali: trabeazioni, cornici, stipiti, balconi, zoccoli, oltre che per gli interni, fu usata esclusivamente la pietra naturale". Riguardo alle litologie utilizzate Peretti (1937) chiarisce come "tutti i colonnati vennero tratti da rocce intrusive ad alte doti di resistenza, provenienti dal Piemonte: graniti, sieniti, dioriti. Le arcate, i bugnati, le parti ornamentali esterne furono ricavate da materiali relativamente teneri, a tessitura grossolana, in generale non lucidabili (non marmi nel senso corrente del termine): travertino, Pietra di Finale, trachite, calcare tufaceo. Le parti a carattere più strettamente ornamentale sono rappresentate da grande varietà di marmi colorati dell'Italia Settentrionale, taluni fin'allora non usati fra noi, con notevole percentuale di quelli piemontesi". Il lavoro di Peretti del 1938 è dedicato alle "rocce del Piemonte usate come pietre da taglio e da decorazione" e contiene molti esempi del loro utilizzo in Torino; fra gli altri



Figura 3 – acciottolato antistante alla chiesa di San Filippo Neri a tipologia bicromatica, con quarziti e più raramente gneiss negli elementi chiari e serpentiniti in quelli scuri.



Figura 4 – le chiese di Santa Cristina (materiali lapidei utilizzati: Pietra di Gassino, Pietra di Vajes, Marmo di Frabosa e Marmo della Valle di Susa) e San Carlo (materiali lapidei utilizzati: Granito Rosa di Baveno e Marmo Bianco di Frabosa) in Piazza San Carlo.



Figura 5 – rivestimento esterno del Caffè Baratti e Milano in Piazza Castello realizzato in marmo Giallo di Siena già citato nel lavoro di Sacco del 1907; la pavimentazione antistante è in Pietra di Luserna.



Figura 6 – colonnina sul banco del Bar Mulassano in Piazza Castello in "Alabastro od Onice di Numidia o Onix noigé, commercializzato a Marsiglia e proveniente dalla provincia di Costantina in Algeria" (Sacco, 1907).

sono citati, ad esempio, il Granito Rosso Pantheon "d'un raro elegante color rosso-vino e rosso fegato e ricorda quello di taluni graniti egiziani o scandinavi" e il "testé messo allo scoperto" Nero o Breccia di Val Tardita. Interessante è anche il commento all'osservazione secondo cui "si rimprovera talora genericamente ai marmi piemontesi la loro poca durevolezza, insistendo sulla cattiva prova che taluni marmi (Gassino, Candoglia, Foresto, Pont ecc.) hanno dato, messi in opera all'esterno", cui Peretti controbatte sostenendo che "tale affermazione è fondamentalmente errata: marmi bianchi di seconda qualità come quelli di Foresto e Aymaville durano in opera da due millenni nei monumenti romani conservando, infatti, i fregi di delicata fattura"; inoltre aggiunge che, "come giustamente osservò Jervis [1873] a proposito del calcare di Foresto impiegato nella facciata di Palazzo Madama a Torino, pregiudicò la durevolezza del marmo la provenienza dei conci da zone troppo superficiali della cava, già alterate in posto". Agli inizi degli anni '50 è pubblicato un lavoro di Mario Catella (CATELLA, 1951) che, ricordando "su questo argomento i magistrali studi di Federico Sacco", riassume gli utilizzi dei materiali lapidei piemontesi (in particolare dei marmi), sia nei secoli passati sia negli anni '50, in Torino, in Piemonte e anche all'estero; ricordando l'opera del padre, marmista e pioniere nella ricerca di nuove cave e materiali (citato nel lavoro di Sacco del 1907: "i Fratelli Comm. e Cav. Cattella che seguono nobilmente le tradizioni paterne adornando così da 70 anni la Città di Torino coi più svariati marmi"), Catella analizza anche dal punto di vista storico la provenienza dei materiali evidenziando co-

me "con il compimento dell'Unità d'Italia e con le facilitate comunicazioni ferroviarie, i marmi piemontesi ed in special modo quelli bianchi e grigi, vennero abbandonati e sostituiti con quelli del Carrarese, meno duri, di più facile escavazione e perciò più economici nella lavorazione, dati anche i sistemi primitivi allora in uso. Così buona parte della ricchezza naturale marmifera del Piemonte, sfruttata con una certa fortuna nel sec. XVI, XVII e XVIII ma in seguito, chiusa la maggior parte delle cave, fu quasi del tutto abbandonata. Solo alla fine del secolo scorso (XIX°) e nei primi anni del 1900 si nota un risveglio ed un fervido operare di nuove ricerche sulle Alpi Piemontesi". Prima guida petrografica delle principali città italiane e punto di riferimento ancora oggi per chi si occupa dei materiali del costruito urbano italiano è l'opera di Francesco Rodolico "Le pietre delle città d'Italia" (RODOLICO, 1953); in essa l'autore evidenzia soprattutto i materiali osservabili in esterno, identificandoli con il nome popolare/commerciale e definendone la provenienza geologica. Le varie pietre utilizzate nella città di Torino sono elencate da Rodolico secondo le vallate di provenienza; per quanto riguarda le rocce

alpine, sono citati gli gneiss, la quarzite Bargiolina del Monte Bracco, i calcescisti della Val Varaita e della Valle dell'Orco "usati qualche volta in luogo degli gneiss, e magari di bell'aspetto, ma troppo teneri, epperò di insufficiente durezza". Rodolico prosegue evidenziando come "l'uso a Torino di molte di queste rocce è legato al facile ottenimento in lastre. Si calcola che il 90% dei gradini delle case sia di gneiss di Luserna, ed abbondante risulta pure l'impiego della stessa pietra nelle pavimentazioni, specie dei portici, nei frequenti balconi e nelle coperture dei tetti (ad esempio i caseggiati del primo Ottocento prospicienti Piazza Vittorio Veneto). Invece le 'bargioline' vennero di preferenza largamente usate nella pavimentazione degli edifici settecenteschi (ad esempio nella Basilica di Superga)". L'utilizzo di questi materiali nella città di Torino è suddiviso in base alle epoche storiche, iniziando dall'epoca romana dove, "già nelle vestigia della città romana, oltre ai laterizi ed i ciottolami strettamente locali (Porta Palatina) si trovano pure rocce gneissiche e calcari cristallini della Val di Susa", passando poi all'epoca medioevale ("il campanile romanico, oggi della Consolata, dei

primi anni del secolo XI, appare costruito con tecnica tuttora romana, in muratura irregolare rivestita di un paramento laterizio, composto in gran parte di mattoni antichi, con qualche pezzo di marmo bianco; le colonne delle polifore sono di pietra gneissica della valli di Susa o di Cumiana") e infine a quella rinascimentale ("la cattedrale di San Giovanni Battista presenta la facciata interamente rivestita di marmo della Val di Susa, paramento in belle lastre di Chianoc, portali ed altre decorazioni di Foresto"). Rodolico evidenzia come fra il XVI e il XVIII secolo "la modesta città medioevale diverrà l'augusta capitale del Piemonte ... l'attività edilizia, febbrile addirittura in qualche periodo, ebbe vaste ripercussioni nel campo delle pietre, anche se prevalse la muratura di mattoni, intonacata per lo più ... presero pure sviluppo i calcari cristallini delle valli del Chisone e del Pellice, che furono chiamati nel Settecento marmi Gaggini, dal nome dell'escavatore principale, e nello stesso secolo furono pure in voga i marmi di Valdieri nella valle del Gesso e quelli di Pont Canavese in quella dell'Orco". Come esempio di architettura ottocentesca, Rodolico cita il Ponte di Pietra in gneiss di Cumiana e il Ponte Mosca in



Figura 7 – altare in Persichino chiaro di Casotto nella Chiesa della Gran Madre (Gomez Serito, 1999).

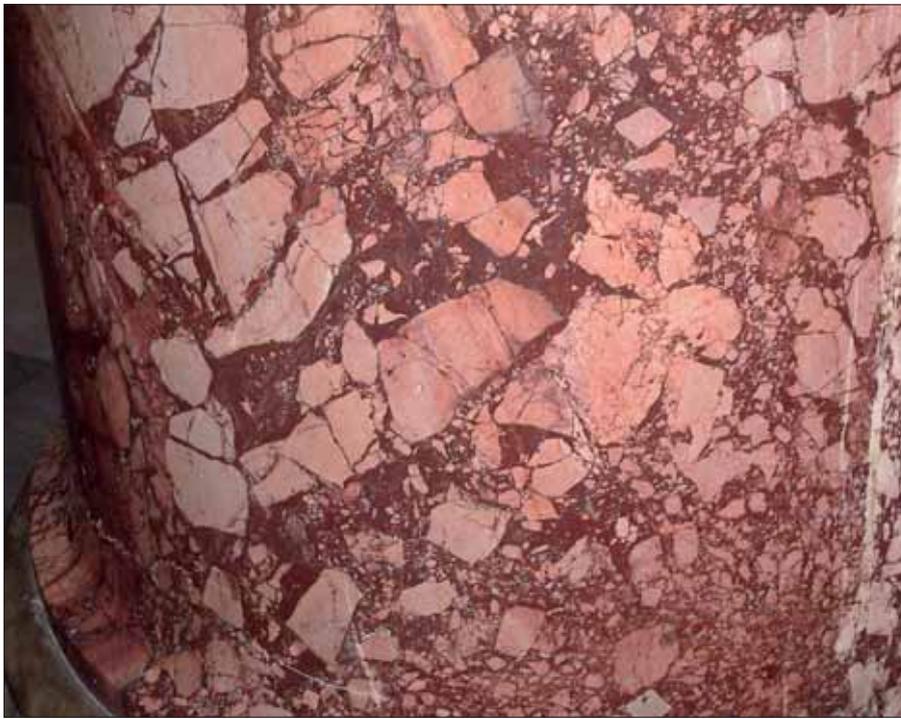


Figura 8 – particolare di una colonna interna della Chiesa della Gran Madre in Breccia di Casotto “a grossi frammenti grigi e cemento rosso mattone, rosso vivo” (Peretti, 1938).

Pietra di Malanaggio (in minor misura in gneiss di Cumiana). Trascorsi alcuni decenni senza rilevanti pubblicazioni sui materiali lapidei della città di Torino, tranne un lavoro di Catella (CATELLA, 1967) che riprende i lavori di Peretti (1938) e Sacco (1907) integrandoli con suoi precedenti scritti (ad es. Catella, 1951), dagli ultimi anni del XX° secolo, complice anche l'esigenza di restauro dei materiali lapidei costituenti i più importanti monumenti storici e architettonici, sono pubblicati alcuni significativi lavori (CHIARI ET AL., 1992; FRISA MORANDINI E GOMEZ SERITO, 1998; BERTI E GOMEZ SERITO (1999); GOMEZ SERITO M., 1999; REGIONE PIEMONTE, 2000; FIORA, 2001; FIORA ET AL., 2001; FIORA ET AL., 2002) relativi alle pietre piemontesi e al loro utilizzo in Torino. Gomez Serito (1999) nel suo lavoro sui marmi piemontesi utilizzati in particolare per la decorazione di interni, evidenzia come “il Piemonte è estremamente ricco di materiali lapidei utilizzabili nell'edilizia. Al di là delle innumerevoli varietà adoperate a livello locale ... sono degne di nota per un uso importante e a volte non solo regionale un numero di differenti pietre vicino alle centocinquanta; di queste oltre cento hanno trovato utilizzo a Torino”. Sulla base di studi condotti dal Dipartimento di Georisorse e Territorio del Politecnico di Torino, la Regione Piemonte elabora il DPAE, Documento di Programmazione delle Attività Estrattive (Regione Piemonte, 2000) sviluppato in tre stralci, il secondo dei quali, relativo alle pietre ornamentali e ai materiali industriali, contiene un'interessante tabella relativa al censimento delle pietre piemontesi da decorazione e da co-

struzione dall'epoca romana a oggi che riassume il periodo d'impiego e gli esempi significativi di utilizzo, specialmente a Torino. Il lavoro di Fiora et al. del 2001 è specifico relativo alle pavimentazioni della città di Torino, sia storiche che contemporanee; ad esempio, tra le nuove pavimentazioni viene descritta quella della “Spina Centrale” dove sono state utilizzate delle rocce piemontesi, come diorite, sienite e granito di Montorfano, ma anche il porfido argentino Porfiris (scelto al posto del porfido trentino in quanto da questo materiale era possibile ottenere lastre di elevato spessore). Fiora et al. (2002) pubblicano una carta geologica della Alpi Occidentali che indica le località di estrazione delle principali pietre naturali storiche e contemporanee e, in particolare nella terza parte del lavoro, intitolata “Le pietre piemontesi nell'architettura”, descrivono l'utilizzo dei materiali lapidei con particolare attenzione alla città di Torino. Nel 2008 (FIORA E CARANDO, 2008) è pubblicata la prima guida multimediale della città di Torino, disponibile sia come cd-rom che sul sito ‘www.pietreditorino.com’, essa consiste principalmente in una pianta della città in cui sono riportati gli edifici e i monumenti più significativi dal punto di vista storico-architettonico e di interesse petrografico. Per ognuno di questi siti è realizzata una scheda che descrive sinteticamente il palazzo o il monumento, le litologie impiegate, le caratteristiche petrografiche e lo stato di conservazione. Nella guida sono privilegiati i litotipi impiegati esternamente, perché facilmente esaminabili in una passeggiata petrografica attraverso la città, mentre le numerose

rocce che abbelliscono internamente chiese e palazzi sono solo accennate, con riferimenti alle varietà più importanti.

BIBLIOGRAFIA

- BARELLI V. (1835) – *Cenni di statistica mineralogica degli stati di S. M. Il Re di Sardegna ovvero catalogo ragionato della raccolta formatasi presso l'azienda generale dell'interno per cura di Vincenzo Barelli capo di sezione nell'azienda stessa*. Fodratti ed., Torino.
- BARETTI M. (1893) – *Geologia della provincia di Torino*. Casanova ed., Torino.
- BERTI C., GOMEZ SERITO M. (1999) – *I marmi della facciata di Palazzo Madama a Torino*. Geam, 1.
- BLANGINO S. (1895) – *Delle principali cave di pietra da lavoro dell'alta Italia*. Tip. Artigianelli, Torino.
- CATELLA M. (1951) – *I marmi del Piemonte*. Atti e rassegna tecnica della società degli ingegneri e degli architetti della città di Torino. Anno V, n.3.
- CATELLA M. (1967) – *Piemonte marmifero*. Estratto dalla rivista “marmi – graniti – pietre”, n° 36, gennaio 1967.
- CHIARI G., COLOMBO F., COMPAGNONI R., FIORA L., RAVA A., DI MACCO M., ORMEZZANO F. (1992) – *Santa Cristina: restoration of a facade by Filippo Juvarra*. Int. Congr. Deterioration and conservation of stone. Lisbona, 15-18 giugno 1992.
- DUMON P. (1971-1973) – *Les matériaux naturels de décoration en Italie depuis un siècle. Le mausolée, arts et techniques des roches de qualité*, Givors.
- FIORA L., ALCIATI L., BORGHI A., CALLEGARI G., DE ROSSI A. (2002) – *Pietre piemontesi storiche e contemporanee*. L'informatore del marmista, Giorgio Zusi ed., Verona; parte prima: 489; parte seconda: 490; parte terza: 491.
- FIORA L., CARANDO M. (2008) – *Pietre di Torino*. <http://www.pietreditorino.com/>
- FIORA L., DE ROSSI A., SANDRONE R., ALCIATI L. (2001) – *Esempi di pavimentazioni lapidee storiche e contemporanee nella città di Torino*. Atti del seminario internazionale “Le pietre ornamentali della montagna europea”, Luserna S.Giovanni – Torre Pellice, 10-12 giugno 2001.
- GOMEZ SERITO M. (1999) – *I marmi colorati piemontesi nella decorazione*. Atti e rassegna tecnica della società ingegneri e architetti in Torino. Nuova serie, 53, n.1.
- JERVIS G. (1873): *I tesori sotterranei d'Italia*. Ed. Loescher, Torino.
- PERETTI L. (1937) – *Pietre da costruzione e da ornamentazione nel primo tratto della nuova Via Roma in Torino*. Marmi pietre e graniti, a. XV, Carrara.
- PERETTI L. (1938) – *Rocce del Piemonte usate come pietre da taglio e da decorazione*. Estr. da “Marmi graniti pietre”, anno XVI, n° 2 aprile 1938.
- REGIONE PIEMONTE (2000) – *Documento di programmazione delle attività estrattive*. http://www.regione.piemonte.it/industria/cave/dpae_2.htm
- RODOLICO F. (1953) – *Le pietre delle città d'Italia*. Le Monnier, Firenze.
- RONDELET G. (1831) – *Trattato teorico e pratico dell'arte di edificare*, Parigi, 1803 –1817, 10 libri in 5 tomi. Ediz. Italiana Mantova, 1831
- SACCO F. (1889) – *Il bacino terziario del Piemonte*. Tip. Bernardoni, Milano
- SACCO F. (1907) – *Geologia applicata alla città di Torino*. Giornale di geologia pratica, A. V, Bologna
- SALMOIRAGHI F. (1892) – *Materiali naturali da costruzione*. U. Hoepli ed., Milano.

Marmo e colore: un percorso fra i marmi policromi di Torino fra Sei e Settecento

ELENA DI MAJO
Storica dell'Arte
email: elena.dimajo@fastwebnet.it

LUCA ALCIATI
Ufficio Geologico, Provincia di Asti
email: luca.alciati@provincia.asti.it

Una passeggiata fra le vie, le chiese e i palazzi di Torino permette di seguire da vicino la storia dei materiali lapidei decorativi in Piemonte fra Sei e Settecento, periodo in cui i mutamenti di gusto e l'intervento di architetti dalle personalità molto diverse portò a uno scenario in continua evoluzione. Seguendo il percorso qui suggerito risulterà evidente come all'evolversi del gusto e delle scelte formali e artistiche corrisponda un mutare della sensibilità per i marmi. Il panorama torinese offre anche l'occasione di un confronto fra gli altari torinesi e quelli di gusto lombardo, consentendo un sguardo sugli aspetti decorativi, formali e materiali di quest'ambito culturale. Alcuni marmi poi possono essere seguiti come un filo rosso che ci guida attraverso la storia degli altari. Il marmo nero ad esempio, come un unico vocabolo in diverse declinazioni, mutò nel corso del Settecento il suo ruolo, e da portatore di una sensibilità funebre, divenne dapprima sfondo scuro su cui far risaltare gli intarsi policromi, poi, soprattutto per gli altari lombardi, sottile linea che disegnava la struttura dell'impaginato, fino a scomparire del tutto. La passeggiata proposta permette di seguire l'andamento dell'"industria" statale del marmo e l'assidua ricerca di materiali locali da parte dello Stato Sabauda, sempre interessato alla scoperta e alla coltivazione di nuovi materiali decorativi. Nella scelta degli edifici descritti si è valutata principalmente la presenza di marmi (intesi in senso commerciale e non petrografico) interessanti dal punto di vista estetico, storico o scientifico, ma anche la facilità di accesso ai luoghi che li racchiudono. Lungo il percorso verranno segnalati "affioramenti" di materiali piemontesi, utilizzati per il rivestimento degli edifici. **Guarini e San Lorenzo.** La passeggiata petrografica ha inizio in Piazza Castello, grande piazza al cui centro sorge il complesso architettonico di Palazzo Madama, lastricata con due dei materiali lapidei piemontesi più noti ed importanti storicamente, lo gneiss Pietra di Luserna e, per le fontane, la Sienite della Balma. Di fronte a Palazzo Madama, sulla destra, si trova la chiesa di San Lorenzo, la cui facciata severa e simile a quella di un palazzo non lascia presagire i fasti dell'interno. La chiesa, riccamente decorata con marmi poli-

cromi, è, per l'ampiezza della gamma dei materiali impiegati e per le scelte innovative, particolarmente interessante dal punto di vista petrografico. Nel 1666 l'architetto Guarino Guarini lasciò Parigi per raggiungere Torino e poco dopo fu chiamato a misurarsi con il cantiere della chiesa teatina, lasciato nella fase iniziale da Amedeo di Castellamonte. La progettazione dell'interno, con i sei altari affacciati sull'invaso centrale, fu occasione per l'architetto di mettere in atto una regia scenografica fondata sull'orchestrazione degli spazi e dei materiali lapidei (DARDANELLO, 2008).

Al di là delle scelte dei singoli materiali l'innovazione principale di Guarini consiste nel cominciare a mettere in discussione il gusto tenebroso per i marmi, promosso dalla corte sabauda, che si vede ad esempio nell'altare maggiore della chiesa di San Francesco da Paola scolpito da Tommaso Carlone nel 1665 su disegno di Amedeo di Castellamonte (TAMBURINI, 1968). Questo modello, messo in pratica dagli ingegneri-architetti di corte per tutto il Seicento, era basato sull'accostamento di marmi rossi e neri, talvolta ammorbidito dal tono bruno della Breccia di Arzo. Guarini,

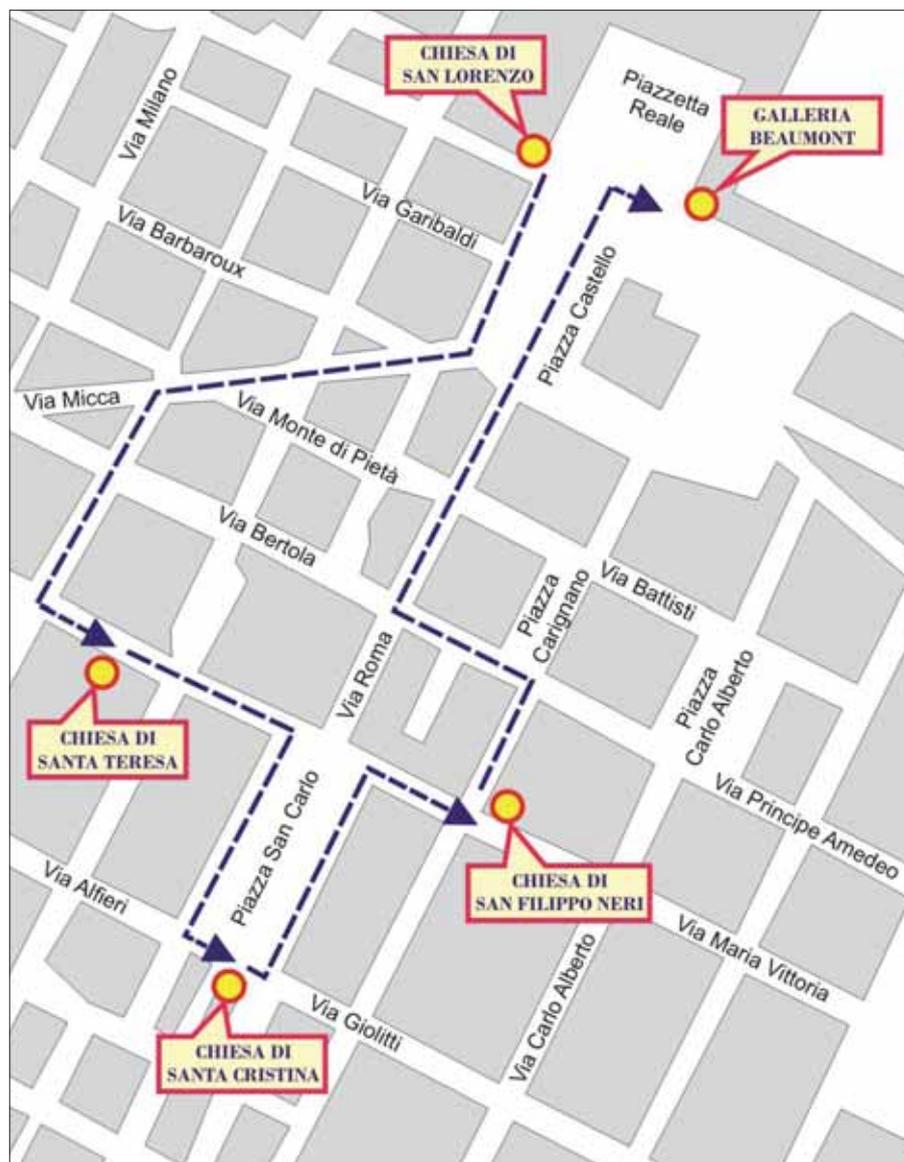


Figura 1 – Itinerario della passeggiata petrografica.



Figura 1 – Chiesa di San Lorenzo: utilizzo del marmo Viola Piemonte, estratto nel Monregalese e dal caratteristico colore viola porpora, con venature di calcite bianca.



Figura 3 – Chiesa Santa Teresa: paliotto dell'altare del Crocifisso.

quando progettò la decorazione marmorea della chiesa di San Lorenzo, propose una gamma cromatica e accostamenti nuovi basati su sfumature più calde, utilizzando sia marmi locali sia materiali sconosciuti a Torino. L'architetto impiegò diversi marmi bianchi pie-

montesi: nobilitò il marmo di Frabosa, fino ad allora poco apprezzato nelle decorazioni di interni per le sue imperfezioni cromatiche, impiegandolo per i capitelli, usò il marmo di Foresto, ad esempio per le cartelle che recano i nomi dei santi, e utilizzò il calcare Pietra di Gassino per le lesene dell'aula. I marmi policromi locali trovarono nella chiesa largo impiego - come il Giallo di Frabosa e la Seravezza di Moncervetto nella cappella della Natività - ma è sulla vasta gamma di marmi estratti fuori dal Piemonte che si registrano le maggiori novità. Materiali liguri, come il Portoro della cappella del Suffragio, o toscani, come le colonne monolitiche di Seravezza Medicea nella cappella della Natività, e marmi veneti, come il Rosso Verona della cappella del Crocifisso, sono accostati a materiali di provenienza antiquariale, come la Breccia di Settebasi che decora la cornice della pala della cappella del Suffragio (GOMEZ SERITO, 2006). **Dal Seicento all'arrivo di Juvarra: la chiesa di Santa Teresa.** Da Piazza Castello imboccando Via Pietro Micca, poi girando in via dell'Arsenale si sbocca in Via Santa Teresa dove, affacciata su una piccola piazza, si trova la chiesa di Santa Teresa. Vale la pena soffermarsi ad esaminare la facciata, ricca di rocce piemontesi: il granito Rosa di Baveno per le colonne, con base in marmo bianco della Valle di Susa poggiante a sua volta su un basamento in gneiss Pietra di Borgone e la zoccolatura in gneiss Pietra di Cumiana (FIORA & CARANDO, 2008). Questo edificio, eretto su progetto di Andrea Costaguta tra il 1642 e il 1675 per conto dell'ordine dei Carmelitani Scalzi, è un osservatorio privilegiato per la storia dei marmi in Piemonte. Vi si trovano altari seicenteschi che, nonostante gli interventi successivi, ancora testimoniano il gusto dell'epoca e due altari progettati da Filippo Juvarra, il primo e l'ultimo della sua ventennale permanenza a Torino. L'altare della Madonna del Carmine, nella seconda cappella a sinistra, fu eretto nel 1685 su committenza dei Baresano Fassetto, ad opera di Giuseppe Carlone e Giacomo Vianello su disegno di Alessandro Valperga e Cesare Bonacina. Il contratto prevedeva dodici "figure, et putini", che dovevano essere scolpiti in marmo di Carrara mentre i capitelli, le basi delle colonne e i festoni dovevano essere di marmo di San Martino "bianco senza macchie". Per i gradini della predella era richiesto il calcare di Gassino e per i piedistalli delle colonne e il coronamento dell'altare il Nero di Bergamo con ornamenti in Rosso Francia. Le due colonne, anch'esse in Nero Bergamo dovevano essere in un solo pezzo e il paliotto andava "fatto come si conviene a così degna opera con pietra d'alabastro verde antico di Roma, pietra d'ardese, brocatello di Spagna giallo e nero di Porto Venere et d'altre pietre delle più fine che si potrà trovare". Per la balaustra della cap-

pella era richiesto il Nero di Bergamo con le specchiature di Breccia di Arzo e per i pilastri il Bianco Rosso di Arzo¹. In due momenti successivi, nel 1825 e nel 1955, l'altare subì importanti modifiche, soprattutto nella parte centrale dell'alzata, ma della struttura originale si vedono ancora la parte bassa, le colonne tortili e il coronamento, mentre delle dodici sculture in marmo di Carrara previste dal contratto ne rimangono solo quattro. E' quindi nella parte inferiore, nel bellissimo paliotto intarsiato, nei piedistalli e nella balaustra che si possono ammirare da vicino i materiali lapidei che sostanzialmente corrispondono a quelli richiesti dal contratto. E' interessante notare la presenza del Bianco Rosso di Arzo per la balaustra. Questo calcare dal colore rosso brillante con vene e piccoli bioclasti bianchi, era assai diffuso negli altari costruiti in Lombardia e nelle zone di influenza lombarda, come il Piemonte orientale, ma è più raro in quelli sabaudi. In virtù delle sue ottime caratteristiche estetiche, veniva utilizzato per diversi elementi, come cornici, volute e specchiature, ma è nelle balaustre che trovò il suo massimo impiego. Proseguendo sul lato orientale si incontra la cappella del Crocifisso, commissionata nel 1677 dal conte Gonteri al luganese Giuseppe Sala che la innalzò su disegno di Alessandro Valperga (MONETTI & CIFANI, 1990). L'altare ha subito diversi interventi ma il paliotto, anch'esso a intarsi policromi su fondo nero, secondo un modello diffuso nel Seicento, presenta alcuni materiali di particolare interesse. Negli intarsi della cornice si alternano la Saravezza di Moncervetto e il Giallo di Frabosa, entrambi estratti nel Cuneese. Il primo è un marmo brecciato con clasti bianco-grigi in una pasta viola, impiegato nel Seicento e parte del Settecento per poi essere soppiantato dalla Seravezza di Limone (GOMEZ SERITO, 2003). Il Giallo di Frabosa invece è un materiale che ha conosciuto una certa diffusione nel Seicento e nei primi anni del Settecento – l'ultimo utilizzo nei cantieri sabaudi avvenne nel 1724-26 per l'altare di Sant'Uberto a Venaria quando Juvarra inserì nel progetto il «Giallo del Paese» (DARDANELLO, 1989). Probabilmente per la ridotta cubatura del giacimento e le sue scarse caratteristiche tecniche, in particolare l'elevata fratturazione (G. BOTTINO & I. BOTTINO, 2005), nel corso del Settecento il materiale venne abbandonato e il giallo di riferimento tornò a essere quello di Verona. Il Giallo di Frabosa non conobbe mai



Figura 4 – Chiesa di Santa Cristina (già ad Asti, Chiesa di San Michele): altare maggiore.



Figura 5 – Colonna in Alabastro di Busca nella Chiesa di San Filippo Neri.

1 I documenti relativi alla concessione hanno collocazione: Archivio di Stato di Torino (d'ora in avanti ASTo), Sezioni Riunite, Ufficio dell'Insinuazione, tappa di Torino, 3 aprile 1685, Libro 7, volume 4, c. 1697r, Contratto fra l'avvocato Baresano e i marmorari Carlone e Vianelli per la costruzione dell'altare, c. 1698r; Il contratto è segnalato in L. MANA, 2011.

un massiccio utilizzo e non arrivò a sostituire completamente il concorrente veneto, tanto che negli anni Sessanta del Settecento lo Stato Sabauda stanziava fondi destinati alle "scoperte, e scavazioni di marmi gialli nella Savoia", ma le ricerche non ebbero esito posi-

tivo². Il transetto, con le cappelle della Sacra Famiglia e quella di San Giuseppe, presenta due capolavori di Filippo Juvarra. L'articolata

2 ASTo, Guerra, Relazioni a Sua Maestà, registro 19, 1767, p. 173.



Figura 6 – Esempio di Seravezza di Limone lucidata.

situazione torinese vista finora, con gli ingegneri-architetti sabaudi costretti a misurarsi con le innovazioni di Guarini, venne ulteriormente scompaginata dall'arrivo di Filippo Juvarra nel 1714, con il suo portato di cultura romana. Nella Città Eterna l'architetto aveva studiato e disegnato altari di Bernini, Andrea Pozzo, Pietro da Cortona, Carlo Fontana, Giovanni Antonio De Rossi e ne aveva appreso gli insegnamenti. L'altare della Sacra Famiglia, realizzato fra il 1715 e il 1718, è il primo che il Messinese progettò per la capitale sabauda. Per quest'opera, di patronato del marchese Arduino Tana, si scorgono diversi modelli romani: l'altare di San Luigi Gonzaga a Sant'Ignazio disegnato da Pozzo, la cappella Alaleona della chiesa dei Santi Domenico e Sisto (GRIELLA, 1992), ma soprattutto la cappella Cornaro in Santa Maria della Vittoria progettata da Bernini. Juvarra, che aveva studiato e disegnato quest'ultimo altare concentrandosi sulla composizione geometrica, in Santa Teresa riprese la struttura nel suo complesso e nei volumi, ma rese più movimentato ed articolato il frontone dando all'insieme un maggiore dinamismo plastico, un'irruenza piena spinta verso lo spettatore (DARDANELLO, 1989). Nel 1735, poco prima di partire per Madrid, Juvarra progettò l'altare di San Giuseppe, che si trova di fronte a quello della sacra Famiglia. Questo altare, con il doppio ordine architettonico e il complesso sfondato centrale strutturato sul colonnato, è architettonicamente più articolato di quello progettato dal Messinese vent'anni prima, eppure quest'elegante teatro sacro allestito per presentare il gruppo scultoreo, risulta più misurato. L'esperienza da scenografo maturata da Juvarra a Roma per il teatro Ottoboni (MILLON, 1984; VIALE FERRE-RO 1970), è particolarmente evidente nell'al-

tare di San Giuseppe, dove l'illusione scenica si realizza, fra l'altro, nell'artificio di indirizzare sulla statua - scolpita da Simone Martinez fra il 1733 e il 1736 - la luce naturale, fatta cadere dalla lanterna tramite un gioco di specchi (DARDANELLO, 1989). In questa cappella Juvarra dialoga con l'altare che aveva segnato il suo esordio torinese mantenendo lo stesso impianto cromatico: il nero, già messo in secondo piano da Guarini in San Lorenzo, venne qui bandito mentre l'architetto impiegò diffusamente il giallo, spesso accompagnato al grigio, uso che Juvarra introdusse sulla scena torinese. Fra i due altari l'architetto introdusse però delle variazioni che segnano il cambiamento di gusto in fatto di marmi: fra i due ordini di piedistalli, ad esempio, inserì una fascia di marmo viola e bianco ma se nell'altare della Sacra Famiglia si tratta di Saravezza Medicea, proveniente dalla Toscana, in quello di san Giuseppe di Seravezza di Moiola, estratta nel Cuneese. Il mutamento di orizzonte dalla Toscana al Piemonte dà ragione della volontà tutta settecentesca di trovare sul suolo dello Stato Sabauda marmi decorativi, a cui Juvarra diede impulso e che ebbe un momento molto intenso nella seconda metà del secolo. **I marmi lombardi: la chiesa di Santa Cristina.** Uscendo dalla chiesa di Santa Teresa e proseguendo sulla stessa via ci si trova in Piazza San Carlo, l'elegante "salotto" della città, dominata dalle chiese gemelle di Santa Cristina e San Carlo. Le facciate delle due chiese, in apparenza simili, sono tuttavia state edificate con materiali diversi, La chiesa di San Carlo ha la facciata e le colonne esterne in granito Rosa di Baveno, i capitelli, le decorazioni e le basi delle colonne in marmo Bianco di Frabosa; la Chiesa di Santa Cristina ha la facciata in Pietra di Gassino, con colon-

ne, plinti e cornici in gneiss Pietra di Vajes, statue in marmo di Frabosa e alcuni particolari in marmo della Valle di Susa: entrambi gli absidi sono rivestiti esternamente in Marmo Rosa e Venato di Ornavasso (FIORA & CARANDO, 2008). L'interno della chiesa di Santa Cristina è particolarmente interessante perché l'altare maggiore costituisce un'eccezione per il panorama torinese, non solo per la foggia, un barocchetto lombardo che non ebbe mai successo nella capitale sabauda, ma anche per i materiali lapidei. L'altare venne scolpito da Giacomo Pellagatta nel 1745³ per la chiesa di San Michele ad Asti, sede della confraternita di San Rocco. Nel 1957 quando la confraternita si sciolse l'altare maggiore venne acquistato nel 1960 da Don Cosmo Lano, vicerettore della chiesa di Santa Cristina, e collocato nella nuova sede insieme al pulpito e all'organo (GROSSO, 1966). Come in questo caso, gli altari lombardi presentano ampi modiglioni dalle linee ricurve e dai ricami tortuosi che sostengono i gradini incrostati di foglie, interrotti da ricciute cartelle o decorati da intarsi policromi e mistilinei. Questi altari si distinguono per un gusto spiccato per gli effetti ornamentali che fanno dell'altare, poco articolato nello spazio e non concepito come struttura architettonica, il centro festoso e prezioso dello spazio ecclesiale. Il barocchetto settecentesco, con il suo gusto per la decorazione preziosa, aggraziata e vivace, si diffuse nelle zone allora culturalmente lombarde che comprendevano, oltre naturalmente alle diocesi di Milano, il Pavese, la zona dei Laghi Lombardi e il Piemonte orientale, in particolare Novara, Vercelli, Casale, Asti, Tortona e Alessandria. In questi territori, a differenza di quanto accadeva a Torino, dove il progetto dell'altare era generalmente affidato agli architetti, erano gli scalpellini e tracciare il disegno da sottoporre ai committenti. I marmorari, generalmente di origine lombardo-intervese, tendevano a favorire i marmi estratti nelle loro terre, come il Bardiglio di Bergamo (VOLA, ALCIATI, DI MAJO, FIORA, 2011), la Pietra di Viggiù o le pietre di Arzo (il Broccatello, il Bianco Rosso e la Breccia). In questo altare si trova uno dei materiali tipici del gusto lombardo: l'Occhiadino della Val Camonica. Questo materiale, che si vede nelle specchiature laterali in basso e nella cartella centrale, è una roccia sedimentaria a grana fine di colore grigio piuttosto scuro con mazzature bianche, molto utilizzata negli altari alla lombarda, sia per cornici e sfondi, in appoggio agli altri colori, sia con ruoli decorativi, come

3 Archivio diocesano di Asti, Confraternita di San Rocco, "Libro degli Ordinati 1756-1798", "Istruzioni per la costruzione e formazione del nuovo altare maggiore nella chiesa della Veneranda Confraternita di San Rocco in questa Città", 29 maggio 1763, cc. 26r-27v.

modiglioni o cartelle. **Il trionfo dell'alabastrite di Busca: la chiesa di San Filippo Neri.** Attraversando Piazza San Carlo verso Piazza Castello e percorrendo Via Roma per poi girare in Via Maria Vittoria ci si trova di fronte all'imponente facciata della chiesa di San Filippo. Prima di entrare ci si può soffermare ad osservare l'acciottolato antistante la chiesa con elementi scuri di serpentinite e chiari di quarzite; rimanendo alle pavimentazioni, quella del pronao è in quarzite Bargiolina, cui segue la scalinata di accesso alla chiesa in gneiss Pietra di Vajes e la soglia in granito Rosa di Baveno. Per la facciata furono utilizzati il Marmo di Brossasco (architrave e colonne), il Marmo di Frabosa (frontone e timpano), il marmo Statuario di Carrara (statue, decorazioni e bassorilievi) e il calcare Pietra di Gassino (zoccolatura). L'altare maggiore di questa chiesa ci porta a tornare un po' indietro nel tempo, al momento in cui, a fine Seicento gli architetti piemontesi si trovarono a fare i conti con le novità proposte da Guarini, soprattutto nella chiesa di San Lorenzo. Alcuni di loro si mostrarono sensibili agli insegnamenti di Guarini in fatto di materiali e di scelte formali e si sforzarono di applicarli senza tuttavia abbandonare le tipologie tradizionali. L'altare maggiore della chiesa di San Filippo, realizzato fra il 1697 e il 1703 sotto la guida di Michelangelo Garove, Antonio Bertola e Galleani di Nizza, costituisce uno degli esempi più interessanti di questo processo. Lo sviluppo concavo, sottolineato dalla evidente linea nera della trabeazione, e la disposizione a boccascena delle colonne tortili, si allontanano dalle architetture rigide degli anni precedenti creando un altare a baldacchino dalla vigorosa presenza plastica (DARDANELLO, 1989; DARDANELLO, 2005). Per costruire l'imponente macchina d'altare giocata sulla contrapposizione del rosso e del nero, su cui spiccano le sculture bianche, vennero aperte le cave di alabastrite di Busca e ad assicurarsene il diritto allo sfruttamento fu il committente dell'altare, il principe Emanuele Filiberto di Savoia-Carignano (DARDANELLO, 1989)⁴. Questo alabastro calcareo, estratto a circa quindici chilometri a nord di Cuneo, fu molto apprezzato per tutto il Settecento, fatta eccezione per i decenni centrali del secolo in cui conobbe un breve momento di oblio. A differenza delle altre importanti cave, come quella di Valdieri o di Frabosa, la cava di Busca non era di proprietà dello Stato, che era dunque costretto ad acquistare il materiale dal Duca di Chiabrese, che esercitava il monopolio sul materiale. **La Galleria Beaumont e il pieno Settecento.** Tornando a percorrere Via Roma

vale la pena notare l'unicità di tale via, con riferimento ai materiali lapidei utilizzati per il rivestimento degli edifici, per i colonnati e per le pavimentazioni, così come dettagliato nel lavoro di Peretti del 1937. Si torna così in Piazza Castello per visitare la Galleria Beaumont, sede dell'armeria Reale e oggetto di un recente restauro e riallestimento. La ricca decorazione lapidea che riveste le pareti è frutto del cantiere degli anni Sessanta del Settecento, guidato da Benedetto Alfieri, architetto di Corte dal 1739. La galleria, mostrando il frutto delle ricerche di materiali lapidei locali e della loro valorizzazione voluta e attuata dallo Stato nel corso del secolo, si impose immediatamente come modello di gusto aggiornato. L'alabastrite di Busca, ad esempio, in quegli anni un po' dimenticata, ebbe nuovo impulso grazie all'impiego che se ne fece per i leoni che giocano con i putti, dove i colori caldi e le linee torte dell'onice vennero sfruttati per rendere il manto e il corpo del leone (VENTUROLI, 2002). Nella Galleria Beaumont si trovano marmi di lunga e assodata tradizione, sia Piemontesi, come il Verde di Susa, il persighino o il Bardiglio di Valdieri, dimenticato e poi riscoperto nel Settecento, sia materiali di importazione, come il Giallo di Verona. Nella Galleria è offerta una delle rare occasioni di osservare quella pietra violacea con piccoli inclusi bianchi e bruni impiegata nei medaglioni sopra le *consolles* verso il palazzo, in cui Maurizio Gomez ha riconosciuto la Breccia di Tarantasia (GOMEZ SERITO, 2008). Dal punto di vista litologico la Galleria è particolarmente importante per essere il primo caso di impiego di un materiale che, scoperto nel 1761, avrà grande fortuna in Piemonte: la Seravezza di Limone. Questo calcare brecciato (Di MAJO & FIORA, 2009), affiorante nel cuneese in località Almelina, deve il suo nome alla Seravezza Medicea, o Seravezza di Firenze, un materiale di grande fama e prestigio estratto in provincia di Lucca. Nell'aspetto la parentela con le saravezze toscane è in realtà limitata alla colorazione bianca e viola, mentre la tessitura presenta un andamento longitudinale ondulato, molto diverso dal disegno angoloso del materiale apuano. L'affioramento della Seravezza di Limone venne scoperto dal capomastro marmorario Carlo Buzzi, che prelevò dei campioni perchè venissero valutati dallo Studio di Scultura di Torino. Il nuovo materiale riscosse immediato successo, la cava venne attivata e nel 1764, quando Benedetto Alfieri decise di utilizzarla per i camini monumentali della Galleria, vi si stava lavorando appena da dieci giorni. La galleria, con il suo sontuoso dispiego di marmi divenne presto modello per le decorazioni lapidee di chiese e palazzi e la Saravezza di Limone conobbe un immediato e diffuso impiego sia nei cantieri di corte che presso i privati.

BIBLIOGRAFIA

- BOTTINO G., BOTTINO I. (2005) - *Il bacino marmifero del monregalese. Contesto geologico e giacimentologico*. In - Marmi e pietre del cebanomongioiese. Litotipi del territorio del G.A.L. Mongioie, a cura di Gomez Serito M., G.A.L. Mongioie, Mondovì.
- DARDANELLO G. (1995) - *Disegno e colore negli altari di Filippo Juvarra*, in, Filippo Juvarra architetto delle capitali, da Torino a Madrid, a cura di Comogli Mandracci V., Griseri A., Torino.
- DARDANELLO G. (1989) - *Altari piemontesi: prima e dopo l'arrivo di Juvarra*. In Filippo Juvarra a Torino. Nuovi progetti per la città', a cura di Griseri A., Romano G., Fondazione CRT, Torino.
- DARDANELLO G. (2008) - *L'esperienza del colore e il gusto dei materiali: fantasie decorative per organi e altari*. In Guarini, Juvarra e Antonelli, Segni e simboli per Torino, a cura di Dardanelli G., Tamborrino R., Catalogo della mostra (Torino 28 giugno - 14 settembre 2008). Silvana ed., Milano 2008.
- DI MAJO E., FIORA L. (2009) - *La scoperta della saravezza di Limone*. L'informatore del marmista, Giorgio Zusi ed., Verona, n. 581
- FIORA L., CARANDO M. (2008) - *Pietre di Torino*. <http://www.pietreditorino.com/>
- GOMEZ SERITO M. (2003) - *Il marmo giallo di frabosa e i suoi impieghi, un contributo alla lettura degli altari piemontesi fra sei e settecento*. "Arkos", anno IV, n. 2, aprile-giugno 2003.
- GOMEZ SERITO M. (2006) - *I marmi di San Lorenzo*. In *Guarino Guarini*, a cura di G. Dardanelli, S. Klaiber, H. A. Millon. Allemandi, Torino.
- M. GOMEZ SERITO M. (2008) - *I marmi settecenteschi della galleria Beaumont*. In L'armeria reale nella galleria Beaumont, a cura di P. Venturoli., Fondazione Cassa di Risparmio di Torino, Torino.
- GRITTELLA G. (1992) - *Juvarra, l'architettura*. Panini ed., Modena.
- GROSSO M. (1966) - *Storia della chiesa di Santa Cristina a Torino*. Falciola ed, Torino.
- MANA L. (2011) - *Giseppe Sala da lugano. In Svizzera a Torino nella storia, nell'arte, nella cultura, nell'economia dal quattrocento ad oggi*. Ticino management, Lugano.
- MILLON H. A. (1984) - *Filippo Juvarra, drawings from the roman period, 1704-14*. Edizioni dell'elefante, Roma.
- MILLON H. A. (2006) - *L'architettura di Guarino Guarino, in Guarino Guarini*, a cura di G. Dardanelli, S. Klaiber, H. A. Millon. Allemandi, Torino.
- MONETTI F., CIFANI A. (1990) - *Arte e artisti nel piemonte del seicento: nuove scoperte e nuovi orientamenti*, Gribaudo, Cavallermaggiore.
- PERETTI L. (1938) - *Rocce del piemonte usate come pietre da taglio e da decorazione*. Estr. da "Marmi graniti pietre", anno XVI, n° 2 aprile 1938.
- TAMBURINI L. (1968) - *Le chiese di Torino dal rinascimento al barocco*. Le Bouquioniste, Torino
- VIALE FERRERO M. (1970) - *Filippo Juvarra, scenografo e architetto teatrale*. Edizioni Fratelli Pozzo, Torino.
- VENTUROLI P. (2002) - *La galleria Beaumont 1732-1832. Un cantiere ininterrotto da Carlo Emanuele III a Carlo Alberto*. Allemandi, Torino.
- VOLA G., ALCIATI L., DI MAJO E., FIORA L. (2011) - *Caratterizzazione geo-petrografica e lito-applicativa della volpinita (Bardiglio di Bergamo) della bassa Valle Camonica*. In Rocce e minerali industriali, a cura di A. Giuliani. Aracne, Roma.

⁴ ASTO, Corte, Paesi per A e B, Busca, Mazzo 52, fascicolo 66.

Considerazioni sull'isola di calore urbana di Torino attraverso l'analisi dei dati climatici

DIEGO GARZENA
Dipartimento di Scienze della Terra,
Università di Torino, via Valperga Caluso 35
- 10125, Torino, Italia.

SIMONA FRATIANNI
Dipartimento di Scienze della Terra,
Università di Torino, via Valperga Caluso 35
- 10125, Torino, Italia.
E-mail: simona.fratianni@unito.it

FIORELLA ACQUAOTTA
Dipartimento di Scienze della Terra,
Università di Torino, via Valperga Caluso 35
- 10125, Torino, Italia.
E-mail: fiorella.acquaotta@unito.it

RIASSUNTO

Al fine di effettuare uno studio sugli effetti del riscaldamento climatico indotto dall'isola di calore urbana, è stato necessario raccogliere e digitalizzare la lunga serie di dati termopluviometrici della città di Torino durante il periodo 1870-2010. La ricerca storica è stata effettuata sia per il reperimento dei parametri climatici rilevati nel corso del tempo, sia per i metadati caratteristici delle stazioni di rilevamento. Tale approccio ha permesso di determinare l'evoluzione storica delle singole stazioni di misura individuandone i cambi di strumentazione e ubicazione subiti nel corso del tempo ed il mutamento delle condizioni ambientali nei pressi delle stazioni stesse. Sulla serie è stato eseguito il controllo di qualità ed i valori di temperatura sono stati sottoposti ad omogeneizzazione, al fine di annullare possibili errori di registrazione dei dati. L'analisi dell'andamento climatico è stato effettuato per l'intero periodo e su due sotto-periodi (1925-2010 e 1971-2000), individuando le tendenze e gli indici climatici principali. Infine, per comprendere se i cambiamenti climatici siano attribuibili a variazioni naturali o ad effetti di urbanizzazione che possono alterare il microclima della città, i dati termometrici della città di Torino sono stati confrontati con i dati di quattro stazioni meteorologiche rurali.

Parole chiave: cambiamenti climatici, isola di calore urbana, serie climatica, Torino.

ABSTRACT: CONSIDERATIONS OF TURIN URBAN HEAT ISLAND THROUGH THE CLIMATE DATA ANALYSIS.

In order to conduct a study on the effects of global warming induced by the urban heat island, it was necessary to collect and digitalize the long series of thermo-pluviometric data from the city of Turin during the period 1870-2010. The historical research has been done both for the climate parameters retrieval and for the characteristic metadata of

the detection stations. This approach has allowed us to determine the historical evolution of the measuring stations, identifying the changes of instrumentation and location sustained over time and the changing of the environmental conditions near these devices. On the series was run quality control and temperature data were subjected to homogenization, in order to cancel possible errors of data recording. The analysis of climate change has been performed for the entire period and through the identification of two sub-periods (1925-2010 and 1971-2000), were also identified trends and climatic indices. Finally, to try to understand if climate change is due to natural variability or urbanization effects that can modify the microclimate of the city, thermometric data from four rural stations were compared with Turin urban origin data.

Key words: climate change, urban heat island, climate series, Turin.

1 INTRODUZIONE

L'effetto più conosciuto che le città esercitano sul clima è lo scarto positivo della temperatura rispetto alle aree non edificate circostanti, definito "Isola di Calore Urbana" (Voogt, 2004). L'isola di calore urbana, meglio nota nella letteratura scientifica per le numerose e diffuse ricerche di origine anglosassone, Urban Heat Island (UHI) è uno degli effetti climatici più studiati degli insediamenti urbani. Oke (1995) la definì: "Un'isola di calore urbana è semplicemente il calore caratteristico di un paese o città. L'isola di calore urbana è presente nelle città di tutte le regioni climatiche, ciò è dovuto alle modifiche antropiche della superficie e delle caratteristiche atmosferiche. Tali modifiche sono la conseguenza dello sviluppo urbano e sono un esempio di modificazione del clima non intenzionale".

L'ambiente urbano ha caratteristiche meccaniche e termiche diverse da quelle delle aree rurali circostanti, ciò è dovuto alla presenza degli edifici e delle varie

infrastrutture che alterano la rugosità e le caratteristiche termiche del suolo. Queste modificazioni antropiche alterano il bilancio termico naturale portando ad un accumulo di energia maggiore durante il giorno. Durante la notte la restituzione dell'energia accumulata porta un aumento delle temperature dell'aria, con variazione di alcuni gradi rispetto alle aree rurali, dando luogo alla formazione dell'isola di calore urbana (Rateni et al., 2005).

La temperatura di un luogo è infatti influenzata dalle caratteristiche della superficie: lo sviluppo verticale degli edifici e i materiali da costruzione utilizzati che conferiscono alle città proprietà termiche assai differenti da quelle del suolo naturale e della vegetazione (Di Napoli e Mercalli, 2008).

Ogni insediamento è in grado di generare un UHI, indipendentemente dalle sue dimensioni, e inoltre, sono osservabili sia durante l'estate sia in inverno. In entrambi i casi, la differenza di temperatura (ΔT_{u-r}) tipica è di svariati gradi tra il centro della città e i campi circostanti. Osservazioni per una serie di studi sulle UHI (Mills, 2004) presentano caratteristiche comuni: ΔT_{u-r} si rivela come una fonte di aria calda con valori più alti vicini al centro urbano. Ai margini urbani, i cambiamenti di temperatura sono rapidi, successivamente ΔT_{u-r} aumenta più lentamente. Inoltre, nelle vicinanze di parchi, le temperature osservate risultano più basse.

Per poter effettuare uno studio su tali effetti è necessario poter disporre di una serie climatica sufficientemente lunga da poter mettere in evidenza i cambiamenti meteorologici occorsi nel tempo.

In tale contesto si inserisce la serie di dati meteorologici della città di Torino, in quanto presenta una delle più lunghe serie storiche d'Italia con osservazioni termopluviometriche iniziate nella seconda metà del 1700 e quasi ininterrotte per circa 250 anni. Lo scopo di questo studio è quello di compiere un'analisi climatica della serie storica di dati meteorologici al fine di valutare in che entità

le attività antropiche abbiano condizionato il microclima urbano.

2 SERIE STORICA

Per ottenere la serie storica torinese è stato necessario unire i dati provenienti da più stazioni di rilevamento susseguite temporalmente (Tabb. 1 e 2).

La misura sistematica dei parametri climatici inizia in Piemonte nel XIX secolo, quando nel 1865 nascono a Firenze, allora capitale d'Italia, gli Uffici meteorologici del Ministero dell'Agricoltura. Negli stessi anni inizia l'opera del Padre barnabita F. Denza, religioso e scienziato, che dedicò gran parte della sua vita all'organizzazione della rete meteorologica piemontese.

In passato però, la rete di rilevamento, pur trasmettendo i dati all'organismo centrale, non era gestita da un unico ente, ma da differenti strutture e soggetti privati. Per tale motivo il reperimento di dati meteorologici comporta oggi un problema di notevole complessità. Tutt'oggi, infatti, nonostante alcuni enti pubblici stiano costituendo delle biblioteche tematiche (cartacee e digitali), le osservazioni effettuate negli anni, con relative descrizioni e registrazioni, non sono ancora reperibili presso un'unica fonte. I dati pertanto, spesso, sono incompleti e in alcuni casi con lacune ampie decenni.

Il reperimento di dati meteorologici è stato effettuato risalendo alle fonti originali cartacee conservate presso archivi pubblici e biblioteche private. I dati per il presente studio sono stati pertanto digitalizzati dal materiale documentale, ed in particolare i valori giornalieri di temperatura massima, temperatura minima e precipitazioni, nel periodo 1870-2010.

La serie definitiva risulta essere abbastanza continua, infatti, le percentuali di dati mancanti risultano esigue: temperature massime 6,48 %, temperature minime 6,47 % e precipitazioni 0,47 %. Le lacune più consistenti sono quindi a carico delle serie di temperatura, concentrate in particolare durante il periodo della seconda guerra mondiale.

3 METODOLOGIA

Seguendo le indicazioni fornite dal WMO (2007), per la valutazione della consistenza delle serie, si è tenuto conto dei dati mensili e annuali, unicamente se per le medie mensili si aveva a disposizione almeno l'80% dei valori (Klein Tank et al., 2002), equivalente ad un errore di 6 giorni su 30. Per le medie annuali, volendo ridurre ulteriormente le possibilità di errore, si è scelto di applicare il limite del 93% di valori rilevati, equivalente ad un errore di 25 giorni non consecutivi su 365 giorni annui.

Tabella 1 - Composizione della serie della temperatura di Torino 1870-2010 adottata in questo studio.

TEMPERATURA			
PERIODO	FONTE	COORDINATE GEOGRAFICHE	LACUNE
1/1/1870 - 31/12/1915	TO Osservatorio P.M.	45° 4' 15.319" N - 7° 41' 8.812" E	Giorni spot
1/1/1916 - 31/12/1924			Lacuna
1/1/1925 - 31/12/1937	TO Istituto Fisica	45° 3' 9.041" N - 7° 40' 54.919" E	Giorni spot
1/1/1938 - 31/10/1942	TO UIPO C.so Inghilterra	45° 4' 30.58" N - 7° 40' 0.128" E	Giorni spot
1/11/1942 - 31/12/1944	TO Superga	45° 4' 51.294" N - 7° 46' 0.424" E	-
1/1/1945 - 31/12/1960	TO UIPO C.so Inghilterra	45° 4' 30.58" N - 7° 40' 0.128" E	Giorni spot
1/1/1961 - 31/12/2002	TO UIPO C.so Bolzano	45° 4' 21.756" N - 7° 40' 0.445" E	Giorni spot 1961 Gen-Feb
1/1/2003 - 31/12/2004	TO ARPA Vallere	45° 1' 0.468" N - 7° 40' 24.888" E	-
1/1/2005 - 31/12/2009	TO ARPA Giardini Reali	45° 4' 17.497" N - 7° 41' 31.873" E	Giorni spot

Tabella 2 - Composizione della serie della precipitazioni di Torino 1870-2010 adottata in questo studio.

TEMPERATURA			
PERIODO	FONTE	COORDINATE GEOGRAFICHE	LACUNE
1/1/1870 - 31/12/1915	TO Osservatorio P.M.	45° 4' 15.319" N - 7° 41' 8.812" E	Giorni spot
1/1/1916 - 30/04/1927	TO Castello Medievale	45° 2' 55.523" N - 7° 41' 0.446" E.	1926 Novembre
1/5/1927 - 31/12/1937	TO Istituto Fisica	45° 3' 9.041" N - 7° 40' 54.919" E	-
1/1/1938 - 31/12/1960	TO UIPO C.so Inghilterra	45° 4' 30.58" N - 7° 40' 0.128" E	Giorni spot 1944 Gen-Feb 1960 Dicembre
1/1/1961 - 31/12/2004	TO UIPO C.so Bolzano	45° 4' 21.756" N - 7° 40' 0.445" E	Giorni spot 2004 Lug- Ago
1/1/2005 - 31/12/2009	TO ARPA Giardini Reali	45° 4' 17.497" N - 7° 41' 31.873" E	Giorni spot

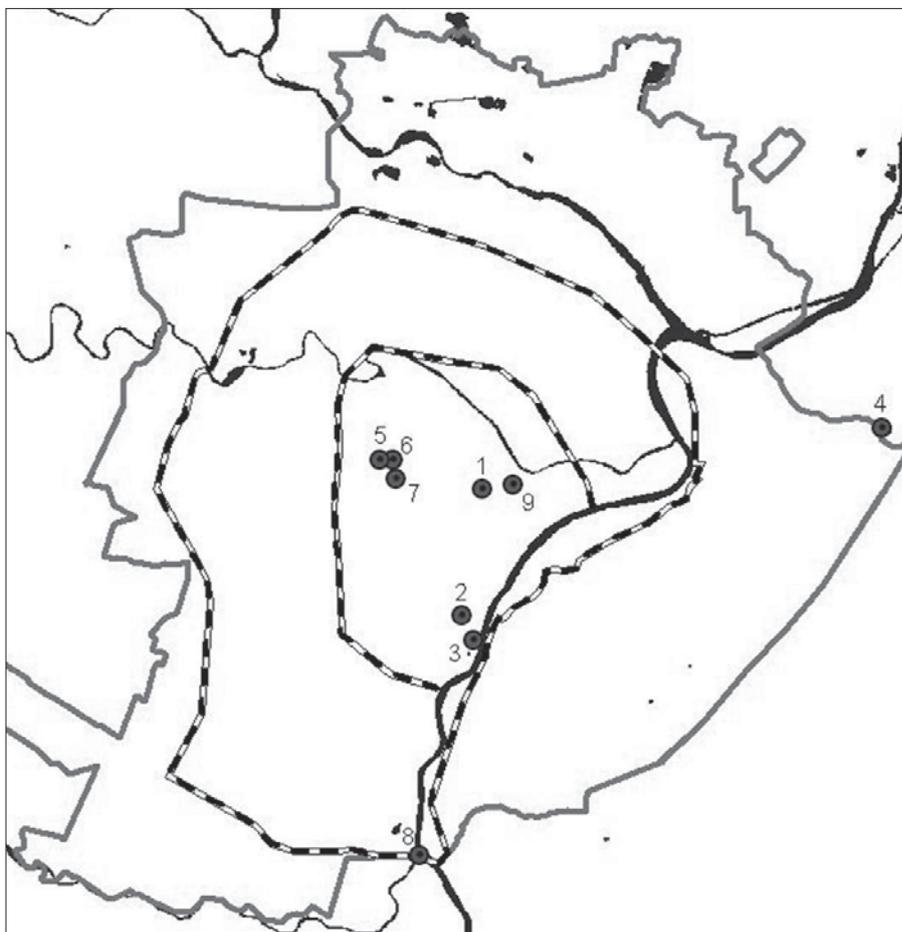


Figura 1 – Osservatori della città di Torino: 1) Palazzo Madama, 2) Istituto di Fisica, 3) Castello Medievale, 4) Basilica di Superga, 5) UIPO Via Gropello, 6) UIPO c.so Inghilterra, 7) UIPO c.so Bolzano, 8) ARPA Vallere, 9) ARPA Giardini Reali; Linea tratteggiata interna: Cinta Daziaria del 1853; Linea tratteggiata esterna: Cinta Daziaria del 1912; Linea grigia: limiti comunali; Linee Nere: fiumi.

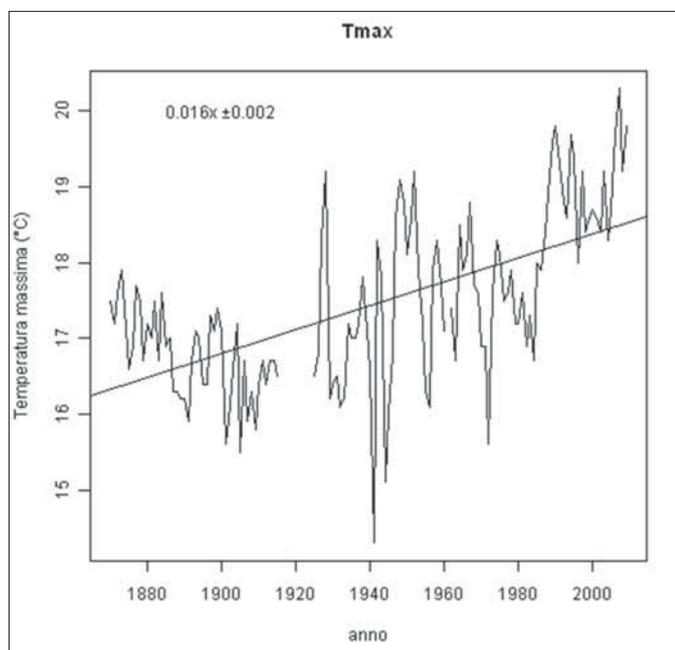


Figura 2 – Andamento dei valori medi annuali di temperatura massima in tutto il periodo di osservazione (aumento dei valori pari a 0.016 ± 0.002 °C/anno).

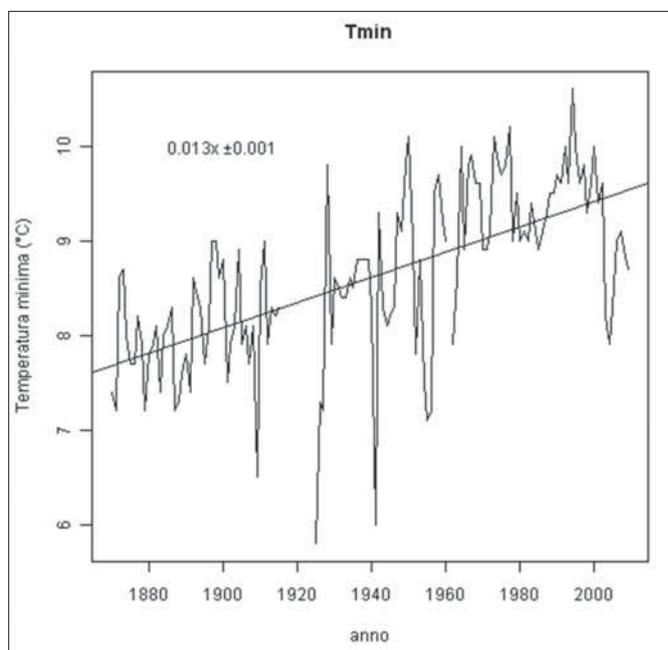


Figura 3 – Andamento dei valori medi annuali di temperatura minima in tutto il periodo di osservazione (aumento dei valori pari a 0.013 ± 0.001 °C/anno).

Tabella 3 - Valori delle temperature massima, minima e media (in °C), durante il periodo I (1870-2010), il periodo II (1925-2010) ed il periodo III (1971-2000).

	T massima			T minima			T media		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Gen	5,1	5,7	6,9	-2,2	-1,4	0,3	1,5	2,2	3,6
Feb	7,6	8,2	9,1	-0,6	0,2	2,0	3,5	4,2	5,6
Mar	12,3	13,1	14,3	4,7	4,9	5,6	8,5	9,0	9,9
Apr	16,2	17,2	17,7	8,5	8,6	8,7	12	12,9	13,2
Mag	20,5	21,6	21,9	12,4	12,7	12,8	16	17,2	17,3
Giu	27,1	27	26,2	16,6	16,6	16,3	22	21,8	21,3
Lug	29,7	29,7	29,3	18,9	19,1	19,2	24	24,4	24,3
Ago	28,8	28,8	28,6	18,4	18,5	18,7	24	23,6	23,6
Set	21,2	22,6	23,4	14	14,6	15	18	18,6	19,2
Ott	14,8	16,3	17,3	8,9	9,4	9,9	12	12,8	13,6
Nov	8,4	9,7	10,9	3,3	3,9	4,6	5,9	6,8	7,7
Dic	6	6,6	7,6	-1,0	-0,3	1,3	2,5	3,1	4,4
Anno	16,5	17,2	17,8	8,5	8,9	9,5	12,5	13,1	13,7

Tabella 4 - Sono riportati i valori delle precipitazioni cumulate (mm), il numero medio di giorni piovosi e le densità delle precipitazioni (mm), durante il periodo I (1870-2010), il periodo II (1925-2010) ed il periodo III (1971-2000).

	Precipitazioni			Giorni Piovosi			Densità		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Gen	40,3	36,8	44,9	5,6	5,4	5,5	7,2	6,8	8,1
Feb	38,0	36,9	43,2	5,1	4,9	5,0	7,5	7,5	8,6
Mar	59,4	55,5	57,8	6,7	6,6	6,0	8,8	8,3	9,6
Apr	99,2	92,1	97,0	9,8	9,2	9,4	10,2	10,0	10,4
Mag	116,9	116,2	129,1	11,8	11,9	12,7	9,9	9,8	10,2
Giu	92,6	88,9	101,8	10,2	10,0	10,5	9,1	8,9	9,7
Lug	59,7	58,0	59,0	7,2	6,9	7,0	8,2	8,4	8,4
Ago	71,5	73,7	86,9	7,6	8,0	8,7	9,4	9,2	9,9
Set	69,3	69,2	72,3	7,3	7,2	6,7	9,5	9,7	10,7
Ott	84,6	75,9	89,9	8,5	8,0	8,3	10,0	9,5	10,9
Nov	68,1	71,5	55,2	7,8	7,4	6,3	8,8	9,7	8,8
Dic	46,0	45,8	36,1	6,4	6,2	4,9	7,2	7,4	7,4
Anno	70,5	68,4	72,8	7,8	7,6	7,6	8,8	8,8	9,4

Il periodo di riferimento utilizzato per l'omogeneizzazione della serie, riguarda i dati provenienti dalla stazione Giardini Reali (2005-2010), gestita da ARPA (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale) Piemonte (Figura 1). La scelta è ricaduta su questa stazione, in quanto, essendo stata installata secondo i parametri WMO (1983), permette una più corretta analisi climatica e la possibilità di un confronto con le serie storiche di altre località.

I dati raccolti e digitalizzati sono stati sottoposti ad un controllo di qualità al fine di verificare le eventuali disomogeneità presenti nella serie, con l'eliminazione, ad esempio, di errori umani dovuti alla digitalizzazione o all'originale registrazione dei dati. La verifica è stata svolta utilizzando il software RCLIMDEX (Zhang e Yang, 2004) che permette d'individuare gli errori di trascrizione del dato ed eventuali valori anomali (outliers). I dati errati includono precipitazioni giornaliere minori di zero e valori di temperatura massima inferiori a quelli di temperatura minima. Gli outliers rappresentano i valori della variabile che fuoriescono da un determinato intervallo. Il range adottato è pari alla media più o meno tre volte la deviazione standard. È stato scelto questo intervallo per isolare i valori errati che ricadono nelle code della distribuzione (Aguilar et al., 2005).

Al fine di giungere alla fase di analisi è stato necessario sottoporre i dati di temperatura ad un processo di omogeneizzazione, tramite il metodo SPLIDHOM (Mestre et al., 2011; Venema et al., 2012). Tale attività è stata effettuata con lo scopo di annullare i possibili errori di registrazione dei dati dovuti, ad esempio, a diversi strumenti di misura, a sostituzioni delle stazioni meteorologiche

o delle loro apparecchiature, o ancora per le diverse ubicazioni assunte dalle stazioni di misura nel corso del tempo. Lo SPLIDHOM è un metodo innovativo basato sulla spline cubica che permette non solo di correggere i valori medi della serie ma anche i più alti ordini dei quantili e dei momenti della serie perturbata. Al fine di ottenere una correzione realistica della serie candidata, serie da omogeneizzare, è necessario calcolare la funzione di trasferimento grazie all'utilizzo di serie di riferimento, serie registrate da stazioni limitrofe che si ben correlano con la serie candidata.

L'analisi climatica, volta ad individuare le principali caratteristiche e peculiarità del clima di Torino, è stata condotta sulle serie di temperatura e precipitazioni. I due parametri prima affrontati ed analizzati singolarmente sono stati successivamente messi in relazione al fine di svolgere una "sintesi climatica" ed infine ne sono stati identificati i trend (Sneyer, 1990). L'analisi svolta è stata effettuata sia prendendo in considerazione tutto il periodo storico a disposizione (1870-2010), sia individuando due sottoperiodi dello stesso (1870-1916 e 1925-2010). Il terzo periodo individuato (1971-2000), corrispondente al trentennio di riferimento stabilito dal WMO (1983), permette di avere una prima immagine del cambiamento climatico, che ha interessato soprattutto gli ultimi anni, rispetto al resto della serie storica.

4 RISULTATI

I risultati ottenuti dall'analisi mostrano una generale variazione delle temperature a partire dalla metà del '900. A partire da tale periodo, infatti, per i dati di temperatura, si può osservare un marcato aumento dei valori misurati (Figg. 2 e 3). In particolare l'evoluzione dei valori di temperatura media mostra il passaggio da 12,5°C nel periodo 1870-2010, all'aumento a 13,1°C nel periodo 1925-2010 ed infine nel periodo 1971-2000 la temperatura media raggiunge i 13,7°C (Tab. 3).

I risultati ottenuti dall'analisi delle precipitazioni non mostrano invece particolari variazioni nei valori medi di precipitazioni totali e nel numero di giorni piovosi. Si può notare

unicamente un leggero aumento nelle densità riferite al periodo 1971-2000 (Tab. 4).

Valutando il numero di giorni di gelo ($T_{min} \leq 0^\circ C$) e il numero di giorni senza disgelo ($T_{max} \geq 0^\circ C$) si può notare come, per tutti i periodi considerati, i mesi interessati da questo fenomeno siano i medesimi, mentre la variazione sia riscontrabile nel numero dei giorni interessati dall'evento. Si può notare in particolare che i giorni di gelo del mese di gennaio passano da un valore medio di 24 giorni per il periodo 1870-2010 a soli 14 giorni per il periodo 1971-2000. Inoltre, lo stesso margine di diminuzione si registra anche nei mesi di febbraio e dicembre (Tab. 5).

Per le analisi e le restituzioni grafiche sono stati utilizzati i software AnClim (Stepanek, 2007) e RCLimdex (Zhang e Yang, 2004), con l'applicazione del test di Mann-Kendall con un livello di significatività del 95% (Tab. 6).

Inoltre di particolare interesse risultano essere gli indici climatici statistici che i dati a disposizione hanno permesso di elaborare, nei quali è possibile osservare, tra gli altri, la riduzione dei giorni invernali (percentuale annua di giorni con temperatura massima inferiore al 10° percentile della statistica delle massime giornaliere sul trentennio climatologico di riferimento) (Fig. 4) e l'aumento delle notti tropicali, ovvero il numero di giorni con temperatura minima superiore a 20°C (Fig. 5).

Il grafico dell'escursione termica (Fig. 6) mostra la media annuale della differenza media mensile tra temperature massime e minime giornaliere. Nel periodo 1870-2010 si registra un trend in crescita a partire dal primo decennio del 1900 con un aumento repentino intorno alla metà del secolo stesso. Il grafico di Figura 7, riportante l'andamento del numero di giorni estivi, mostra come la percentuale annua con temperatura massima superiore al 90° percentile della statistica delle massime giornaliere sul trentennio climatologico di riferimento, sia aumentata nel corso del tempo.

Si è poi cercato di comprendere se le variazioni climatiche occorse siano da ricondursi a naturali variazioni del clima, legate pertanto ai cambiamenti climatici in atto a livello globale o ad effetti caratteristici dell'urbaniz-

zazione, in grado di alterare il microclima cittadino. Per tal motivo sono state identificate delle stazioni rurali per permetterne il confronto dei dati meteorologici registrati con i dati di origine urbana. L'isola di calore infatti, è stimabile per differenza tra le temperature del sito urbano con quello rurale delle diverse stazioni selezionate (ΔT_{u-r}).

L'andamento delle temperature medie annuali (Fig. 8) evidenzia un importante aspetto dell'evoluzione climatica nel periodo considerato (1992-2010). La temperatura media della città di Torino presenta un trend costante o in leggera diminuzione, mentre i valori delle stazioni rurali mostrano un trend nettamente positivo. Tale aumento delle temperature presso le stazioni rurali può essere riconducibile a più fattori, tra cui l'aumento dell'urbanizzazione delle aree rurali o l'aumento dell'area d'effetto dell'UHI urbana di Torino. È noto infatti che anche un agglomerato urbano di dimensioni minime sviluppa la propria isola di calore (Heino, 1999; Soux et al., 2004), ed anche che l'effetto dell'isola di calore di una grande città può influenzare le temperature presso le stazioni rurali (Sovrano Pangallo, 1998).

L'istogramma con l'andamento dei giorni di gelo (Figura 9) mostra come la stazione Torino sia quella che registra il minor numero di giorni freddi. L'ultimo grafico in merito ai dati di temperatura, riguarda il numero di giorni tropicali (Figura 10), ovvero i giorni con temperatura massima superiore o uguale ai 30°C. Dal grafico si evince che tali giorni

Tabella 5 - Numero medio mensile di giorni di gelo e giorni senza disgelo, durante il periodo I (1870-2010), il periodo II (1925-2010) ed il periodo III (1971-2000).

	gg. di gelo			gg. senza disgelo		
	I	II	III	I	II	III
Gen	24	21	14	2	2	1
Feb	17	14	7	1	1	0
Mar	2	3	2	0	0	0
Apr - Ott	0	0	0	0	0	0
Nov	7	5	3	0	0	0
Dic	20	17	10	1	1	0
Anno	70	60	36	4	4	1

Tabella 6 - Trend stagionali di Tmax, Tmin, precipitazioni e giorni piovosi; b coefficiente della regressione lineare (per T: °C/anno; mm/anno; giorni/anno; per Giorni piovosi: numero giorni/anno), ±σ errore associato al coefficiente di regressione lineare (per T: °C/anno; mm/anno; giorni/anno; per Precipitazioni: mm/anno; per Giorni piovosi: numero giorni/anno) e u valore del test di Mann-Kendall. Con * si indicano i trend statisticamente significativi.

	Tmax			Tmin			Piogge			Giorni piovosi		
	b	±σ	u	b	±σ	u	b	±σ	u	b	±σ	u
Anno	0.016	0.002	0.40*	0.013	0.001	0.47*	-0.4	0.5	-0.06	-0.04	0.03	-0.09
Inverno	0.028	0.003	0.40*	0.025	0.003	0.42*	-0.1	0.2	-0.05	-0.012	0.013	-0.07
Primavera	0.013	0.003	0.25*	0.006	0.002	0.20*	-0.3	0.2	-0.06	-0.016	0.015	-0.06
Estate	0.003	0.003	0.07	0.008	0.002	0.22*	0.02	0.19	0.03	0.001	0.013	0.01
Autunno	0.019	0.002	0.40*	0.014	0.002	0.36*	-0.02	0.25	0.007	-0.008	0.014	-0.03

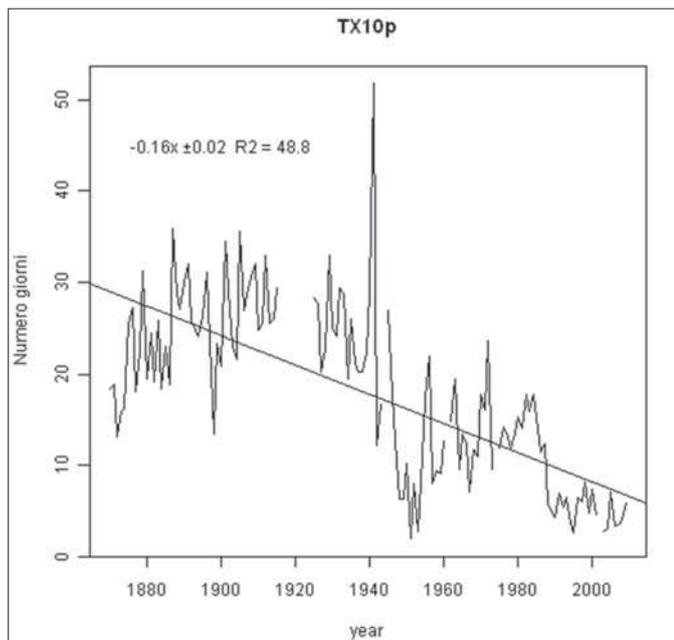


Figura 4 – Giorni invernali.

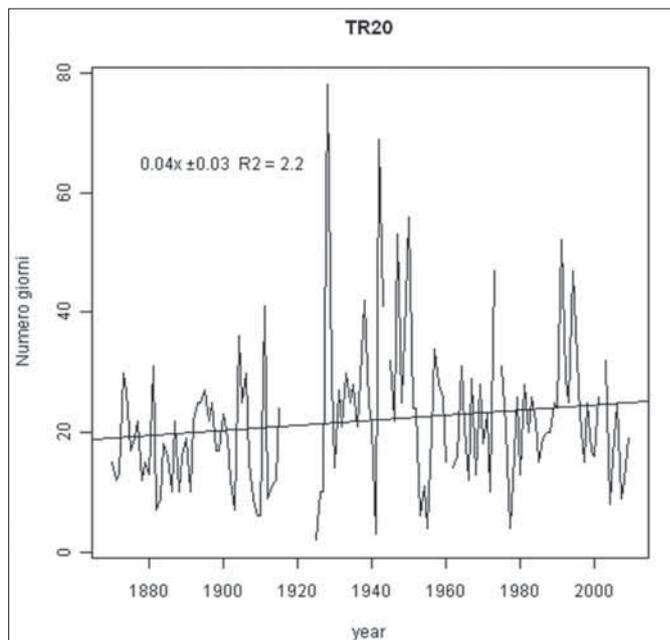


Figura 5 – Numero di notti tropicali.

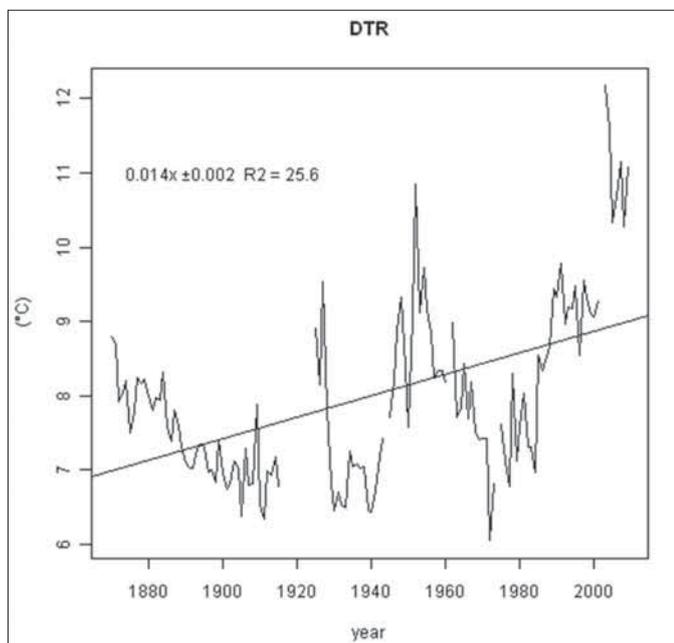


Figura 6 – Escursione termica diurna

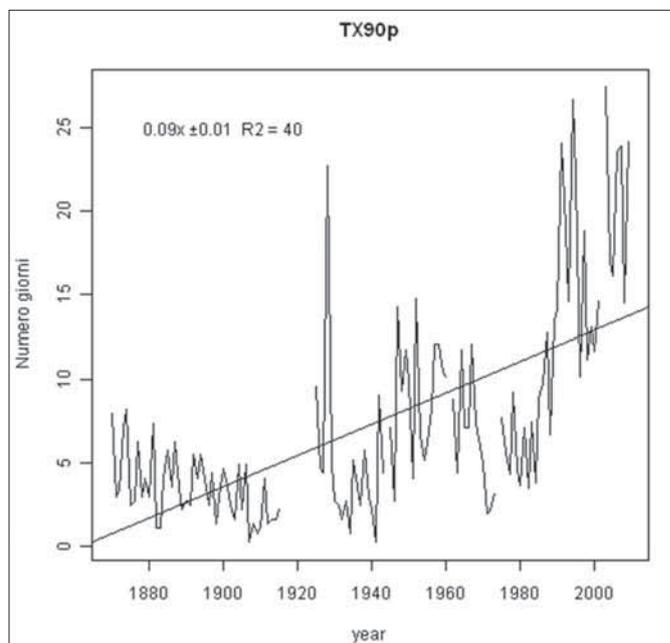


Figura 7 – Giorni estivi.

sono registrati in prevalenza presso la città, ma nell'ultimo quinquennio anche nelle altre stazioni è possibile notare un incremento rispetto agli anni precedenti. In merito alle notti tropicali, ovvero i giorni con temperatura minima superiore o uguale a 20°C, non viene presentato un grafico in quanto, per il periodo considerato, tale evento si registra unicamente all'interno della città di Torino.

La scelta delle stazioni di confronto è stata effettuata basandosi sulla disponibilità dei dati e sulla loro ubicazione. Infatti, le quattro stazioni meteorologiche individuate, Caselle (Nord), Marentino (Est -E), Moncalieri (Sud -S) e Avigliana (Ovest -O), sono situate lungo le direttrici 4 punti cardinali rispetto alla città di Torino.

Al fine di ottenere una serie di dati che ricoprisse un arco temporale maggiore, per

la zona Nord della città sono state individuate due stazioni temporalmente consecutive ubicate nel comune di Caselle (TO):

- Caselle Aeroporto (Nae), gestita dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare, ubicata all'interno dell'area aeroportuale ("Sandro Pertini" di Torino-Caselle), operativa dall'agosto del 1953 al 2004, i dati a disposizione per l'analisi coprono gli anni 1954-2004 per le temperature e 1969-2001 per le precipitazioni;
- Caselle Città (Nc), gestita dall'ARPA Piemonte. Operativa dal novembre del 2003, i dati a disposizione per l'analisi coprono gli anni 2004-2010.

Benché in alcuni studi si ritenga che anche un aeroporto isolato è in grado di alterare la temperatura registrata per effetto dell'isola di calore (Heino, 1999; Soux et al., 2004), si

ritiene che il confronto con la stazione di Caselle sia di estrema utilità, in particolar modo per la lunga serie di dati disponibile. Inoltre a differenza di altre stazioni rurali piemontesi, dalla costruzione dell'aeroporto le condizioni ambientali nei dintorni della stazione hanno subito ridotte variazioni permettendo quindi un più facile confronto con i valori registrati a Torino.

L'analisi del ΔT_{u-r} per le temperature medie (Figura 11) conferma quanto evidente nei precedenti grafici, inoltre ci permette di osservare la riduzione del ΔT_{u-r} passando da valori di ΔT_{u-r} di 2,5-3,5 °C nel 1992 ad una generalizzata stabilizzazione compresa tra gli 1 e 2 °C del 2010.

L'effetto di alterazione del regime pluviometrico dell'UHI, si manifesta principalmente nelle città o nelle regioni circostanti la cit-

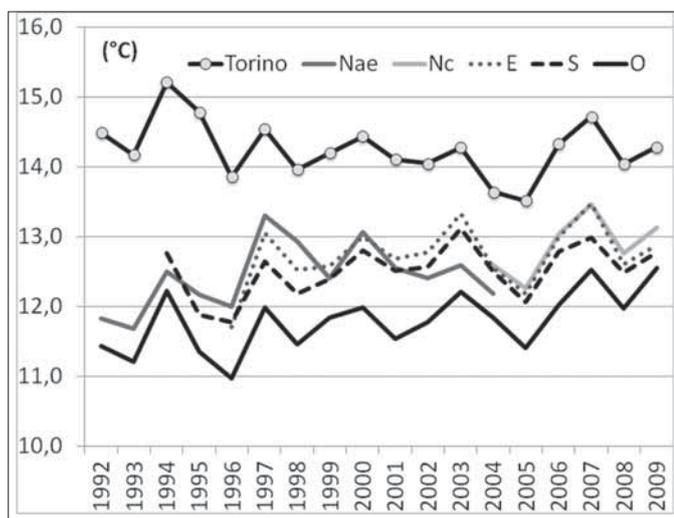


Figura 8 – Media annuale delle temperature medie.

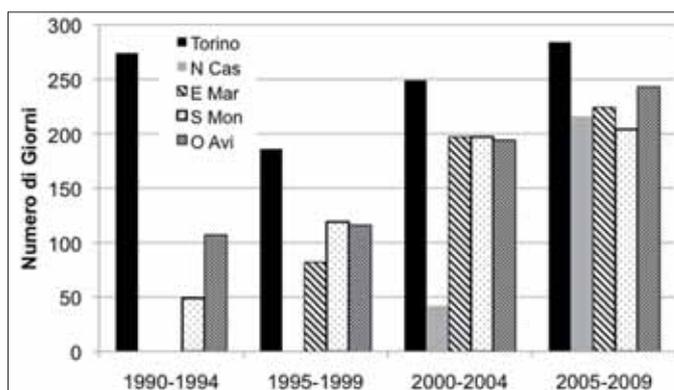


Figura 10 – Numero di giorni tropicali.

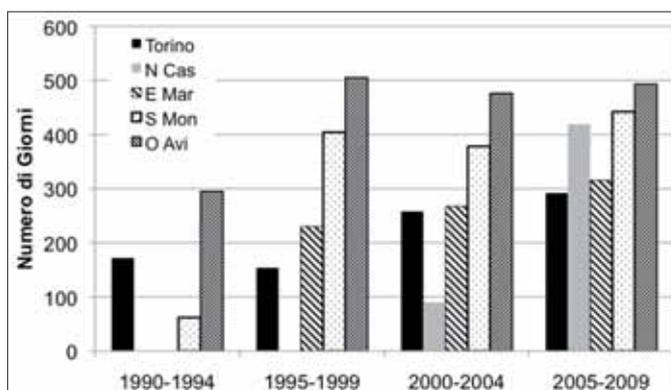


Figura 9 – Numero dei giorni di gelo.

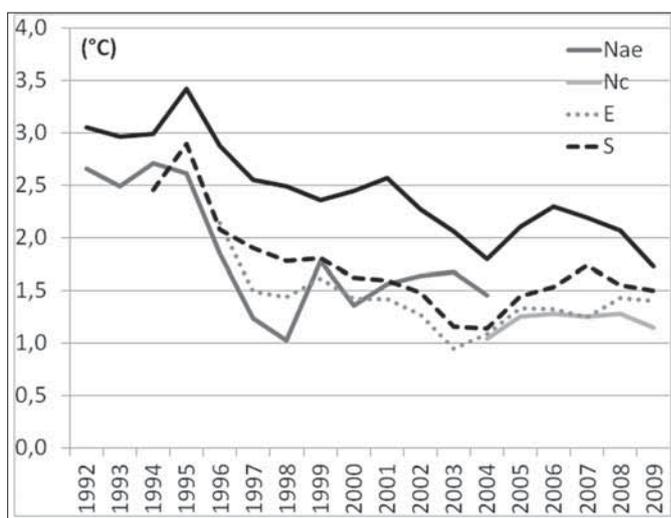


Figura 11 – ΔT_{u-r} per la temperatura media.

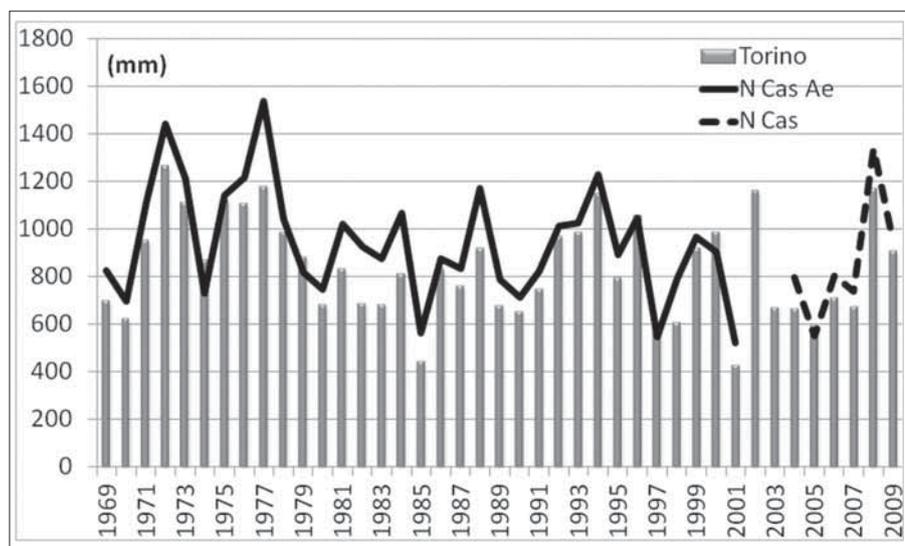


Figura 12 – Cumulate annue, dettaglio delle serie di Torino e Caselle (Aeroporto e Arpa Piemonte).

area urbana e area rurale in funzione del numero di abitanti. Tali studi sia a causa del breve periodo di confronto dei dati urbani e rurali, sia perché effettuati e modellizzati sulle grandi metropoli statunitensi, applicati all'ambito torinese hanno dato risultati poco significativi.

L'analisi demografica della città di Torino mostra però un'interessante evoluzione, infatti a metà dell'Ottocento, periodo in cui la città era capitale d'Italia, segnava tra gli anni 1858 e 1862 un aumento della popolazione da 179.635 a 204.715 abitanti. Nel primo ventennio dopo l'unificazione nazionale, l'incremento demografico della città era stato abbastanza contenuto. Più tardi, l'innescò del processo di industrializzazione e la riconversione produttiva nella direzione metalmeccanica tra Ottocento e Novecento portarono ad incrementare più velocemente il numero di abitanti. Dagli inizi del '900 alla metà dello stesso secolo il numero degli abitanti di Torino fu in costante crescita. A partire dal secondo dopoguerra, in particolare nel decennio 1951-1961, la popolazione della città ha conosciuto un'improvvisa espansione. Successivamente al 1974, anno in cui la città raggiunse il suo apice con più di 1.200.000 abitanti, la popolazione del Comune di Torino è diminuita, secondo una tendenza simile a quella di tutte le principali metropoli italiane. Ciò dipende

tà nelle zone ubicate sottovento. L'aumento delle temperature durante il giorno, infatti, può favorire la formazione di smog urbano in grado di agire da nucleo di condensazione nell'atmosfera cittadina. Maggior condensazione significa maggior nuvolosità e di conseguenza maggiori precipitazioni, l'incremento stimato dei due parametri è rispettivamente del 5-10% annuo per la nuvolosità e del 10-15% annuo per le precipitazioni (Oke, 1995).

Confrontando i dati di precipitazione cumulata relativi alla serie cittadina e quelli

della stazione rurale di Caselle, si può osservare (Figura 12) come le quantità di precipitazioni annuali siano maggiori nelle stazioni a Nord della città rispetto all'area urbana. Si nota anche come l'andamento delle precipitazioni, ad eccezione di anni sporadici, sia perfettamente in linea con quello della città di Torino.

Altri autori (Landsberg, 1981, Oke, 1987) hanno proposto modelli empirici per ricavare l'isola di calore massima, ovvero la massima differenza di temperatura fra

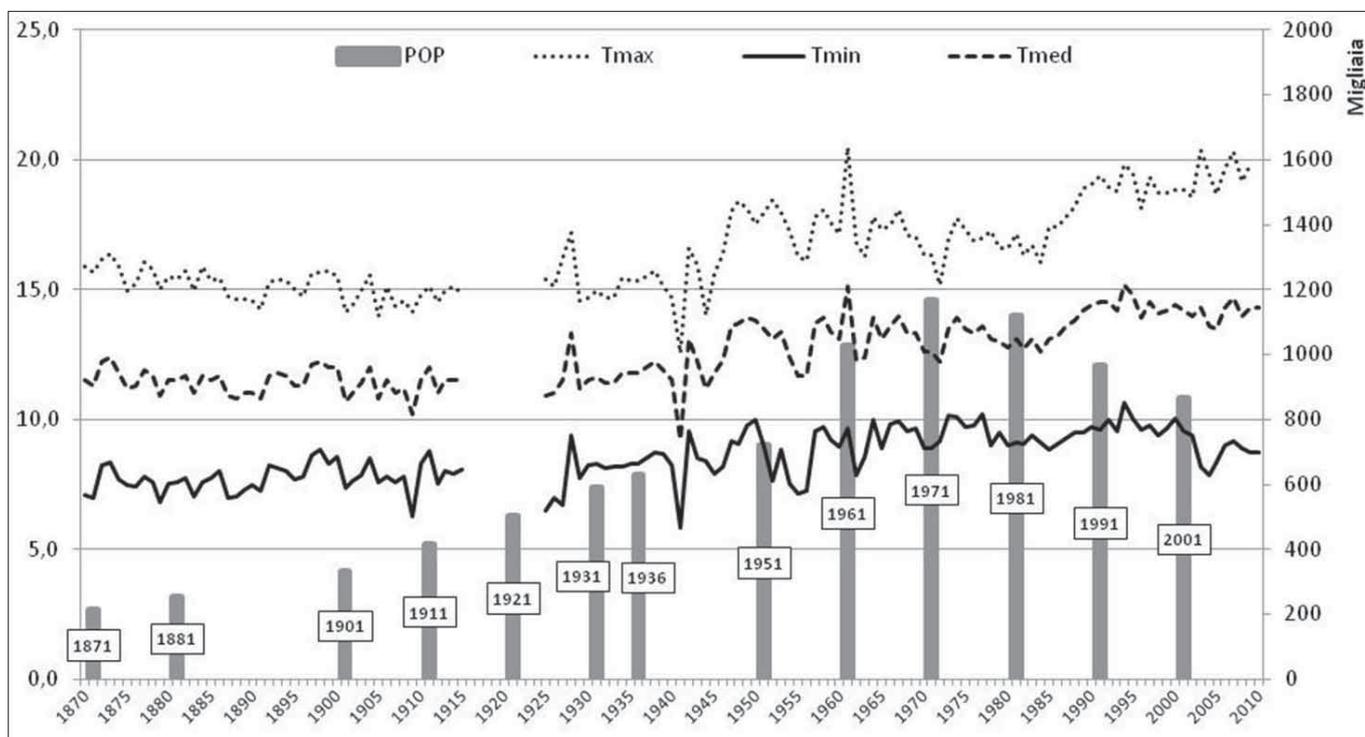


Figura 13 – Dettaglio del confronto tra i valori di temperatura e il numero di abitanti (POP).

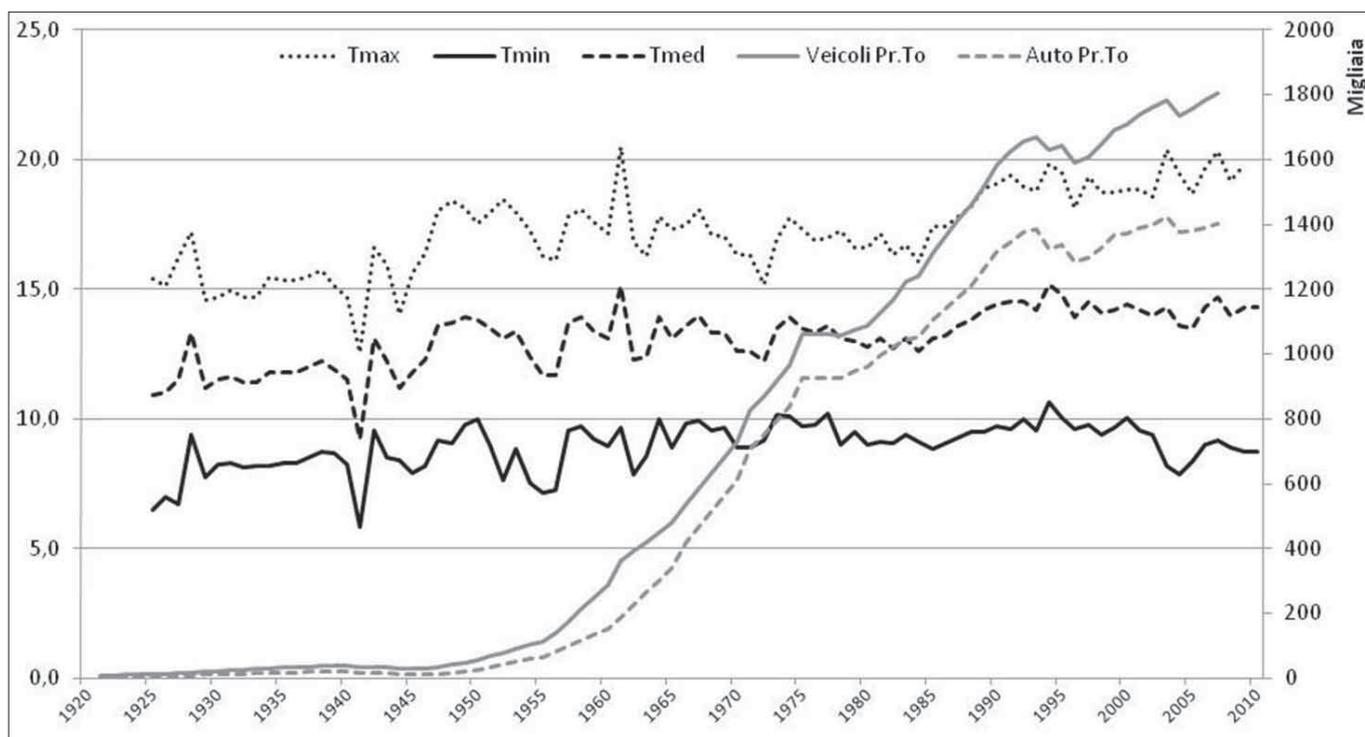


Figura 14 – Dettaglio del confronto tra i valori di temperatura e il numero di automobili e veicoli circolanti in provincia di Torino.

dal ritorno di molti immigrati nel Mezzogiorno e dagli spostamenti avvenuti da Torino verso l'area metropolitana, determinando così l'espansione dei comuni della prima e seconda cintura.

Elaborando graficamente l'andamento demografico è possibile verificare, almeno visivamente, le influenze tra i valori di temperatura (°C) e il numero di residenti nella città di Torino (Figura 13). In tale grafico si possono osservare correlazioni tra l'andamento del numero di popolazione residente nel capoluogo piemontese con l'aumento dei valori di

temperatura tra gli anni 1920 e 1970. Successivamente al picco di popolazione del 1974 ed alla decrescita cittadina la correlazione tra i fattori in esame viene persa in quanto alla diminuzione della popolazione non segue una diminuzione della temperatura.

Non ritrovando un andamento coerente tra i fattori considerati si è cercato di individuare altre ulteriori possibili cause e tra esse, oltre all'espansione urbana (causa principe dell'aumento dell'UHI), si è preso in considerazione l'aumento dei mezzi di trasporto circolanti a livello provinciale.

Nel grafico (Figura 14) sono stati messi in relazione i dati di temperatura con il numero di mezzi di trasporto nella provincia di Torino e si può notare l'esplosione del numero di vetture a partire dagli anni Sessanta in concomitanza del boom economico e lo stallo degli anni Settanta a seguito della crisi petrolifera. A partire dagli anni Ottanta si osserva la nuova esplosiva ripresa economica ed infine negli andamenti altalenanti degli ultimi 15 anni si osservano i periodi nuovamente critici per il settore. La correlazione empirica più apprezzabile in questo

grafico si ha a partire dagli anni Ottanta, quando con la crescita del numero di mezzi circolanti (1946 – 28.092; 1971 – 823.090; 1990 – 1.583.306; 2005 – 1.755.172) e l'aumento della relativa curva, si nota un andamento simile nella curva delle temperature. Negli anni successivi la correlazione osservabile nel grafico appare ancora più marcata, si posso individuare simili flessioni, sia in positivo che in negativo, in entrambe le curve.

5 CONCLUSIONI

Nel presente studio si è cercato di indagare le evidenze dell'isola di calore nella città di Torino. I risultati ottenuti mostrano come la situazione del clima urbano della capoluogo piemontese sia estremamente complessa. Infatti, mentre i risultati ottenuti mediante le elaborazioni inerenti le temperature sono comparabili con i risultati ottenuti in altri studi, la componente precipitazioni offre risultati differenti da quanto atteso.

L'IPCC ha rilasciato nel corso degli anni diversi documenti in cui si afferma che la temperatura globale media è aumentata di circa 0,7 °C dalla fine del XIX secolo e che «la maggior parte del riscaldamento osservato durante gli ultimi 50 anni è attribuibile alle attività umane» (IPCC, 2007).

L'analisi climatica effettuata sulla serie di dati meteorologici ultracentenari dalle osservazioni termo-pluviometriche ha permesso di osservare come gli aumenti registrati nei trend di temperatura siano in linea con i cambiamenti climatici in atto a livello globale.

In merito ai dati di temperatura, dal confronto urbano-rurale si registrano dei valori di ΔT_{u-r} positivi, sia per le temperature massime e sia per le temperature minime permettendo di identificare con certezza la presenza dell'isola di calore urbano. Si individuano inoltre, periodi di gelo ridotti e un aumento di giorni e notti tropicali. Un importante fattore che si rileva inoltre, è l'aumento delle temperature delle stazioni rurali e il conseguente ridursi del ΔT_{u-r} .

Infine, cercando di ipotizzare una motivazione relativa alla crescita non lineare delle temperature si è provato a ricercare le cause nella struttura urbana della città. I risultati ottenuti infatti potrebbero essere legati al tipo di sviluppo urbano che ha interessato la città, Torino infatti, non è cresciuta in maniera radiale, ma si è sviluppata per direttrici preferenziali. Questo sviluppo potrebbe aver portato alla formazione di una isola di calore ampia in estensione, ma limitata in intensità non avendo delle aree centrali "adeguatamente" distanziate dalla periferia.

Al fine di meglio comprendere l'andamento riscontrato nei valori di temperatura,

nel presente studio sono stati analizzati anche parametri socio-economici che potrebbero essere causa o fattore alimentante dell'isola di calore. Tali fattori ovviamente non sono gli unici valutabili, sicuramente tra gli altri poteva essere interessante conoscere l'aumento dell'attività industriale e comprendere l'aumento delle emissioni in atmosfera delle industrie. Nel presente studio, ovviamente, non era possibile affrontare tutte le variabili in grado di condizionare il clima di Torino essendo virtualmente infiniti i fattori di influenza, ed a tal proposito ulteriori approfondimenti sarebbero di sicuro aiuto ed interesse per meglio comprendere le dinamiche del microclima urbano torinese.

L'isola di calore urbano non ha effetti diretti e visibili sul riscaldamento globale poiché è un fenomeno su piccola scala che copre solo una frazione limitata della superficie terrestre. Nonostante ciò è necessario però ricordare che le principali fonti dei gas che sono in grado di influenzare l'effetto serra e i cambiamenti climatici sono ubicate all'interno delle aree urbane (Margelli et al., 2006). Pertanto l'analisi dei cambiamenti climatici urbani permette di individuare gli effetti che le emissioni possono manifestare su grande scala. Al momento è difficile prevedere come tali effetti realmente influiranno sul sistema del pianeta, di sicuro alcuni di essi sono, almeno in parte, già attribuibili al riscaldamento globale.

BIBLIOGRAFIA

AGUILAR, E., PETERSON, T.C., RAMÍREZ OBANDO, P., FRUTOS, R., RETANA, J.A., SOLERA, M., GONZÁLEZ SANTOS, I., ARAUJO, R.M., ROSA SANTOS, A., VALLE, V.E., BRUNET INDIA, M., AGUILAR, L., ÁLVAREZ, L., BAUTISTA, M., CASTAÑÓN, C., HERRERA, L., RUANO, E., SIANI, J.J., OBED, F., HERNÁNDEZ OVIEDO, G.I., SALGADO, J.E., VÁSQUEZ, J.L., BACA, M., GUTIÉRREZ, M., CENTELLA, C., ESPINOSA, J., MARTÍNEZ, D., OLMEDO, B., OJEDA ESPINOZA, C.E., HAYLOCK, M., NÚÑEZ, R., BENAVIDES, H. AND MAYORGA, R. (2005) - *Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and Northern South America, 1961- 2003* - Journal of geophysical research, Vol 110 Doi: 10.1029/2005Jd006119.

DI NAPOLI G. E MERCALLI L., (2008) - *Il clima di Torino: tre secoli di osservazioni meteorologiche* - Collana "Memorie dell'atmosfera" N. 7, Edizioni Società Meteorologica Subalpina.

HEINO R., (1999) - *Homogeneity of the long-term urban data records.*- Atmos. Environ. 33, pp. 3879-3883.

IPCC, (2007) - *Summary for policymakers in climate change 2007: the physical science basis* - Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.

LANDSBERG H.E., (1981) - *City climate - General climatology, world survey of climatology*, Elsevier, Amsterdam, Vol. 3: 299-334.

KLEIN TANK A. M., WJUNGAARD J. B., KONNEN G. P., BOHM R., DEMAREE G., GOICHEVA A., MILETA M., PASHIARDIS S.,

HEJKRLIK L., KERN-HANSEN C., HEINO R., BESSEMOULIN P., MULLER-WESTERMEIER G., TZANAKOU M., SZALAI S., PALSODTOTTI T., FITZGERALD D., RUBIN S., CAPALDO M., MAUGERI M., LEITASS A., BUKANTIS A., ABERFELD R., VAN ENGELEN A. F. V., FORLAND E., MIETUS M., COELHO F., MARES C., RAZUVAEV V., NIEPLOVA E., CEGNAR T., ANTONIO LOPEZ J., DAHLSTROM B., MOBERG A., KIRCHHOFER W., CEYLAN A., PACHALIUK O., ALEXANDER L. V. AND PETROVIC P. (2002) - *Daily dataset of 20th-Century surface air temperature and precipitation series for the european climate assessment* - Int. J. Climatol., 22, 1441-1453.

MARGELLI F., ROSSI S., GEORGIADIS T., (2006) - *Il riscaldamento della città* - Articolo per scienzaonline.it.

MESTRE O., GRUBER C., PRIEUR C., CAUSSINUS H., JOURDAIN S., (2011) - *Splidhom: a method for homogenization of daily temperature observations* - J. Appl. Meteor. Climatol., 50, 2343-2358.

MILLS G., (2004) - *The urban canopy layer heat island* - lauc teaching resources - lauc newsletter (international association for urban climate) Issue No. 4, April.

OKE T.R., (1987) - *Boundary layer climates* - 2Nd Editon, Routledge: New York

OKE T.R., (1995) - *The heat island characteristics of the urban boundary layer: characteristics, causes and effects.* - J.E. Cermak, A.G. Davenport, E.J. Plate, And D.X. Viegas (Eds). Wind climate in cities, pp. 81-107. Netherlands: Kluwer Academic.

RATENI A., LEUZZI G., MACCHI S., MUNAFÒ M., (2005) - *Un modello numerico per lo studio dell'isola di calore nell'area di Roma* - Atti del convegno accademia dei lincei ecosistema Roma. Roma: Bardi Ed., 101-110.

SNEYERS, (1990) - *On the statistical analysis of series of observations*, Ginevra - Nota Tecnica N° 143, Wmo, P. 192.

SOUX A, VOOGT J.A., OKE T.R., (2004) - *A model to calculate what a remote sensor 'sees' of an urban surface* - Boundary-layer meteorology, 111, 401-424.

SOVRANO PANGALLO G., (1998) - *Effetti urbani su temperatura dell'aria e precipitazioni nell'area padana* - Acqua & Aria, 9: 95-104.

STEPANEK P., (2007) - *Anclim software documentation* - Software for time series analysis (for windows). Dept. of geography, Fac. of natural sciences, Masaryk University, Brno.

VENEMA, V. K. C., MESTRE, O., AGUILAR, E., AUER, I., GUIJARRO, J. A., DOMONKOS, P., VERTACNIK, G., SZENTIMREY, T., STEPANEK, P., ZAHRADNICEK, P., VIARRE, J., MÜLLER-WESTERMEIER, G., LAKATOS, M., WILLIAMS, C. N., MENNE, M., LINDAU, R., RASOL, D., RUSTEMEIER, E., KOLOKYTHAS, K., MARINOVA, T., ANDRESEN, L., ACQUAOTTA, F., FRATIANNI, S., CHEVAL, S., KLANCAR, M., BRUNETTI, M., GRUBER, C., PROHOM DURAN, M., LIKSO, T., ESTEBAN, P., AND BRANDSMA, T. (2012) - *Benchmarking homogenization algorithms for monthly data* - Clim. Past, 8, 89-115, Doi: 10.5194/Cp-8-89-2012.

VOOGT J., (2004) - *Urban heat islands: hotter cities* - actionbioscience.org november 2004.

WMO, (1983) - *Guide to meteorological instruments and methods of observation.* - document n. 8, secretariat of world meteorological organization, Geneva, Switzerland.

WMO, (2007) - *Guide to climatological practices draft* - Third Edition, 3 May 2007, P.117.

ZHANG X. E YANG F., (2004) - *Rclimdex (1.0) User guide.* - Climate research branch environment Canada: Downsview, Ontario, Canada.

Le pietre ornamentali della nuova via Roma a Torino

VALENTINA BERRA
Dipartimento di Scienze della Terra,
Università degli studi di Torino, Torino

ALESSANDRO BORGHI
Dipartimento di Scienze della Terra,
Università degli studi di Torino, Torino

LORENZO MARIANO GALLO
Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino,
Torino

RIASSUNTO

Caratteristica peculiare di Torino è la presenza di portici monumentali interconnessi. Gli attuali 12 km di percorso sono frutto di un vasto programma, inaugurato nel tardo Cinquecento, che trova coronamento nel risanamento del rettilineo di via Roma attuato negli anni '30 del secolo scorso. L'antico asse viario, che già rivestiva un ruolo privilegiato nella geografia urbana torinese, subì un processo di demolizione integrale e di ricostruzione in chiave monumentale, vedendo il più vasto impiego di materiali lapidei ornamentali, selezionati esclusivamente tra i litotipi di provenienza italiana in ossequio alle direttive del governo centrale.

Caso unico nel panorama cittadino e di assoluta rilevanza in quello dell'architettura italiana tra le due guerre, il risanamento di via Roma, col collegamento di due progetti architettonici apparentemente agli antipodi, ma accomunati dall'uso del tutto nuovo di materiali tradizionali, ha reso necessario uno studio interdisciplinare che riannodasse il filo del discorso architettonico all'analisi sistematica di tale ricchezza litologica.

Parole chiave: pietre ornamentali, petrografia, rilievo architettonico, Torino

1 INTRODUZIONE

Lo stile e i materiali dell'architettura hanno da sempre caratterizzato ogni città, raccontandone la ricchezza culturale e la prosperità economica, la vastità dell'orizzonte politico e l'intensità del loro rapporto col territorio. Torino, osservata da questo punto di vista, si rivela assai più complessa e multiforme di quanto generalmente rilevato dal senso comune, che la liquida sovente come città del barocco, o al più come motore politico dell'unità italiana o di certi suoi settori industriali circoscritti.

Seppur minoritario, l'impiego dei materiali lapidei recita una parte importante nell'architettura torinese: in tal senso emerge sugli altri il caso del risanamento di Via Roma, dove la pietra è indiscussa protagonista.

Ad un passo dal settantacinquesimo anniversario della ricostruzione della via,

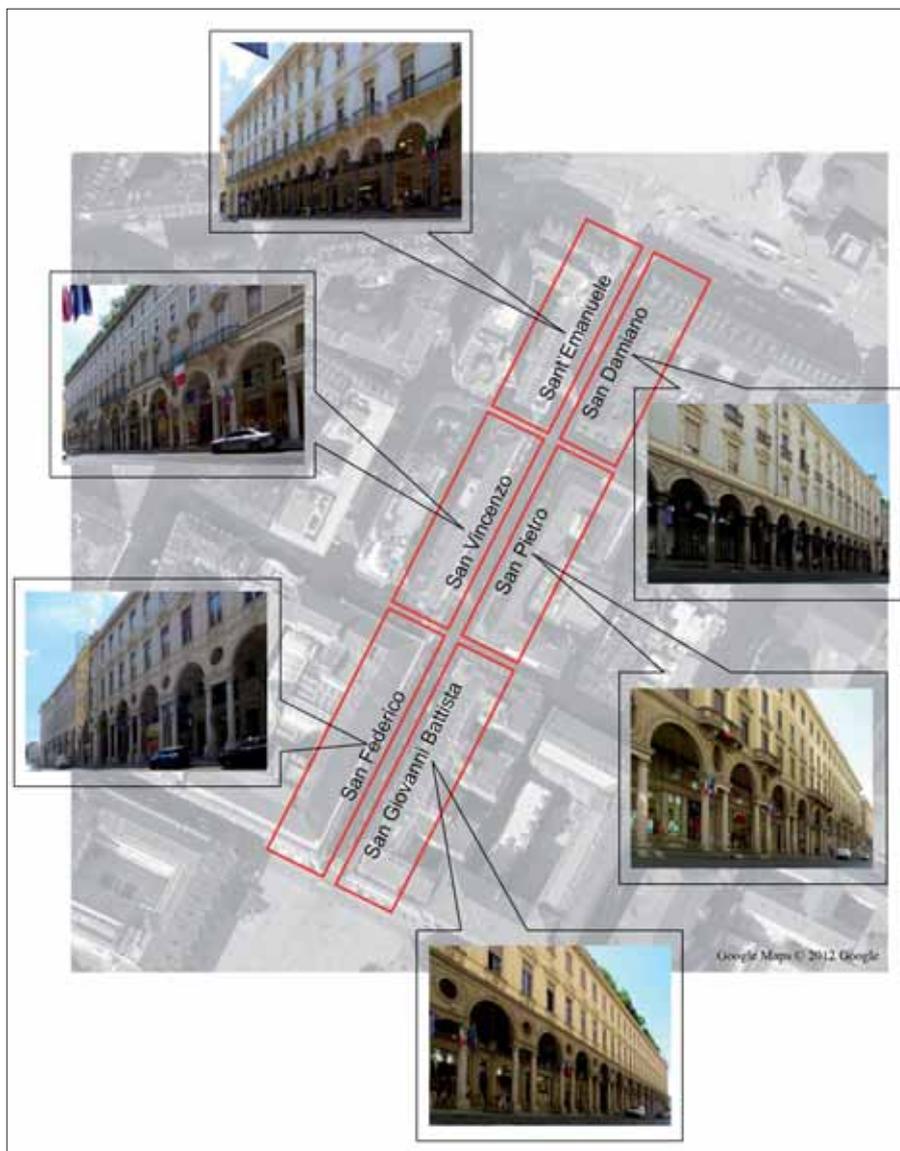


Figura 1 – Le strisce di facciata del primo tratto di via Roma

che ricorrerà nel prossimo ottobre, è stata effettuata un'indagine dei manufatti architettonici e dei complessi monumentali passante per l'identificazione dei materiali lapidei posti in opera. Accoppiando la caratterizzazione petrografica delle rocce al rilievo architettonico degli edifici è stato possibile semplificare l'identificazione dei diversi materiali per consentirne la fruizione anche da parte di un'utenza non esperta.

Lo studio di queste risorse è di fondamentale importanza per l'impostazione di azioni di

conservazione e restauro corrette e coerenti, oltre che per rimediare alla leggerezza con cui in passato si sono operate sostituzioni e modifiche compromissorie. Solo recentemente si è iniziato a prendere coscienza della necessità del riavvicinamento delle competenze del petrografo e del progettista dell'intervento di restauro e dell'opportunità d'impiego di materiali identici a quelli originari, una volta identificata la località di provenienza (FIORA ET AL., 2002; FIORA, CARANDO, 2008).

La stretta connessione della vicenda di via Roma con le dinamiche di una fase cru-

ziale del ciclo politico, industriale e sociale italiano giustificano il vivo interesse che le sue circostanze hanno già suscitato in più di un ambito disciplinare. Oggi uno studio sistematico delle litologie d'impiego nella "via di pietra" torinese per eccellenza rappresenta una modalità di lettura alternativa della storia del territorio.

2 VICENDE STORICHE

L'importanza dell'asse di via Roma non va ricercata esclusivamente nella sua storia recente, ma risale ai disegni di grandezza di Emanuele Filiberto (BIZZARRI, 1928; POLETTI, 2004). Il duca voleva una nuova via ampia e diritta, a collegamento del suo palazzo con le mura cittadine, su cui incardinare il rinnovamento e l'espansione di Torino all'infuori dei suoi angusti confini medievali (SILVESTRINI, 1998; COMOLI MANDRACCI, 1998). Compiuta nella prima metà del Seicento, ma senza portici per ragioni pratiche ed economiche, la via venne man mano arricchita di elementi monumentali e scenografici, quali gli affacci delle piazze porticate in cui si immetteva, le chiese gemelle di San Carlo e Santa Cristina e infine l'attestamento della stazione ferroviaria (CALDERA, 1995; BOFFA TARLATA, 2001).

Con l'aumento sempre più rapido della popolazione, nell'Ottocento, la via divenne insufficiente al moltiplicarsi del traffico di uomini e veicoli e l'ipotesi di un eventuale allargamento cominciò ad essere discussa. Dopo anni di dibattiti infruttuosi la questione del risanamento si impose quale misura anti-crisi in seguito al tracollo del '29, volta all'impiego e all'inquadramento del maggior numero di disoccupati possibile e alla trasformazione della rendita fondiaria di una zona divenuta ormai centrale (GABETTI, RE, 1969; COMOLI MANDRACCI, 1983).

Il risanamento comportò l'abbattimento totale di sei isolati per il tratto compreso tra le piazze Castello e San Carlo e di quattro tra le piazze San Carlo e Carlo Felice, nonché la demolizione parziale dei due isolati affacciati sulla piazza della stazione (RE, 1992).

La ricostruzione del primo tratto venne completata tra il 1931 ed il 1933, sulla scorta di un piano regolatore generale redatto dal Comune e la prescrizione di uno stile neobarocco per le nuove costruzioni (FIG. 1) (MOGLIA, 1995a; OSELLO, 2001a). Per il secondo tratto invece, dopo un concorso sfociato in un nulla di fatto, l'architetto Marcello Piacentini definì forme, volumi e materiali dei nuovi edifici, affidandosi a un linguaggio razionalista carico di reminescenze classiche (FIG. 2). Il tratto venne inaugurato nell'ottobre del 1938, dopo poco più di tre anni di lavori (PIACENTINI, 1936; MELIS, 1938; MOGLIA, 1995b; OSELLO, 2001b).

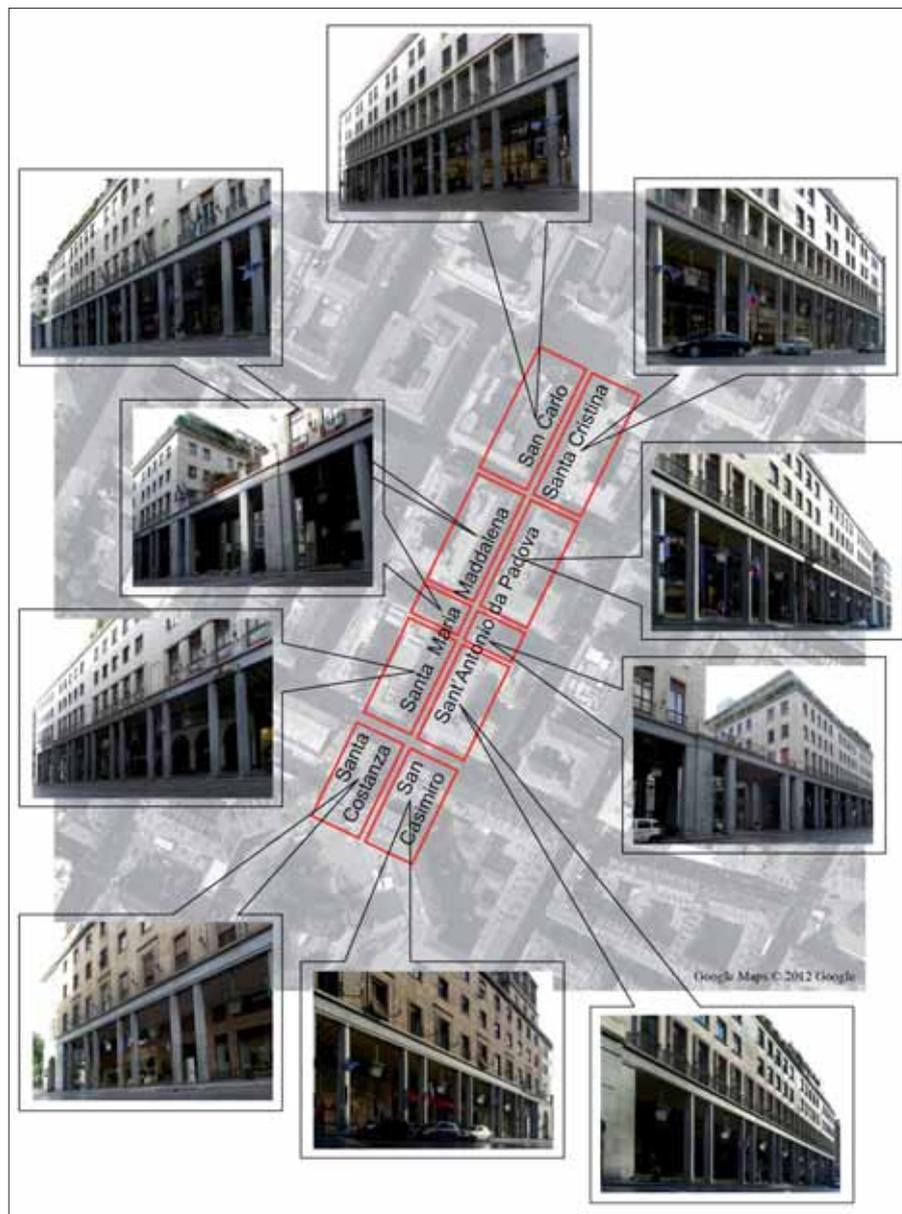


Figura 2 – Le strisce di facciata del secondo tratto di via Roma

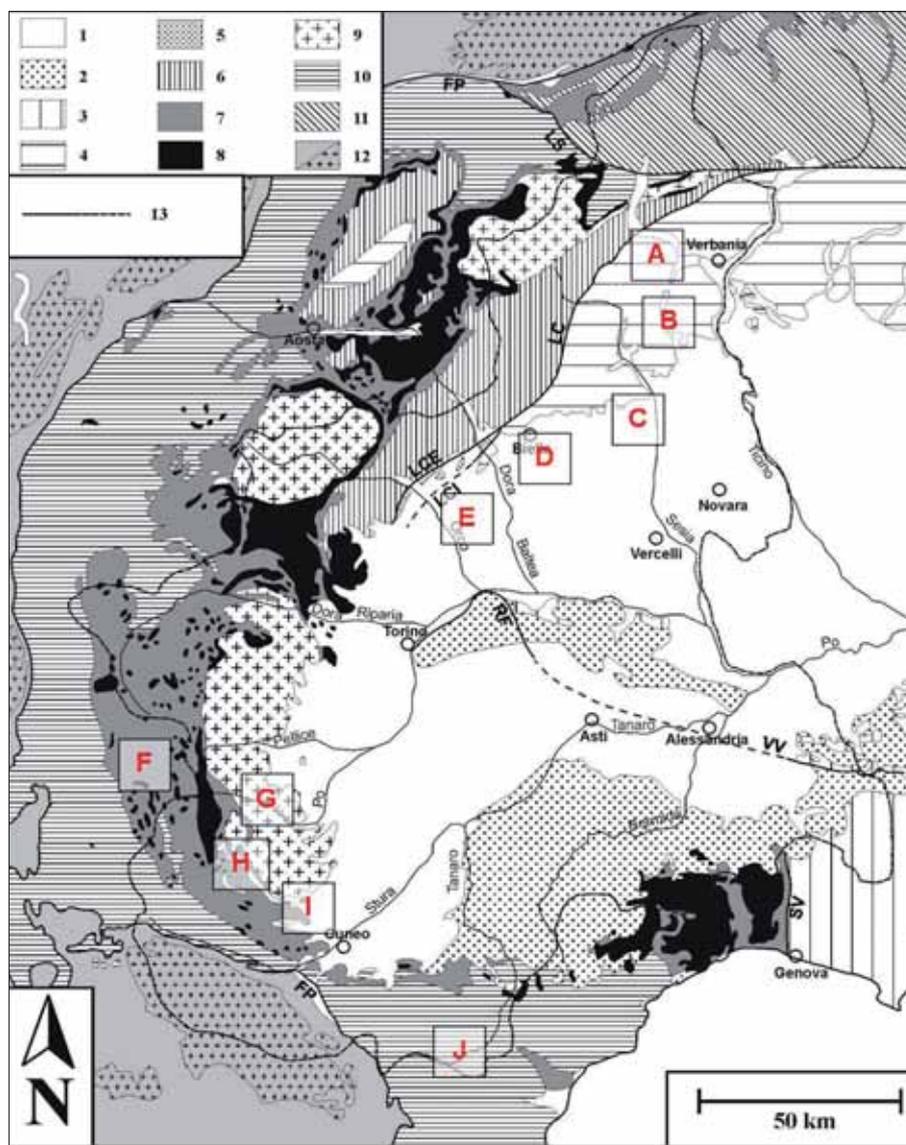
Le operazioni non soltanto risolsero i problemi igienici e distributivi che via Roma presentava, ma ne riscrissero anche il significato, ribadendo l'antico concetto di *via militaris*, che la retorica del Regime incoraggiava, e investendola del ruolo di congiunzione dei percorsi del passeggio e del commercio di lusso (RE, 1980; COMOLI MANDRACCI, 1983).

I due tratti di via, per quanto diversi dal punto di vista formale, progettuale e nei materiali impiegati, furono accomunati dall'indicazione di utilizzare pietre di esclusiva provenienza italiana, in un anticipo dell'indirizzo politico autarchico che si sarebbe affermato in termini di legge soltanto dopo la guerra d'Etiopia. Al di là della meravigliosa vetrina per l'alta moda o per le grandi compagnie assicurative e industriali in cui via Roma intendeva trovare il suo nuovo significato commerciale e propagandistico, la ricchezza compositiva dei portici voleva essere un monumento all'ingegno artistico

e alla bellezza ritrovata dei materiali, del Piemonte e dell'Italia (FIGG. 3 e 4), per cui il Fascismo aveva reperito risorse economiche, tecnologiche e generato un mercato (POLETTI, 2003).

3 GLI ELEMENTI STRUTTURALI E DECORATIVI DI VIA ROMA

Nel primo tratto della nuova via Roma, tra elementi strutturali e mera decorazione, si conta l'impiego di ben 23 litotipi (TAB. 1), ma si ritrova una corrispondenza tra le caratteristiche meccaniche dei materiali e la loro destinazione solo laddove i professionisti coinvolti dimostrarono sensibilità personale e competenza sull'argomento. I materiali infatti furono scelti unicamente in funzione della loro gradevolezza estetica, riproponendo acriticamente i procedimenti della decorazione d'interni (BERRA, 2011). Emblematico è il caso dell'isolato di Sant'Emanuele (FIG. 5), il primo sulla destra spalle a piazza Castello, che vede l'impiego di nove



1. Depositi terrigeni post-orogenici, continentali e marini, di età da Plio-Pleistocenica a Quaternaria; 2. Depositi torbidici tardo orogenici di avansfossa di età Oligo-Mioceica; 3. Catena appenninica; 4. Dominio sudalpino; 5. Zona del canavese; 6. Dominio austroalpino; 7-11. Dominio pennidico; 7. Falda piemontese esterna; 8. Falda piemontese interna; 9. Massici cristallini interni; 10. Zona Brianzonese; 11. Unità pennidiche inferiori; 12. Dominio elvetico; 13. Linee tettoniche.

FP. Fronte pennidico; LS. Linea del Sempione; LCE. Linea esterna del canavese; LCI. Linea interna del canavese; SV. Linea Sestri Voltaggio; RF. Linea Rio Freddo; VV. Linea Villalvernia Varzi.

A. Serizzo di Antigorio; **B.** Diorite di Anzola; **C.** Graniti dei Laghi (Alzo, Roccapietra, Montorfano, Baveno, Mottarone); **D.** Sienite della Balma; **E.** Diorite di Vico Canavese; **F.** Verde di Cesana; **G.** Gneiss di Malanaggio; **H.** Pietra di Luserna; **I.** Quarzite di Barge; **J.** Bardiglio di Moncervetto.

Figura 3 – Pietre di provenienza piemontese

diversi materiali lapidei: colonnato in diorite di Vico Canavese, rivestimento interno in Botticino e Rosso di Verona, arcate che sovrastano il colonnato e testate in travertino di Rapolano, pietra di Vicenza e gneiss di Malanaggio, pavimentazione in bardiglio di Moncervetto, Verde della Roja e pietra di Trani. La rappresentazione grafica delle strisce porticate mediante il rilievo consente di individuare facilmente le superfici trattate con l'uno o con l'altro materiale. Emerge chiaramente come l'impiego delle rocce sia stato condotto a prescindere dalle loro caratteristiche determinando, a fronte dell'en-

tità dell'investimento e della portata delle aspirazioni, un superamento inadeguato della prova del tempo, come testimoniato, dopo appena tre quarti di secolo, dal decozionamento del Verde della Roja, dalle alterazioni cromatiche e dalle fratture del Rosso di Verona, della pietra di Trani e del bardiglio di Moncervetto.

Una previsione di questa tesi emergeva già chiaramente dall'analisi molto dettagliata che fece Luigi Peretti nel 1937 (PERETTI, 1937): le fotografie a corredo del suo lavoro mostravano una strada splendente nei suoi materiali nuovi, ma le pa-

Tabella 1 - Dettaglio delle pietre ornamentali impiegate negli isolati del primo tratto

S. Damiano	Travertino Sienite della Balma Pietra di Trani Bardiglio delle Apuane Pietra di Luserna
S. Emanuele	Pietra di Vicenza Travertino Botticino Diorite di Vico Canavese Rosso di Verona Gneiss di Malanaggio Pietra di Trani Verde della Roja Bardiglio di Moncervetto
S. Pietro	Trachite degli Euganei Granito rosa di Baveno Botticino Pietra di Luserna Sienite della Balma Granito rosso del Mottarone
S. Vincenzo	Pietra d'Istria Pietra di Trani Granito bianco di Montorfano
S. Giovanni Battista	Granito rosa di Baveno Trachite degli Euganei Pietra di Chiampo Sienite della Balma Granito bianco dei Laghi Granito rosa di Baveno
S. Federico	Rosso Levante Pietra di Finale Bardiglio delle Apuane

Tabella 2 - Dettaglio delle pietre ornamentali impiegate negli isolati del secondo tratto

S. Cristina	Serizzo di Antigorio Sienite della Balma Granito bianco dei Laghi
S. Carlo	Serizzo di Antigorio Sienite della Balma Granito bianco dei Laghi
S. Antonio da Padova	Serizzo di Antigorio Sienite della Balma Granito bianco dei Laghi Travertino
S. Maria Maddalena	Serizzo di Antigorio Sienite della Balma Granito bianco dei Laghi Diorite di Anzola
S. Casimiro	Serizzo di Antigorio Pietra di Finale Quarzite di Barge Gneiss di Malanaggio Pietra di Luserna
S. Costanza	Serizzo di Antigorio Travertino Quarzite di Barge Gneiss di Malanaggio Pietra di Luserna

role dell'autore tradivano la completa noncuranza nei confronti delle problematiche meccaniche insite nell'adozione di alcuni litotipi.

Nel secondo tratto, al contrario, il controllo serrato della congruenza e delle condizioni di impiego di un numero ristretto di materiali, ridotti a soli nove (TAB. 2) in totale e quasi esclusivamente ad elevata

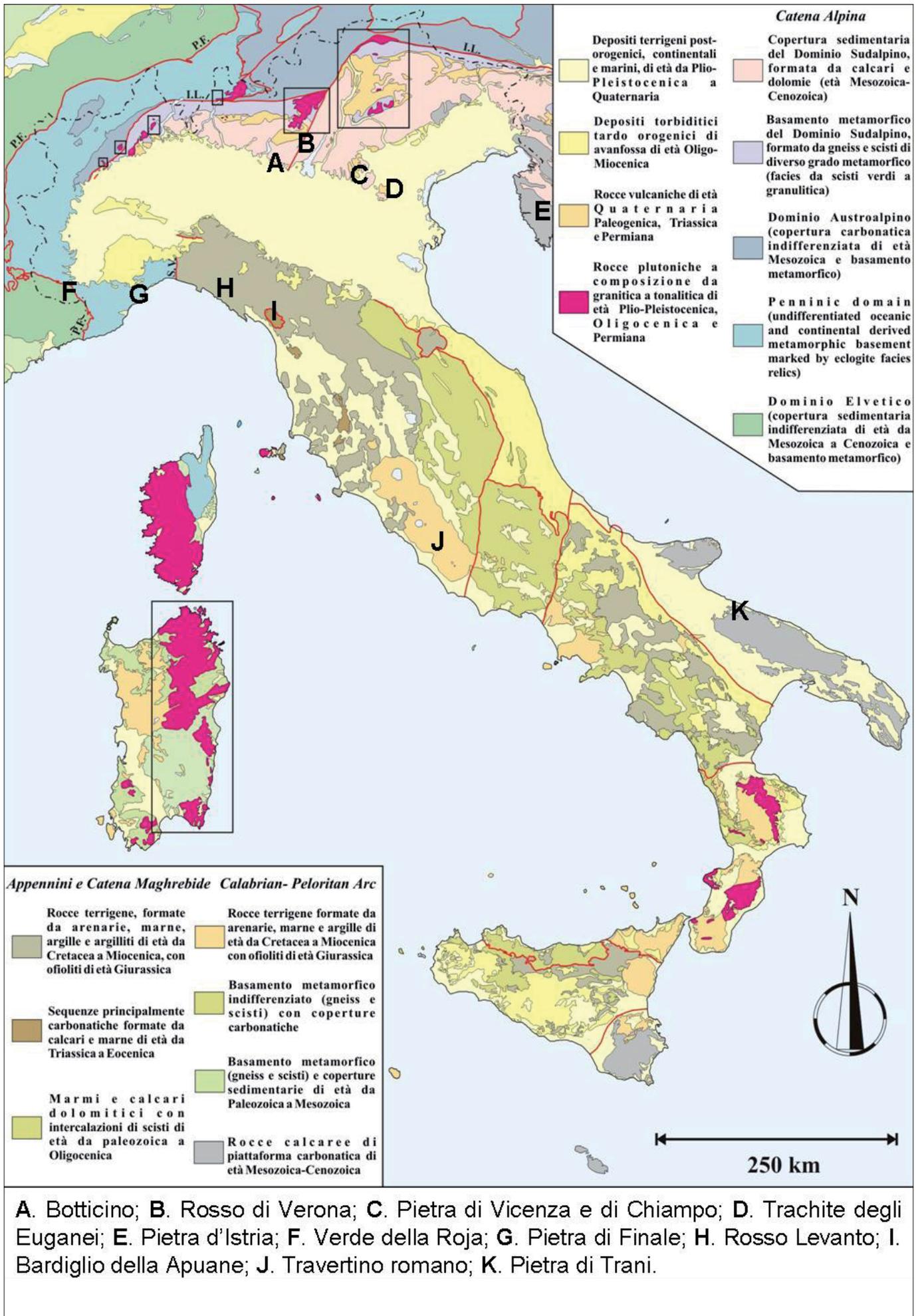


Figura 4 – Pietre di provenienza italiana

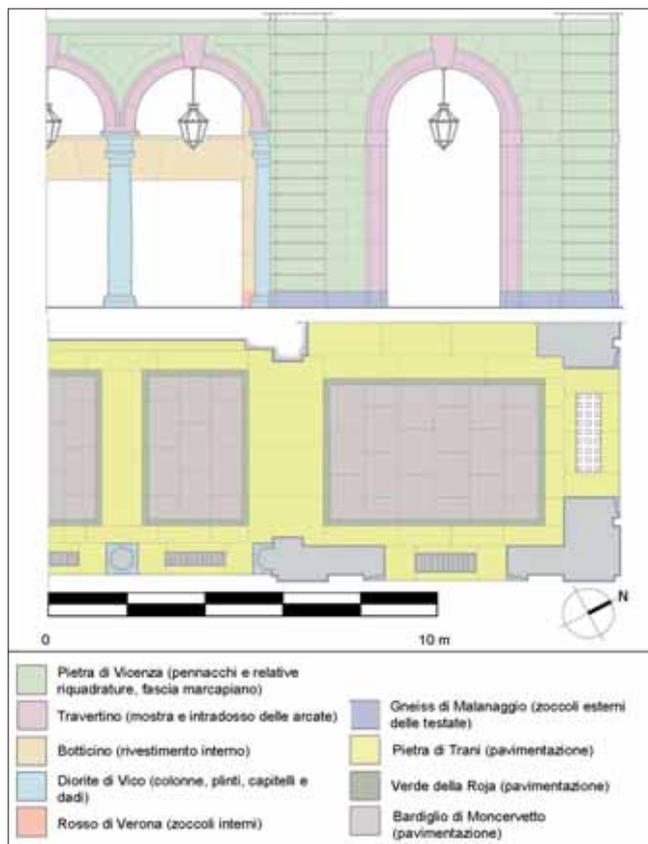


Figura 5 – Rilievo in pianta e alzato della testata su piazza Castello dell'isolato di Sant'Emanuele

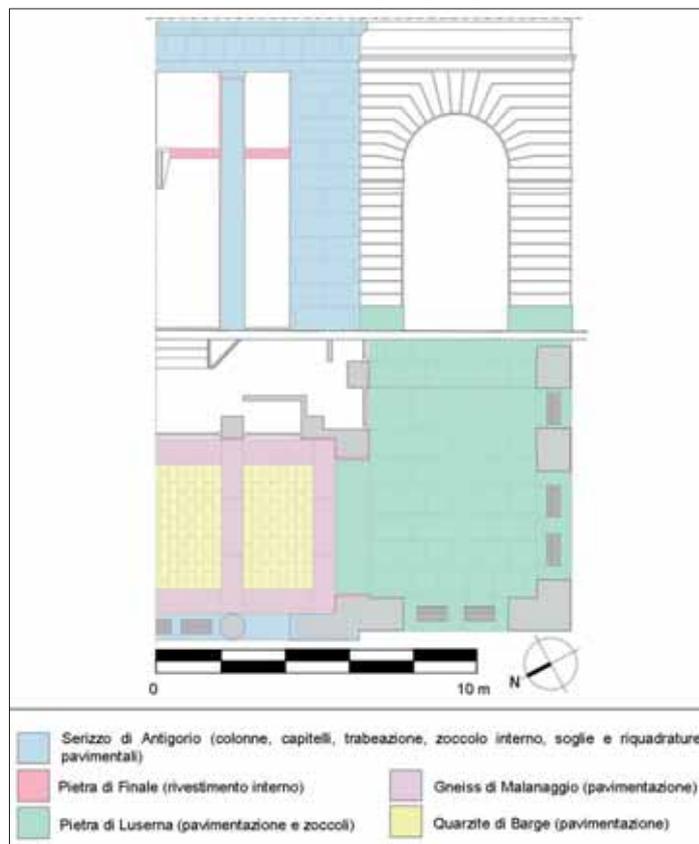


Figura 6 – Rilievo in pianta e alzato della testata su piazza Carlo Felice dell'isolato di San Casimiro

resistenza, fu un requisito fortemente perseguito. Frutto di questa attenzione è il mantenimento della fisionomia dei fronti monumentali pressoché intatta. Se paragonati a quelli impiegati nell'isolato di Sant'Emanuele, i materiali presenti lungo i portici di questo segmento della via sono stati maggiormente studiati in funzione delle loro caratteristiche e delle modalità d'impiego: serizzo di Antigorio nel colonnato, sienite della Balma, granito bianco dei Laghi, diorite di Anzola, quarzite di Barge, gneiss di Malanaggio e pietra di Luserna nei pavimenti, travertino e pietra di Finale nei rivestimenti interni (FIG. 6).

4 CONCLUSIONI

Oggi, alla luce di queste considerazioni, possono prendere l'avvio ulteriori studi, fondati su un rilievo del degrado, con l'obiettivo di pianificare coerentemente sul lungo periodo interventi manutentivi e adattamenti funzionali. Nel secondo tratto, ad esempio, nonostante l'elevata attenzione dei primi progettisti, sono stati realizzati interventi conservativi di scarsa sensibilità nei confronti dei materiali lapidei, quali la scialbatura della pietra di Finale, la sostituzione dell'originario travertino con materiale analogo, ma occluso nei pori, la sostituzione di lastre di serizzo di Antigorio con un granito sardo, hanno modificato l'aspetto dei rivestimenti del sottoportico.

Una più incisiva collaborazione interdisciplinare di più figure professionali – tecnici della conservazione, architetti, ingegneri, restauratori – disposte ad ascoltarsi e a collaborare, per inserirsi con intelligenza in contesti complessi e stratificati, rimane pertanto fondamentale.

BIBLIOGRAFIA

- BIZZARRI D. (1928) *Torino ai tempi di Emanuele Filiberto*. Torino, rivista municipale. 7-8 (VIII).
- BERRA V. (2011). *Rilievo architettonico e caratterizzazione petrografica dei percorsi porticati tra piazza Castello e Piazza Carlo Felice*. Tesi di laurea magistrale in scienze per i beni culturali, facoltà di scienze matematiche, fisiche e naturali, Università degli Studi di Torino.
- BOFFA TARLATA E. (2001). *Piazza Carlo Felice*. In: Il disegno dei portici a Torino. Celid, Torino.
- CALDERA C. (1995). *La testata neoclassica di piazza Carlo Felice del lombardi*. In: Torino nell'ottocento e nel novecento: ampliamenti e trasformazioni entro la cerchia dei corsi napoleonici. Celid, Torino.
- COMOLI MANDRACCI V. (1983). *Torino*. Editori Laterza, Roma-Bari.
- COMOLI MANDRACCI V. (1998). *Storia di Torino. III. Dalla dominazione francese alla ricomposizione dello stato (1536-1630)*. Giulio Einaudi Editore, Torino.
- FIORA L., ALCIATI L., BORCHI A., CALLEGARI G., DE ROSSI A. (2002) – *Pietre piemontesi storiche e contemporanee*. In: L'informatore del marmista. 489 (50-59), 490 (26-34), 491 (36-41).
- FIORA L., CARANDO M. (2008) - *Pietre di Torino*. www.pietreditorino.it.
- GABETTI R., RE L. (1969). *Via Roma nuova a Torino*. Torino, rivista bimestrale del comune. 4-5.

MELIS A. (1938). *La ricostruzione del secondo tratto di via Roma a Torino. L'architettura italiana*, periodico mensile di architettura tecnica. XXXIII (dicembre 1938/XVII).

MOGLIA G. (1995A). *Il risanamento novecentesco del tratto settentrionale di via Roma*. In: Torino nell'ottocento e nel novecento: ampliamenti e trasformazioni entro la cerchia dei corsi napoleonici. Celid, Torino.

MOGLIA G. (1995B). *Il risanamento novecentesco del tratto meridionale di via Roma*. In: Torino nell'ottocento e nel novecento: ampliamenti e trasformazioni entro la cerchia dei corsi napoleonici. Celid, Torino.

OSELLO A., (2001A). *Via Roma primo tratto*. In: Il disegno dei portici a Torino. Celid, Torino.

OSELLO A. (2001B). *Via Roma secondo tratto*. In: Il disegno dei portici a Torino. Celid, Torino.

PERETTI L. (1937). *Pietre da costruzione e da ornamentazione nel primo tratto della nuova via Roma a Torino*. Estratto da marmi, pietre, graniti. 6 (XV).

PIACENTINI M. (1936). *Architettura e urbanistica*. Torino, rivista mensile municipale. 12 (XVI).

POLETTI M. S. (2003). *Via Roma nuova a Torino: dalle proposte di abbellimento al piano di ristrutturazione urbanistica*. In: L'architettura nelle città italiane nel XX secolo: dagli anni venti agli anni ottanta. Jaka Book, Milano.

POLETTI M. S. (2004). *Torino da capitale politica a capitale dell'industria*. Asct collana blu, Torino.

RE L. (1980). *Problemi e fatti urbani dal 1920 al 1945*. In: Torino città viva, da capitale a metropoli (1880-1980). Centro studi piemontesi, Torino.

RE L. (1992). *Torino. Via Roma*. Lindau, Torino.

SILVESTRINI M. T. (1998). *Storia di Torino. III. Dalla dominazione francese alla ricomposizione dello stato (1536-1630)*. Giulio Einaudi Editore, Torino.



Società Italiana di Geologia Ambientale

Casella Postale 2449 U.P. Roma 158

Tel./fax 06.5943344

E-mail: info@sigeaweb.it

http://www.sigeaweb.it

DOMANDA DI AMMISSIONE ALLA SIGEA – da inviare tramite e-mail o Casella Postale

Il sottoscritt (cognome) _____ (nome) _____

nat a _____ il _____

laurea/diploma in _____

professione _____

ente di appartenenza _____

indirizzo d'ufficio (1) _____

_____ tel. _____ fax _____

indirizzo privato (1) _____

_____ tel. _____ fax _____

E-mail: _____

chiede di essere ammesso in qualità di socio (2) _____ alla SIGEA.

Le sue esperienze principali nel campo della Geologia Ambientale sono (indicare parole chiave):

I suoi interessi principali nel campo della Geologia Ambientale sono:

_____ (data)

_____ (firma)

(1) Indicare Via/Piazza, numero civico, CAP, città, sigla Provincia. Segnare con un asterisco l'indirizzo al quale deve essere inviata la rivista Geologia dell'Ambiente e la corrispondenza.

(2) La qualità di socio si acquisisce su domanda del candidato e per approvazione del Consiglio Direttivo.

Possono diventare soci ordinari solo le persone che hanno almeno tre anni effettivi di esperienza nel campo della Geologia Ambientale, documentati mediante curriculum da allegare. Possono diventare soci aderenti le persone che hanno interesse per la Geologia Ambientale. La quota associativa annuale è unica, ai sensi del nuovo Statuto adottato nel 2013; per il 2014 è di euro 30,00. I versamenti a favore della SIGEA possono essere effettuati mediante:

- CC Postale n. 86235009 Roma;
- Banco Posta, tramite codice IBAN: IT 87 N 07601 03200 000086235009 (anche on line).

Secondo lo statuto della SIGEA il rinnovo della quota va effettuato **entro il 31 marzo di ogni anno**.

Per i nuovi soci, la quota di iscrizione pagata dal 1° novembre in poi è valida per l'anno successivo

Informativa ai sensi dell'art. 13 del d.lgs. 196/2003 (Codice in materia di trattamento dei dati personali)

Ai sensi dell'art. 13 del d.lgs.196/2003, Le forniamo le seguenti informazioni.

I dati da lei forniti verranno utilizzati da SIGEA nel pieno rispetto della normativa citata.

I dati saranno oggetto di trattamento in forma scritta e/o supporto cartaceo, elettronico e telematico; i dati, previo Suo consenso, verranno utilizzati per le future informazioni delle attività della Sigea tramite supporti cartacei e/o elettronici.

L'interessato potrà godere dei diritti assicurati dall'art. 7 (Diritto di accesso ai dati personali ed altri diritti) e dall'art. 8 (Esercizio dei diritti) del d.lgs. 196/2003. Titolare del trattamento è SIGEA.

FORMULA DI ACQUISIZIONE DEL CONSENSO DELL'INTERESSATO

Il/La sottoscritto/a, acquisite le informazioni fornite dal titolare del trattamento, ai sensi dell'art.13 del d.lgs. 196/2003, dichiara di prestare il proprio consenso al trattamento dei dati personali per i fini indicati nella suddetta normativa.

Luogo e data _____

Firma _____

La **SIGEA** è un'associazione culturale senza fini di lucro, riconosciuta dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare come "associazione di protezione ambientale a carattere nazionale" con decreto 24 maggio 2007 (G.U. n. 127 del 4/6/2007). Agisce per la promozione del ruolo delle Scienze della Terra nella protezione della salute e nella sicurezza dell'uomo, nella salvaguardia della qualità dell'ambiente naturale ed antropizzato e nell'utilizzazione più responsabile del territorio e delle sue risorse.

È aperta non solo ai geologi, bensì a tutte le persone e agli Enti (persone giuridiche) che hanno interesse alla migliore conoscenza e tutela dell'ambiente.

La **SIGEA** è stata costituita nel maggio 1992 a Roma da 19 Soci fondatori (geologi, ingegneri, architetti, geografi) esperti o cultori di Geologia Ambientale; conta oggi più di 800 iscritti.

Possono far parte di **SIGEA**, in qualità di soci, persone fisiche o giuridiche.

Cosa fa SIGEA

- **favorisce** il progresso, la valorizzazione e la diffusione della Geologia Ambientale, mediante gli "eventi" sotto riportati, la rivista trimestrale "Geologia dell'Ambiente" e il sito web;
- **promuove** il coordinamento e la collaborazione interdisciplinare nelle attività conoscitive ed applicative rivolte alla conoscenza e tutela ambientale; per questo scopo ha costituito le Aree tematiche: "Patrimonio Geologico", "Dissesto Idrogeologico", "Gestione delle Coste", "Idrogeologia" (con riferimento anche alle tematiche Bonifica siti inquinati e Geotermia), "Infrastrutture e Territorio";
- **opera** sull'intero territorio nazionale nei settori dell'educazione e divulgazione, della formazione professionale, della ricerca applicata, della protezione civile e in altri settori correlati con le suddette finalità, attivandosi anche mediante le sue Sezioni regionali;
- **organizza** corsi, convegni, escursioni di studio, interventi sui mezzi di comunicazione di massa;
- **svolge attività di divulgazione scientifica** in vari campi d'interesse della Geologia Ambientale, fra cui la conservazione del Patrimonio Geologico: ad esempio, in collaborazione con *ProGEO (European Association for Conservation of Geological Heritage)*, ha organizzato il 2° Symposium internazionale sui geotopi tenutosi a Roma nel maggio 1996 e il 7° Symposium sullo stesso argomento a Bari nel settembre 2012; inoltre è attiva per svolgere studi, censimenti e valorizzazione dei geositi e per creare collaborazioni con altre realtà europee afferenti a ProGEO;
- **svolge attività di formazione:** organizza corsi e convegni di aggiornamento professionale o di divulgazione su tematiche ambientali, quali previsione, prevenzione e riduzione dei rischi geologici, gestione dei rifiuti, bonifica siti contaminati, studi d'impatto ambientale, tutela delle risorse geologiche e del patrimonio geologico, geologia urbana, pianificazione territoriale, pianificazione del paesaggio, contratti di fiume ecc.; inoltre rende disponibili per i soci le pubblicazioni degli Atti dei convegni SIGEA;
- **informa** attraverso il periodico trimestrale "Geologia dell'Ambiente", che approfondisce e diffonde argomenti di carattere tecnico-scientifico su tematiche geoambientali di rilevanza nazionale e internazionale; la rivista è distribuita in abbonamento postale ai soci e a Enti pubblici e privati;
- **interviene** sui mezzi di comunicazione di massa, attraverso propri comunicati stampa, sui problemi attuali che coinvolgono l'ambiente geologico;
- **collabora** con gli Ordini professionali, con il mondo universitario e con altre Associazioni per lo sviluppo delle citate attività, in particolare nella educazione, informazione e formazione ambientale: con CATAP (Coordinamento delle Associazioni Tecnico-scientifiche per l'Ambiente e il Paesaggio) cui SIGEA aderisce, Associazione Idrotecnica Italiana, Federazione Italiana Dottori in Agraria e Forestali, Alta Scuola (Scuola di alta specializzazione e centro studi per la manutenzione e conservazione dei centri storici in territori instabili), Italia Nostra, Legambiente, WWF, ProGEO ecc.

