

GEOLOGIA

TECNICA & AMBIENTALE



CONSIGLIO NAZIONALE
DEI GEOLOGI

In questo numero

Proposta di correlazione tra
Nspt e coesione non drenata

Ricostruzione 3D
dell'architettura del
sottosuolo dell'area urbana
di Caserta

SIN Brescia - Caffaro:
risultati monitoraggio
acque sotterranee

La carta della potenzialità
geotermica a bassa entalpia
della Regione Puglia



TRACK PILE[™]

La rivoluzione nel mondo dei micropali

MICROPALI A PRESSIONE PER EDIFICI E STRUTTURE DI NUOVA COSTRUZIONE

BREVETTO EUROPEO DEPOSITATO

TRACK PILE[™] è una tecnologia rivoluzionaria che permette di infiggere i micropali a pressione a profondità elevate e con tempistiche straordinariamente brevi.

PRINCIPALI CAMPI DI APPLICAZIONE

- Fondazioni di qualsiasi tipologia
- Pavimentazioni industriali
- Manti stradali in calcestruzzo
- Basamenti in calcestruzzo
- Ponti autostradali e ferroviari
- Piste aeroportuali ed eliportuali

SOPRALLUOGHI
E PREVENTIVI
GRATUITI
IN TUTTA ITALIA

Numero Verde
800-222273

novatek.it



SKY
SURVEY
SYSTEM

Servizi Tecnici con drone



Dal 2010 Sky Survey System propone servizi innovativi attraverso l'uso di droni. Lo staff tecnico è composto da Geologi e Cartografi con esperienza pluridecennale in Italia e all'estero.

Prima azienda in Sardegna autorizzata alle operazioni critiche ENAC n°6781



A CHI CI RIVOLGIAMO

OPERATORI PUBBLICI E PRIVATI

Offriamo servizi e consulenze su problematiche a piccola o grande scala in svariati settori: Industria, Estrazioni minerarie, Cementerie, Archeologia, Pianificazione territoriale, Studi di Ingegneria e Architettura, Geometri, Geologi, Sicurezza.



I NOSTRI VANTAGGI

- ✓ Voli a bassa quota per dati più precisi
- ✓ Rapidità di intervento
- ✓ Facilità di trasporto del sistema anche in luoghi difficilmente accessibili
- ✓ Preventivi modulabili in base alle esigenze
- ✓ Volare in condizioni di nuvolosità intensa
- ✓ Dati georeferenziati e misurabili
- ✓ Staff tecnico composto da tecnici di esperienza pluridecennale



Via Thomas Edison, snc
09047 - Selargius (CA)



+39 329 4961032



info@skyss.it



www.skyss.it



Trattamento e smaltimento rifiuti

Bonifica e riqualificazione di grandi aree inquinate



1987-2017

30 anni di Sensibilità Ambientale



Laboratorio di analisi chimiche

Consulenza ambientale, salute e sicurezza



www.gesteco.it



GEOLOGIA

TECNICA & AMBIENTALE

Quadrimestrale dell'Ordine Nazionale dei Geologi
N. 1/2017

DIRETTORE RESPONSABILE

Alessandro Reina

COMITATO DI REDAZIONE

Francesco Peduto, Vincenzo Giovine,
Arcangelo Francesco Violo, Raffaele Nardone,
Antonio Alba, Domenico Angelone, Lorenzo Benedetto,
Alessandra Biserna, Adriana Cavaglià, Luigi Matteoli,
Gabriele Ponzoni, Alessandro Reina, Paolo Spagna,
Fabio Tortorici, Tommaso Mascetti

COMITATO SCIENTIFICO

Eros Aiello, Vincenzo Simeone, Guido Giordano, Antonio Martini,
Giulio Iovine, Claudio Mariotti, Sergio Castenetto, Sergio Rusi,
Ezio Crestaz, Alfredo Degiovanni, Francesco Maria Guadagno,
Paolo Fabbri, Rocco Dominici, Domenico Guida, Tiziana Apuani,
Elisabetta Erba, Alessandro Conticelli, Nicola Casagli, Rinaldo
Genevois, Gilberto Panebianchi, Silvia Castellaro, Floriana Pergalani,
Vincenzo Morra, Silvia Fabbrocino, Gabriele Scarascia Mugnozza,
Massimiliano Imperato

SEGRETERIA DI REDAZIONE

Maristella Becattini
maristella.becattini@cngeologi.it

DIREZIONE, REDAZIONE, AMMINISTRAZIONE

Consiglio Nazionale dei Geologi
Via Vittoria Colonna, 40 - 00193 Roma
Tel. 06.68807736 / 06.68807737 - Fax 06.68807742

SITO INTERNET

www.cngeologi.it

UFFICIO STAMPA

Ilenia Inqui
addettostampa@cngeologi.it

PUBBLICITÀ

Agicom srl
Viale Caduti in Guerra, 28 - 00060 Castelnuovo di Porto (Roma)
Tel 06.9078285 Fax 06.9079256
agicom@agicom.it
www.agicom.it

GRAFICA E IMPAGINAZIONE

Agicom srl
Immagini: ©shutterstock.com

STAMPA

Spadamedia S.r.l.

Iscritto al Registro degli Operatori di Comunicazione (ROC)
al n. 4768. Autorizzazione del Tribunale di Roma n. 55 del
5 febbraio 1986.

Questa rivista viene spedita a tutti i geologi iscritti agli Ordini
regionali, Enti, Uffici Tecnici interessati e università.

Può essere scaricata online in PDF dal sito **www.cngeologi.it**
Spedizione in abbonamento postale 45%, art. 2, comma 20/b,
legge 662/96 - Filiale di Roma.

Un fascicolo € 16,00 - Numeri arretrati € 18,00.

Versamenti sul c/c n. 347005 intestato a:

Consiglio Nazionale dei Geologi

Via Vittoria Colonna, 40 - 00193 Roma, specificando la causale.

I manoscritti, anche se non pubblicati, non si restituiscono.

*L'Autore dell'articolo è responsabile di quanto in esso contenuto,
delle autorizzazioni alla pubblicazione di figure, tabelle, ecc.,
dei riferimenti e strumentazioni.*

Associato all'USPI, Unione Stampa Periodica Italiana.

GARANZIA DI RISERVATEZZA

L'editore garantisce la massima riservatezza dei dati forniti dagli abbonati e la
possibilità di richiedere gratuitamente la rettifica o la cancellazione, scrivendo a:
Consiglio Nazionale dei Geologi - Via Vittoria Colonna 40, 00193 Roma.

Le informazioni custodite nell'archivio elettronico dell'Editore saranno utilizzate al
solo scopo di inviare la rivista o altre comunicazioni concernenti l'abbonamento
(D.L. 30/6/2003, n. 196, sulla tutela dei dati personali).

PER GLI AUTORI:

Le Norme di Stampa sono consultabili sul sito [cngceologi.it](http://www.cngeologi.it), nell'area Rivista.

IN COPERTINA:

Strutture laminari nelle calcareniti affioranti su un fronte di
cava dell'isola di Favignana (Egadi, Sicilia).

Foto di: Alessandro Reina

Sommario

L'Editoriale

A. Reina 7

Il Punto del Presidente

F. Peduto 9

Il Geologo progettista

F. Amantia Scuderi 11

Proposta di correlazione tra N_{spt} e coesione
non drenata

Pianificazione

G. Busico, M. Sirna 27

Ricostruzione 3D dell'architettura del sottosuolo
dell'area urbana di Caserta

Università e ricerca

N. Pili, E. Alberico, M. Confalonieri, M.L. Pastore,
R. Bortoletto, A. Molinari 35

SIN Brescia - Caffaro: risultati monitoraggio acque
sotterranee. Indagine geochimica e piezometrica,
gennaio 2015

Recensioni

M. Parente 47

Le indagini geotecniche: qualità e procedura
per la corretta realizzazione delle opere

Geoscambio ed energie

A. Reina, G. de Giorgi 49

La carta della potenzialità geotermica a bassa
entalpia della Regione Puglia

LexGeo

R. Lombardi 61

Il contratto di rete: lo strumento aggregativo
a servizio di imprese e professionisti

STS Italia

DA SEMPRE LA PIÙ RICCA GAMMA DI MISURATORI AMBIENTALI

SONDA MULTIPARAMETRICA

sonde per misure di pH, ORP, temperatura,
Conducibilità, Salinità, TDS, livello, ossigeno disciolto,
Turbidità (a seconda della configurazione)
con protocollo modbus®RTU (RS485)
con Datalogger integrato



FREATIMETRI
con opzione temperatura



DL/N.OCS

sonda multiparametrica
per misure di livello,
temperatura e
conducibilità (opzione)



POMPE A 12V

campionamenti di acqua
in piezometri da 2"



**TRASDUTTORI DI PRESSIONE
PER MISURE DI LIVELLO**

STS
global.sensor.excellence

STS Italia s.r.l.

Via Lambro, 36 - 20090 Opera (MI)

Tel: +39 02 57 60 70 73

Fax: +39 02 57 60 71 10

www.sts-italia.it

www.stssensors.com



Alessandro Reina

Direttore Responsabile

La presentazione di questo numero vuole porre un accento su un tema assolutamente pregnante per i geologi professionisti: la consapevolezza di sé e delle proprie possibilità. Attraverso i lavori pubblicati si può comprendere quanto può essere esteso il campo di applicazione della Geologia sia parlando di massimi sistemi (economici, sociali, ecc.) sia di quotidianità (sicurezza, pianificazione, ecc.). La consapevolezza delle potenzialità della geologia è la chiave di volta per conoscere il nostro ruolo e per dare forza alla nostra categoria.

Il messaggio che il GTA vuole trasmettere attraverso la pubblicazione dei vostri lavori professionali è proprio la dimostrazione della grande variabilità dei settori di studio e di applicazione della Geologia. A dimostrazione di quanto su detto, anche il Punto del Presidente Peduto espone gli argomenti, le tematiche e i tavoli sui quali i geologi stanno discutendo quale sia il contributo che la geologia e i geologi possono consapevolmente fornire.

Il lavoro di Francesco Amantia Scuderi è un esempio del valore internazionale dei colleghi che si cimentano in percorsi tecnico scientifici, anche in altri contesti geografici e geo-stratigrafici, per contribuire alla migliore e sempre più precisa applicazione metodologica finalizzata ad una maggiore cognizione del significato del dato ottenuto con le prove in sito.

Gianluigi Busico e Maurizio Sirna con la ricostruzione dell'architettura stratigrafica del sottosuolo casertano creano il connubio tra tecniche geologiche tradizionali e applicazioni di nuove tecnologie, dimostrando la validità dell'interpretazione geologica, predisponendola a tutte le differenti e successive tematiche ambientali e di gestione del territorio.

La pubblicazione della tesi di Nico Pili vincitore del **Premio per Giovani Geologi professionisti "Pietro Bruno Celico"**, istituito dall'Ordine dei Geologi della Campania non è solo il giusto riconoscimento per il lavoro svolto ma è anche l'incentivo per tutti i giovani colleghi che abbiano il desiderio di far sapere ai colleghi le loro esperienze lavorative e professionali. Esorto pertanto tutti coloro che intendono divulgare risultati o situazioni geologiche derivanti da lavori professionali, a sottoporli alla redazione del GTA.

La geotermia a bassa entalpia è un settore professionale in grande espansione per il quale il Consiglio Nazionale dei Geologi si sta impegnando con grande applicazione e con ottenimento di positivi risultati (visita il sito cngeologi.it). L'energia geotermica a bassa entalpia risulta strategica per la riduzione dei consumi dei combustibili fossili, per un risparmio economico e per un maggiore rispetto dell'ambiente. I geologi possono contribuire in maniera determinante e l'articolo sulla "Carta geotermica della Puglia" può essere un esempio.

Vi invito a leggere l'articolo della Rubrica LexGeo che propone un argomento di grande attualità:

il contratto di Rete. L'avv. Rocco Lombardi spiega con grande semplicità la normativa e offre criticamente quali sono i vantaggi, gli svantaggi e i suggerimenti del caso.

Concludo ricordando che l'Earth Day (Giornata della Terra) è la più grande manifestazione ambientale del pianeta, l'unico momento in cui tutti i cittadini del mondo si uniscono per celebrare la Terra e promuoverne la salvaguardia. La Giornata della Terra, momento fortemente voluto dal senatore statunitense Gaylord Nelson e promosso ancor prima dal presidente John Fitzgerald Kennedy, coinvolge ogni anno fino a un miliardo di persone in ben 192 paesi del mondo. Le Nazioni Unite celebrano l'Earth Day ogni anno, un mese e due giorni dopo l'equinozio di primavera, il 22 aprile. Quale migliore occasione per i Geologi per intraprendere il percorso sulla nostra consapevolezza?

Buona lettura

fresh SURVEYING

Porta il *#fresh* surveying nel tuo business con innovazioni uniche e pratiche di GeoMax



(video) Zoom3D



Catalogo Generale



Zenith 35 Pro



PART OF
HEXAGON



www.geomax-positioning.it

GEOMAX
works when you do



Francesco Peduto

Presidente Consiglio Nazionale Geologi

Noi viviamo in un bel Paese, ma fragile, un Paese che per quanto riguarda i georischi non se ne fa mancare nessuno, dal rischio sismico, al rischio idrogeologico ed a quello vulcanico.

Un Paese dove, negli ultimi 50 anni sono stati spesi circa 150 mld di Euro per riparare i danni da terremoto.

Sarebbe normale aspettarsi, quindi, che georischi e prevenzione siano perennemente al centro dell'agenda di governo, invece siamo il Paese dove negli ultimi 150 anni si sono susseguite ben 30 leggi sul corretto costruire, emanate sempre a seguito di eventi calamitosi, ma ogni nuovo terremoto si trasforma sempre in catastrofe: sembra paradossale ma in Italia la prevenzione è ancora solo un auspicio.

Negli ultimi anni qualcosa si è iniziato a fare, soprattutto per quanto riguarda il rischio idrogeologico con **Italiasicura**, mentre **Casa Italia** per la prevenzione del rischio sismico è ancora nelle fasi embrionali, di fatto si sta avviando solo ora.

Se l'obiettivo è quello di realizzare la "prevenzione civile", come recita lo slogan governativo, è una buona iniziativa, direi ineludibile, che abbiamo accolto favorevolmente. E lo abbiamo detto all'allora premier Renzi, quando siamo stati ricevuti

per Casa Italia.

Ma allo stesso tempo abbiamo evidenziato le criticità che devono essere rimosse per conseguire il risultato, perché una casa non si costruisce dal tetto, si costruisce dalle fondamenta e le fondamenta di Casa Italia non possono che essere la geologia e i geologi.

Come si può pensare di realizzare una efficace messa in sicurezza dei territori e del costruito se mancano le conoscenze geologiche di base, se dal 1988, anno in cui è partito il **Progetto CARG**, non si riesce ad avere nemmeno una Carta Geologica di base, visto che questo progetto è fermo da anni e finora non ha coperto nemmeno il 50% del territorio italiano.

Come si può parlare di prevenzione quando nella maggior parte del territorio italiano gli studi di Microzonazione sismica, resi obbligatori con il Decreto Abruzzo, la L. n. 77/2009, sono fermi o in forte ritardo.

E quest'ultimo terremoto, come i precedenti, ha evidenziato ancora una volta, l'importanza degli effetti di sito, delle caratteristiche geostratigrafiche e morfotopografiche che possono determinare amplificazioni sismiche notevoli e risolutive per la sorte di un manufatto.

Un'altra criticità per noi è rappresentata dalle nuove NTC che sono state approvate dal CSLPP nel 2014, ma che stanno vedendo la luce solo ora. È vero che contengono importanti novità dal punto di vista ingegneristico, ma allo stesso tempo segnano in modo palese una paradossale contrazione di conoscenza geologica.

Si viene a creare così una pericolosa dicotomia tra l'azione politica volta a mettere in atto protocolli che siano indirizzati alla prevenzione dal rischio e tesi a favorire la messa in sicurezza del territorio e del costruito (cito Italiasicura, il Piano Nazionale per la Prevenzione del rischio sismico, Casa-Italia, ecc.)

e “Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” che, invece di capitalizzare il patrimonio di esperienza tecnica e scientifica dei geologi, tendono a minimizzare e marginalizzare il contributo della nostra categoria e sono in palese contrasto con normative di rango primario o comunque superiore nel momento in cui, di fatto, impediscono ai geologi di esercitare appieno le loro competenze.

Ne abbiamo già parlato, proprio su queste pagine: vediamo come finirà questa lunga trattativa che siamo riusciti a riaprire. Come già detto, di concerto con la Conferenza dei Presidenti degli OO.RR., valuteremo se sussistono i presupposti per un possibile ricorso.

Questa volta chiudiamo con una notizia positiva.

Il decreto correttivo del Codice degli Appalti ha previsto per la gare della P.A. **il riferimento obbligatorio al cosiddetto Decreto Parametri per il calcolo dei compensi per i professionisti**. Un eccellente lavoro di squadra in ambito Rete delle Professioni Tecniche che ha dato i suoi frutti, un impegno intenso e di grande incisività a difesa della dignità professio-

nale e della qualificazione della prestazione intellettuale, in cui i geologi hanno svolto un ruolo importante. Grazie a questa modifica le stazioni appaltanti non potranno più sottostimare l'importo dei corrispettivi da porre a base di gara negli affidamenti dei servizi di architettura e ingegneria, mortificando la qualità delle prestazioni professionali e i più elementari principi della trasparenza.

La palla passa ai professionisti, con la speranza che non venga autocalpestando la dignità professionale! Abbiamo avuto assicurazione, inoltre, che nei prossimi giorni (NdR: primi giorni di maggio), il Ministro Poletti riceverà la Rete delle Professioni Tecniche per discutere, tra l'altro, del tema dell'equo compenso. ◀



Proposta di correlazione tra N_{spt} e coesione non drenata

Proposed Correlation between N_{spt} and Undrained Cohesion

Termini chiave:

SPT, coesione, correlazioni

Keywords:

SPT, cohesion, correlations

Francesco Amantia Scuderi libero professionista, Via Roma 47 – 95030 Sant'Agata li Battiati (Catania)

Abstract

In normalconsolidated cohesive soils the correlation between the results of the Standard Penetration Test (N_{spt}) and undrained cohesion (C_u) has always been the subject of studies and efforts aimed at defining the numerical relationships to translate N_{spt} values in as many values of parameters of undrained shearing stress. The results of a study on the above correlation are shown in the present work, based on data from multiple surveys in situ and in the laboratory of saturated cohesive soils normalconsolidated, made in Nigeria in the Niger River Delta. In fact, extended formations of cohesive sediments are in the above area, constituted by recent clays and saturated silty clays, almost always with the presence of widespread organic matter. In particular, the data from three distinct areas (Sapele, Ihovbor and Ugbo River) are analyzed, which enabled the acquisition of a large number of pairs of values from SPT tests in the borehole and triaxial compression tests UU or ELL by geotechnical laboratory analysis. The increase of N_{spt} values with depth, that is with the increase of effective lithostatic tension, was correlated with the increase in the value of the undrained shear strength C_u .

The good homogeneity of the cohesive sediments have allowed small dispersion of data, according to which has been identified a numerical relation between the value of N_{spt} normalized $N(60)$ with the undrained cohesion C_u , as a function both the effective lithostatic pressure with the depth and the plasticity of the sediments.

Riassunto

Nei terreni coesivi normalconsolidati la correlazione tra i risultati delle prove SPT e la coesione non drenata è stata sempre oggetto di studi, finalizzati a definire relazioni numeriche in grado di tradurre i valori N_{spt} in altrettanti valori dei parametri di taglio in condizioni non drenate. Nel presente lavoro vengono esposti i risultati di uno studio basato su molteplici dati ricavati da indagini in situ ed in laboratorio su terreni coesivi saturi normalconsolidati, effettuati in Nigeria nel Delta Niger; qui si trovano, difatti, estese formazioni di sedimenti recenti, formati da argille limose sature, sovente con presenza di sostanza organica diffusa.

I dati provenienti da tre aree distinte (Sapele, Ihovbor ed Ugbo River) hanno consentito l'acquisizione di un elevato numero di coppie di valori

provenienti da prove SPT e da prove di compressione triassiale UU o E.L.L. in laboratorio. L'incremento dei valori N_{spt} con la profondità è stato correlato con l'incremento della resistenza al taglio non drenata. La buona omogeneità litologica delle argille ha permesso un'acquisizione di dati poco dispersivi, individuando una relazione numerica che lega il valore di N_{spt} normalizzato $N(60)$ con la coesione non drenata, in funzione sia della tensione litostatica efficace $\bar{\sigma}_v$, che della plasticità dei sedimenti.

Introduzione

Nel presente lavoro viene analizzata la correlazione tra l'incremento dei valori N_{spt} con la tensione litostatica efficace $\bar{\sigma}_v$ ed il corrispondente incremento dei valori della resistenza al taglio non drenata C_u in terreni coesivi saturi normalconsolidati. Lo studio è stato condotto acquisendo i dati provenienti da indagini in situ e di laboratorio in tre aree distinte, ubicate in Nigeria in prossimità del delta del Fiume Niger, in cui si hanno estese formazioni recenti di argille ed argille limose sature, quasi sempre con presenza di sostanza organica diffusa. Nella Figura 1 è riportata l'ubicazione delle suddette aree:

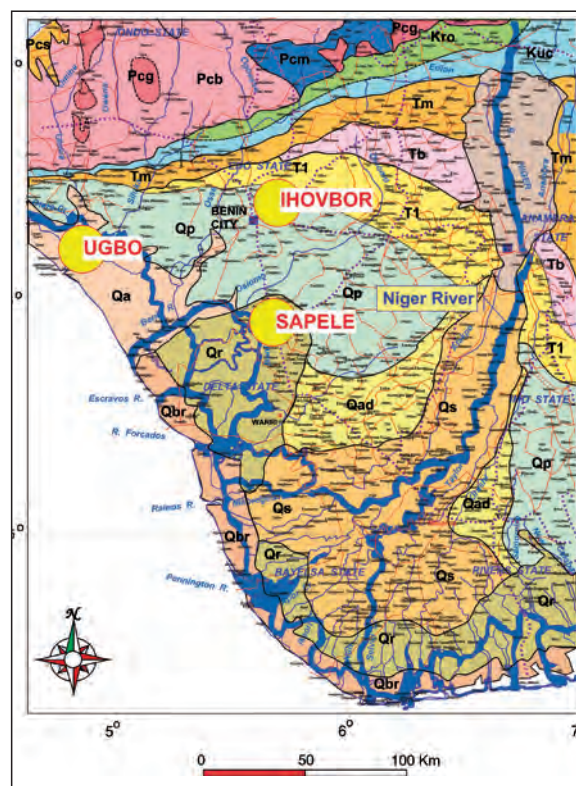
- Sapele, a circa 50 Km a Sud di Benin City, in prossimità del Benin River;
- Ihovbor, a circa 15 Km a NE di Benin City;
- Ugbo River, in prossimità del Mahin River in prossimità del villaggio Ugbo.

Nelle suddette aree sono stati eseguiti numerosi sondaggi a carotaggio continuo per la definizione di dettaglio della successione stratigrafica dei terreni e del relativo comportamento meccanico, come di seguito specificato:

Area N° 1 – Sapele - Nell'ambito del progetto di una costruenda Power Station, che avrebbe dovuto fornire energia elettrica ad una vasta area circostante, sono state eseguite, in varie fasi ed in tempi diversi (nell'intervallo Aprile – Dicembre 2006), le seguenti indagini geognostiche e

Figura 1 – Mappa geologica con ubicazione delle aree in studio

Figure 1 – Geological Map with the location of the studied areas



geotecniche:

- N° 28 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, spinti sino alla profondità massima di m 45 dal p.c.;
- N° 180 prove Standard Penetration Test eseguite ad ogni 1,50 m di avanzamento, sino alla profondità di m 30,0 dal p.c.
- N° 65 analisi geotecniche di laboratorio.

Area N° 2 – Ihovbor - Anche in questo caso per il progetto di un'altra costruenda Power Station, che avrebbe dovuto fornire energia elettrica all'area urbana ed extraurbana della città di Benin; complessivamente, nel periodo Maggio-Giugno 2006, sono state eseguite le seguenti indagini geognostiche e geotecniche:

- N° 13 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, spinti sino alla profondità massima di m 42 dal p.c.;
- N° 143 prove Standard Penetration Test,

eseguite ad ogni 1,50 m di avanzamento, sino alla profondità di m 30,0 dal p.c.

- N° 61 analisi geotecniche di laboratorio.

Area N° 3 – Ugbo River - Si tratta di un progetto di una costruenda strada con attraversamento dell'Ugbo River, mediante un ponte a 9 campate; nell'area del ponte sono state eseguite, nel periodo Marzo-Giugno 2011, le seguenti indagini geotecniche e geognostiche, con sondaggi molto profondi:

- N° 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, spinti sino alla profondità massima di m 80 dal p.c.;
- N° 45 prove Standard Penetration Test, eseguite ad ogni 2,0 m di avanzamento, sino alla profondità di m 30,0 dal p.c.
- N° 18 analisi geotecniche di laboratorio.

Tutti i sondaggi sono stati effettuati a carotaggio continuo, con recupero totale del cutting; le prove Standard Penetration Test sono state eseguite mediante attrezzatura di caratteristiche standard della Pilcon Engineering, recante all'estremità il tubo campionatore (sezionato longitudinalmente) "Raymond", di diametro Ø 51 mm e lunghezza utile L = 562 mm, munita di dispositivo per lo sganciamento automatico della massa battente (Pilcon Trip Monkey), con massa battente del peso P = 63,5 Kg ed altezza di caduta H = 760 mm.

Caratteristiche geologiche e litologiche dell'area

I lineamenti geologici generali del Delta del Niger sono ampiamente trattati nel "The Niger Delta Petroleum System" dell'USGS (TUTTLE *et alii*, 1999); nella Figura 1 è riportato uno schema geologico sintetico, tratto dalla mappa geologica dell'area del Niger Delta, pubblicata dal FEDERAL MINISTRY OF MINES, POWER & STEEL, ove sono riportate le principali formazioni presenti nel territorio nigeriano. La zona in cui ricadono le tre aree in studio fa parte del Niger Delta, ove sono presenti formazioni recenti ed attuali, prevalentemente costituite da sedimenti fini, spesso con contenuto di torba, quali limi ed argille torbose; nell'immediato entroterra

della zona del delta affiorano formazioni terziarie e cretacee, rappresentate da scisti argillosi con lignite, arenarie carbonifere e scisti carboniosi; infine più a Nord si hanno formazioni paleozoiche, rappresentate dal complesso granitico. Si riportano qui di seguito le formazioni evidenziate nella Fig. 1.

a) Quaternario:

- "Depositi alluvionali attuali", (**Qa**), che si rinvencono in prossimità dell'Ugbo River
- "Meander Belt Back Swamps" (**Qs**), formate da sabbie, argille ed in subordine da ghiaie
- "Mangrove Swamps" (**Qr**), formate da sabbie argille e depositi torbosi di palude
- "Abandoned beach Ridges" (**Qbr**), formate da sabbie, ghiaie e ciottoli, con subordinati limi sabbiosi
- "Sombreiro Deltaic Plain" (**Qad**), costituito da sabbie, argille e depositi di palude prevalentemente limosi con torba;
- "Coastal Plain Sand – Back Swamps" (**Qp**), costituito da in prevalenza da argille e sabbie
- Terziario:
- "Lignite Formation" (**T1**), costituita da argille, arenarie, lignite e scisti argillosi
- "Bende Ameki Group" (**Tb**), formato da argille, sabbie argillose e scisti argillosi
- "Imo Clay-Shale Group" (**Tm**), formato da argille, scisti e calcari
- Cretaceo:
- "Falsebedded Sandstone and Upper Coal Measures" (**Kuc**), costituiti da strati di false arenarie e livelli superiori di carbone
- "Nkporo Shale Group" (**Kro**), formato da scisti argillosi ed argilliti
- Cambriano:
- "Older Granit Formation" (**Pcg**), costituita dagli affioramenti dei graniti rosa più antichi
- "Ibadan Quarzite Schist Complex" (**Pcs**), formato da un complesso di rocce quarzitiche e scistose
- "Undifferentiated meta-sediments" (**Pcm**), formati da rocce metamorfiche indifferenziate (graniti e gneiss)

- “*Undifferentiated gneiss-migmatite*” (**Pcb**),
formati da rocce gneis sicche e da migmatiti)

Mediante le indagini effettuate, in tutte e tre le aree analizzate sono stati rinvenuti depositi recenti di argille più o meno plastiche, sempre con contenuto di sostanza organica diffusa, talora con abbondanti tracce di ferro, che fanno parte dei depositi di materiali fini dell'ampio delta del Fiume Niger, ove si è formato un complesso reticolo di corsi d'acqua, che hanno dato luogo ad una vastissima area paludosa, denominata localmente *mangrove swamp* per la copiosa presenza di vegetazione a mangrovie.

Nell'area N° 1 – Sapele si ha una successione di livelli di argilla molto plastica di colore grigio-bruno, localmente siltosa, contenente tracce di sostanza organica diffusa, con sporadici livelletti di limo scuro; tale formazione, facente parte di un ciclo di sedimentazione (*depobelts*) del Delta Niger (STACHER, 1995), viene designata, nel caso in esame, con l'appellativo di *Mangrove Swamps* (**Qr**).
Nell'Area N° 2 – Ihovbor si ha uno spesso deposito di argille mediamente plastiche, leggermente siltose, di colore rossastro per la presenza di ossidi di ferro, provenienti dall'erosione di formazioni lateritiche. Tale formazione, caratteristica della parte più interna del Delta Niger, denominata *Meander Belt* o *Back Swamps*, dà luogo lateralmente ad una formazione (**Qp**) di argille rossastre (*coastal plain sands and clays*) che si rinvencono a Sud di Benin City.

Nell'Area N° 3 – Ugho River si hanno invece spessi depositi di argille grigio scure, molto plastiche, anch'esse contenenti sostanza organica diffusa; esse fanno parte dei depositi alluvionali a grana fine (**Qa**) che caratterizzano la fascia costiera delle *Mangrove Swamps*; nell'area in studio lo spessore accertato di tale argille è di poco superiore a m 56.

Caratteristiche fisiche e di consistenza delle argille aree esaminate

Le caratteristiche fisiche e di consistenza delle formazioni argillose presenti nelle tre aree in esame

sono state definite mediante numerose prove geotecniche di laboratorio, di cui si riportano solo i risultati più significativi e le medie dei valori che possono considerarsi ragionevolmente rappresentativi dei sedimenti in questione.

In tutte e tre le aree in esame molti campioni analizzati presentano valori del peso umido di volume, del tenore in acqua e dei limiti plastici e liquidi molto simili ed in alcuni casi coincidenti; pertanto i dati simili sono stati raggruppati in modo da avere, alla fine, un numero più limitato di famiglie di valori.

Vengono, quindi, riportati qui di seguito i valori medi, che si considerano rappresentativi dell'ammasso in esame, ed i relativi grafici della distribuzione delle determinazioni di laboratorio più significative (W_n – W_P – W_L) ai fini della valutazione della plasticità dell'ammasso argilloso.

Area N° 1 Sapele

Peso umido di volume:

valore medio $\gamma = 1,935 \text{ gr/cm}^3$

Saturazione $S_r = 100\%$

Contenuto naturale

in acqua $W_n = 28,4 \%$

Limite plastico $W_P = 20,3 \%$

Limite liquido $W_L = 53,3 \%$

Indice plastico $I_p = 33,0 \%$

Indice di consistenza $I_c = 0,8 \%$

Indice di liquidità $I_L = 0,23$

In tutti i campioni analizzati il contenuto naturale in acqua W_n è sempre risultato maggiore del limite plastico W_P e, pertanto, i sedimenti coesivi in questione possono definirsi “*ad alta plasticità*” (cfr. Fig. 2 e 3).

Area N° 2 Ihovbor

Peso umido di volume: valore medio

$\gamma = 1,933 \text{ gr/cm}^3$

Saturazione

$S_r = 98 \%$

Contenuto naturale in acqua

$W_n = 20,4 \%$

Figura 2 – Area di Sapele - Grafico dei valori di WL, WP - Wn

Figure 2 – Sapele area - Chart of WL - WP - Wn values

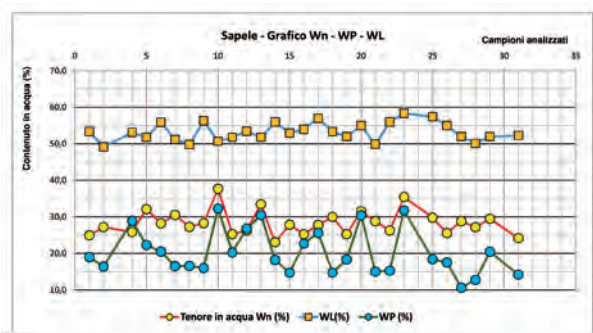
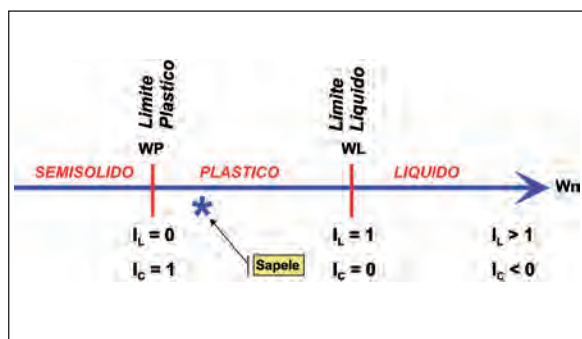
**Figura 3** – Area di Sapele - Grafico della plasticità

Figure 3 – Sapele area – Plasticity chart



Limite plastico	WP = 22,4 %
Limite liquido	WL = 34,8
Indice plastico	$I_p = 12,3 \%$
Indice di consistenza	$I_c = 1,2 \%$
Indice di liquidità	$I_L = -0,2$

In questo caso i sedimenti coesivi in questione possono definirsi “a plasticità medio-bassa” (cfr. Fig. 4 e 5), giacché in quasi tutti i campioni analizzati il contenuto naturale in acqua Wn è sempre risultato di poco inferiore del limite plastico Wp.

Area N° 3 Ugbo River. Su 18 campioni analizzati 8 risultano avere caratteristiche fisiche e di consistenza del tutto simili e, pertanto, sono riportati in grafico in tutto N° 10 risultati.

Peso umido di volume:

valore medio $\gamma = 1,879 \text{ gr/cm}^3$

Figura 4 – Area di Ihovbor - Grafico dei valori di WL, WP - Wn

Figure 4 – Ihovbor area - Chart of WL - WP - Wn values

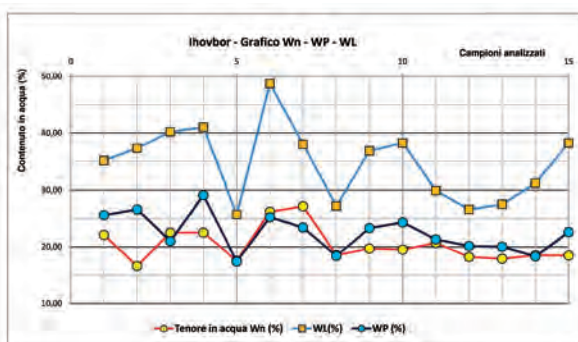
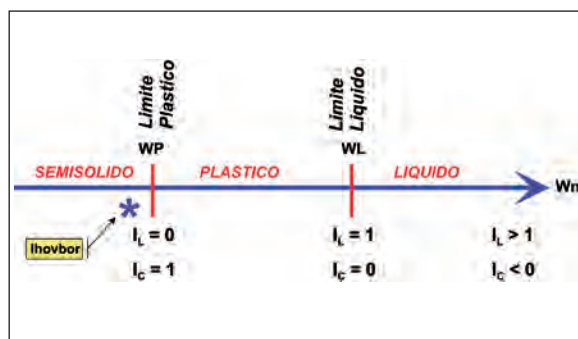
**Figura 5** – Area di Ihovbor - Grafico della plasticità

Figure 5 – Ihovbor area – Plasticity chart



Saturazione	Sr = 100 %
Contenuto naturale in acqua	Wn = 46,9 %
Limite plastico	WP = 30,1 %
Limite liquido	WL = 57,2
Indice plastico	$I_p = 27,1 \%$
Indice di consistenza	$I_c = 0,4 \%$
Indice di liquidità	$I_L = 0,63$

Il contenuto naturale in acqua Wn è sempre risultato abbondantemente superiore del limite plastico Wp e, pertanto, i sedimenti coesivi in questione possono definirsi “ad alta plasticità” (cfr. Fig. 6 e 7).

Una ulteriore valutazione qualitativa delle argille presenti nelle tre aree esaminate può essere effettuata adottando lo schema della carta di classificazione (CASAGRANDE, 1948), ridisegnata nella Fig. 8.

Figura 6 – Area di Sapele - Grafico dei valori di WL, WP - Wn

Figure 6 – Sapele area - Chart of WL - WP - Wn values

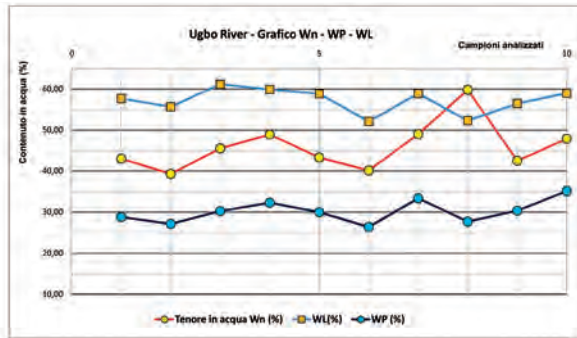
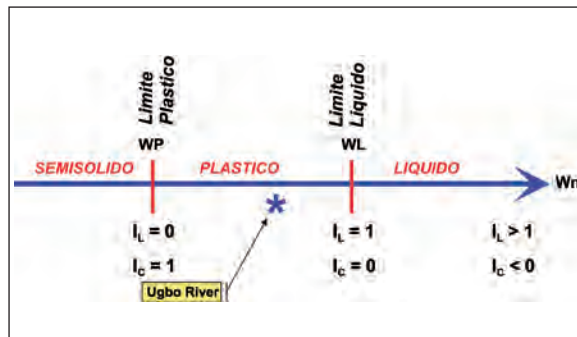


Figura 7 – Area di Ugbo River - Grafico della plasticità

Figure 7 – Ugbo River area – Plasticity chart



Grado di consolidazione e resistenza non drenata al taglio delle argille

Dalle innumerevoli prove triassiali non consolidate non drenate (UU) e di espansione laterale libera (E.L.L.) effettuate sui campioni prelevati nelle aree in esame è stato possibile valutare l'incremento della coesione non drenata C_u con la tensione litostatica efficace $\bar{\sigma}_v$; trattandosi di sedimenti normalconsolidati ($\bar{\sigma}_p = \bar{\sigma}_v$) la resistenza al taglio non drenata (S_u) si incrementa linearmente con la tensione litostatica efficace $\bar{\sigma}_v$ essendo OCR (*Over Consolidation Ratio*):

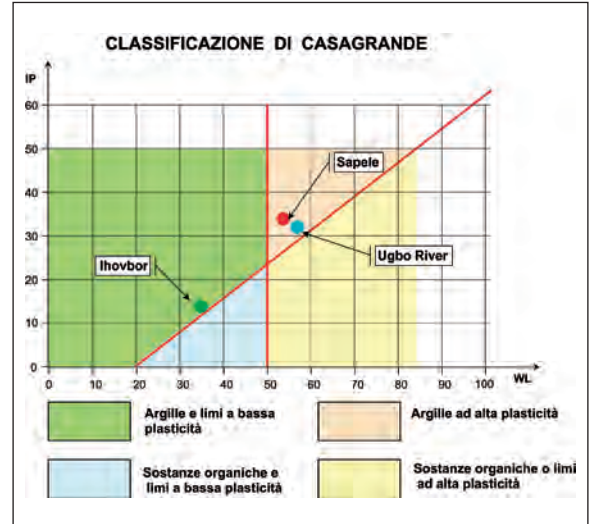
$$OCR = \frac{\bar{\sigma}_p}{\bar{\sigma}_v} = 1 \quad (1)$$

$\bar{\sigma}_p$ = pressione di sovraconsolidazione

$\bar{\sigma}_v$ = tensione litostatica attuale

Figura 8 – Classificazione di Casagrande (1948)

Figure 8 – Classification of Casagrande (1948)



Trattandosi di terreni coesivi saturi inoltre si può assumere il valore della coesione

$$C_u = \frac{S_u}{2} \quad (2)$$

Per una valutazione del grado di sovraconsolidazione OCR è stata determinata la *tensione di sovraconsolidazione apparente* con il metodo di CASAGRANDE (1948) su un campione prelevato a Sapele alla profondità di m 12,0, sottoposto in natura ad una tensione geostatica $\bar{\sigma}_v \simeq 2,4 \text{ Kg/cm}^2$; la tensione di sovraconsolidazione apparente è risultata praticamente coincidente con il valore della tensione geostatica attuale $\bar{\sigma}_v = \bar{\sigma}_p = 2,4 \text{ Kg/cm}^2$, come da Fig. 9.

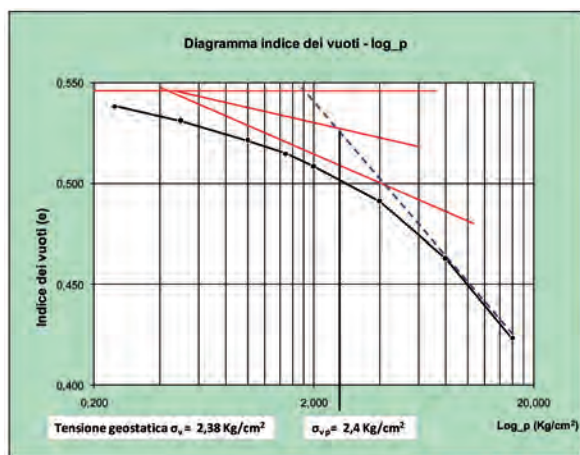
Ad analoghi risultati si perviene per le argille di Ihovbor ed Ugbo River; pertanto, come era prevedibile dalle osservazioni *sulla storia geologica dei depositi* (depositi attuali di delta), tali sedimenti possono essere definiti *normalconsolidati*.

AREA N° 1 – SAPELE

Complessivamente si dispone di N° 65 prove per la determinazione della resistenza al taglio non drenata, di cui N° 26 prove triassiali non consolidate non drenate (UU) e N° 39 prove ad espansione

Figura 9 – Area di Sapele – Determinazione della pressione di sovraconsolidazione

Figure 9 – Sapele area – Detection of overconsolidation pressure



laterale libera (E.L.L.).

Nel grafico della Fig. 10 è riportato l'andamento della coesione C_u con l'incremento della tensione litostatica efficace $\bar{\sigma}_v$, andamento evidenziato tendenza lineare. I valori ottenuti in tutte le prove possono considerarsi *qualitativamente* poco dispersivi.

I valori della coesione non drenata C_u risultano compresi tra un minimo $C_u = 0,189 \text{ Kg/cm}^2$ (alla profondità di m 1,50, con $\bar{\sigma}_v = 0,14 \text{ Kg/cm}^2$) ed un massimo di $C_u = 0,727 \text{ Kg/cm}^2$ (alla profondità di m 24, con $\bar{\sigma}_v = 2,31 \text{ Kg/cm}^2$).

AREA N° 2 – IHOBOR

Nelle argille di questo sito sono state eseguite N° 61 prove per la determinazione della resistenza al taglio non drenata, di cui N° 20 prove triassiali non consolidate non drenate (UU) e N° 41 prove ad espansione laterale libera (E.L.L.).

Nel grafico della Fig. 11 è riportato l'andamento della coesione C_u con l'incremento della tensione litostatica efficace $\bar{\sigma}_v$, con evidenziata la tendenza lineare. Anche in questo caso i valori ottenuti in tutte le prove possono considerarsi *qualitativamente* poco dispersivi.

I valori della coesione non drenata C_u risultano compresi tra un minimo $C_u = 0,112 \text{ Kg/cm}^2$ (alla profondità di m 1,50, con $\bar{\sigma}_v = 0,14 \text{ Kg/cm}^2$) ed un

Figura 10 – Area di Sapele – Diagramma tensione litostatica - C_u

Figure 10 – Sapele area – Chart of lithostatic pressure - C_u

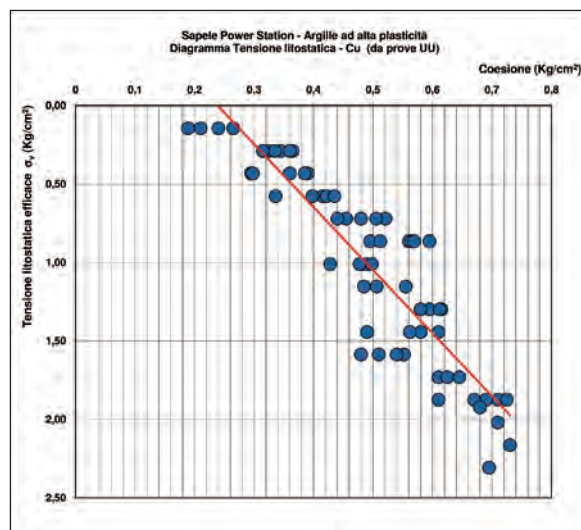
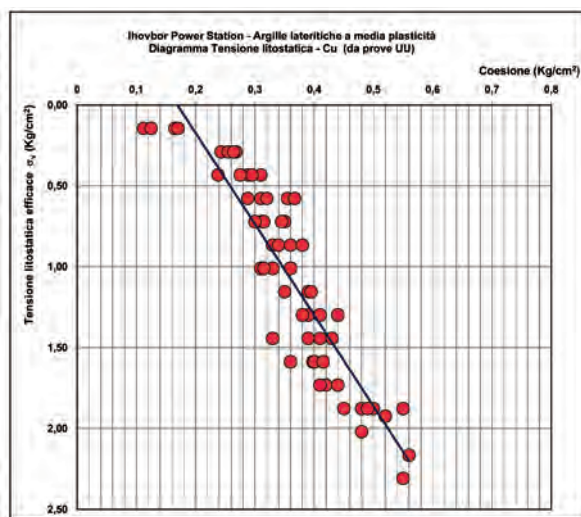


Figura 11 – Area di Ihovbor – Diagramma tensione litostatica - C_u

Figure 11 – Ihovbor area – Chart of lithostatic pressure - C_u

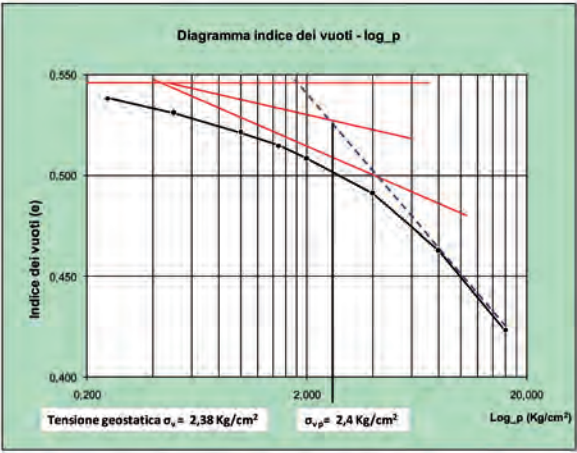


massimo di $C_u = 0,560 \text{ Kg/cm}^2$ (alla profondità di m 22,5, con $\bar{\sigma}_v = 2,16 \text{ Kg/cm}^2$).

AREA N° 3 – UGBO RIVER

Nelle argille di questo sito si dispone di N° 18 prove per la determinazione della resistenza al taglio non drenata, tutte effettuate mediante prove triassiali non consolidate non drenate (UU).

Figura 12 – Area di Ugbo River – Diagramma tensione litostatica - C_u
Figure 12 – Ugbo River area – Chart of lithostatic pressure - C_u



Nel grafico della Figura N° 12 è riportato l'andamento della coesione C_u con l'incremento della tensione litostatica efficace σ_v , con evidenziata la linea di tendenza lineare. Anche in questo caso i valori ottenuti in tutte le prove possono considerarsi *qualitativamente* poco dispersivi. I valori della coesione non drenata C_u risultano compresi tra un minimo $C_u = 0,205 \text{ Kg/cm}^2$ (alla profondità di m 2,0, con $\bar{\sigma}_v = 0,16 \text{ Kg/cm}^2$) ed un massimo di $C_u = 0,806 \text{ Kg/cm}^2$ (alla profondità di m 30, con $\bar{\sigma}_v = 2,41 \text{ Kg/cm}^2$).

Prove standard Penetration Test

I valori N_{spt} ricavati dalle indagini in situ nelle tre aree in esame sono state anzitutto corretti per la presenza dell'acqua (TERZAGHI & PECK, 1948) valida per terreni a grana fine:

$$N' = 15 + \frac{1}{2} [N_{spt} - 15] \tag{3}$$

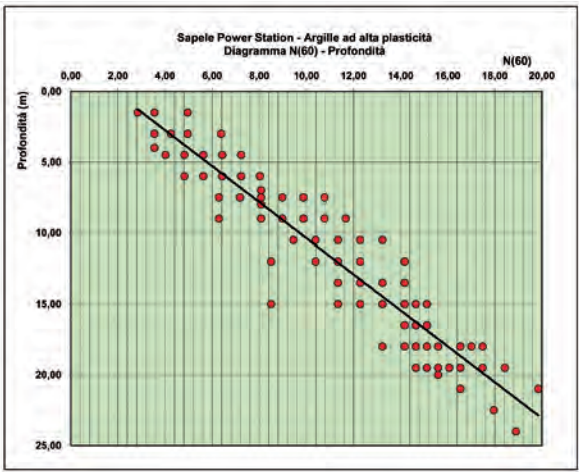
Successivamente i valori così ottenuti sono stati *normalizzati* adottando la seguente relazione (SKEMPTON, 1957):

$$N_{60} = N_{spt} \cdot C_E \cdot C_B \cdot C_S \cdot C_R \tag{4}$$

in cui

N_{60} valore normalizzato

Figura 13 – Area di Sapele – Diagramma $N(60)$ - profondità
Figure 13 – Sapele area – Chart $N(60)$ – Depth



- N_{spt} valore misurato, assunto nel caso in esame già corretto per la presenza dell'acqua
- C_E correzione per il rapporto di energia ($C_E = E_r/60$ energia standardizzata al 60%; essa viene misurata in cantiere con apposita strumentazione secondo le norme europee EN ISO 22476-3:2005; con procedura di strumentazione *Safety hammer* si ha un valore prossimo a $C_E = 0,9$)
- C_B correzione per il diametro del foro, secondo i valori della Tab. 1

Tab. 1 – Normalizzazione SPT per il diametro del foro (SKEMPTON, 1957)
Tab. 1 – SPT standardization for the diameter of the hole (SKEMPTON, 1957)

Diametro del foro	65 + 115 mm	C_B	1,0
	115 + 150 mm	C_B	1,05
	150 + 200 mm	C_B	1,15

- C_S correzione per il metodo di campionamento, con i valori come da Tab. 2

Tab. 2 – Normalizzazione SPT per metodo di campionamento (SKEMPTON, 1957)
Tab. 2 – SPT standardization for the sampling method (SKEMPTON, 1957)

Tipo di campionatore	Standard	C_S	1,0
	Senza astuccio	C_S	1,2

Figura 14 – Area di Ihovbor – Diagramma N(60) - profondità

Figure 14 – Ihovbor area – Chart N(60) – Depth

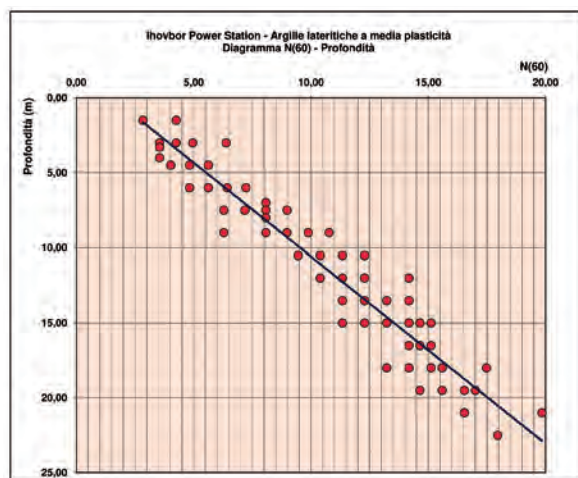
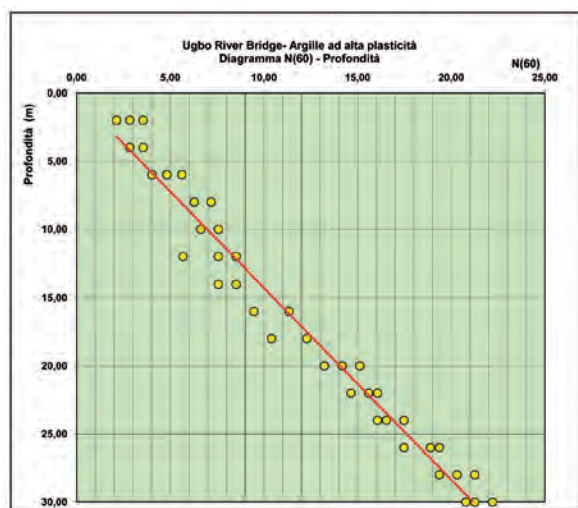
**Figura 15** – Area di Ugbo River – Diagramma N(60) - profondità

Figure 15 – Ugbo River area – Chart N(60) – Depth



C_R correzione per la lunghezza delle aste sotto la testa di battuta, come da Tab. 3

Tab. 3 – Normalizzazione SPT per lunghezza delle aste (SKEMPTON, 1957)

Tab. 3 – SPT standardization for the length of pipes (SKEMPTON, 1957)

Lunghezza aste	3 ÷ 4 m	C_R	0,75
	4 ÷ 6 m	C_R	0,85
	6 ÷ 10 m	C_R	0,95
	> 10 m	C_R	1,0

Non viene, invece, eseguita la correzione per la

tensione litostatica efficace in quanto essa va effettuata solo per la determinazione della densità relativa (D_r) e dell'angolo di attrito interno (φ) per terreni incoerenti.

I valori così normalizzati sono diagrammati, per le tre aree in esame, in funzione della profondità di prova (cfr. Fig. 13, 14 e 15).

Correlazione tra C_u ed N_{SPT}

Esistono numerose correlazioni tra i valori N_{SPT} e la resistenza al taglio non drenata, alcune delle quali tengono conto della tensione litostatica efficace $\bar{\sigma}_v$, altre invece formulate in relazione alla plasticità delle argille. Le relazioni con più frequenza utilizzate sono di seguito riportate.

TERZAGHI AND PECK, (1948)

Argille limoso-siltose

$$C_u = \frac{1,35 N_{SPT} \times 0,1}{2} \quad (5)$$

Argille marnose

$$C_u = \frac{2,0 N_{SPT} \times 0,1}{2} \quad (6)$$

Argille marnose fratturate

$$C_u = \frac{1,45 N_{SPT} \times 0,1}{2} \quad (7)$$

Argille sabbioso-siltose

$$C_u = \frac{a \times N_{SPT} \times 0,1}{2} \quad (8)$$

con $a = 1,25$ per $N_{spt} < 8$ m

$a = 1,35$ negli altri casi

FLETCHER, (1965)

$$C_u = \frac{0,1844 \times N_{SPT} - 0,00074 N_{SPT}^2}{2} \quad (9)$$

DE BEER, (1965)

$$C_u = \frac{2,5 \times N_{SPT}}{20} \quad (10)$$

SANGLERAT, (1972)

Argille limoso-sabbiose

$$C_u = \frac{1,33 N_{SPT} \times 0,1}{2} \quad (11)$$

Argille a media plasticità

$$C_u = \frac{2,5N_{SPT} \times 0,1}{2} \quad (12)$$

Argille limose

$$C_u = \frac{2,0N_{SPT} \times 0,1}{2} \quad (13)$$

STROUD, (1974)

$$C_u = f_1 \times N_{SPT} \quad (14)$$

dove f_1 risulta compreso tra 3,1 e 7,6 kPa

HARA *et alii*, (1974)

$$C_u = 29 \times N_{SPT}(60)^{0,72} \text{ kPa} \quad (15)$$

BEGEMANN, (1974)

$$C_u = \frac{2,5 \times N_{SPT} - \sigma \times 10}{14} \quad (16)$$

SCHMERTMANN, (1975)

valore medio:

$$C_u = 0,0954 \times N_{SPT}^{1,01187} \quad (17)$$

valore massimo:

$$C_u = 0,7 \times N_{SPT} \times 0,1 \quad (18)$$

U.S. DESIGN MANUAL SOIL MECHANICS (1982)

- argille a bassa plasticità

$$C_u = 0,038 \times N_{SPT} \quad (19)$$

- argille a media plasticità

$$C_u = 0,074 \times N_{SPT} \quad (20)$$

- argille ad alta plasticità

$$C_u = 0,125 \times N_{SPT} \quad (21)$$

SHIOI & FUKUNI, (1982)

Argille a media plasticità

$$C_u = 0,025 \times N_{SPT} \quad (22)$$

Argille ad alta plasticità

$$C_u = 0,050 \times N_{SPT} \quad (23)$$

Le correlazioni di cui sopra conducono a risultati molto diversi, i cui *ranges* diventano tanto più ampi quanto più altisono i valori di N(60), come dimostrano i diagrammi delle Fig. 16, 17 e 18, ove

vengono riportati i valori di C_u , ricavati dalle suddette teorie per tutte e tre le aree in studio.

Per l'*Area N° 1 Sapele* alle profondità rispettivamente di m 8, 16,5 e 24,0 dal p.c. si hanno grandi variazioni dei valori della coesione C_u , come in Tab. 4

Tab. 4 – Area di Sapele – Variazioni dei valori di C_u da correlazioni con N(60)

Tab. 4 – Sapele area - Range of C_u values from correlations with N(60)

Profondità dal p.c. (m)	Shioi Y. & Fukuni J. (1982) C_u (Kg/cm ²)	U.S.D.M. Soil M. (1982) C_u (Kg/cm ²)
8,0	0,404	1,010
16,5	0,709	1,890
24,0	0,945	2,351

Per l'*Area N° 2 Ihovbor* alle profondità rispettivamente di m 7,5, 15,0 e 22,5 dal p.c. si hanno, anche in questo caso, elevate variazioni dei valori della coesione C_u , come da Tab. 5

Tab. 5 – Area di Ihovbor – Variazioni dei valori di C_u da correlazioni con N(60)

Tab. 5 – Ihovbor area - Range of C_u values from correlations with N(60)

Profondità dal p.c. (m)	Shioi Y. & Fukuni J. (1982) C_u (Kg/cm ²)	Sargrenat (1972) C_u (Kg/cm ²)
7,5	0,157	1,122
15,0	0,284	1,890
22,5	0,449	2,244

Infine anche per l'*Area N° 3 Ugbo River* alle profondità rispettivamente di m 6,0, 16,0 e 26,0 dal p.c. si hanno variazioni elevate dei valori della coesione C_u , come in Tab. 6

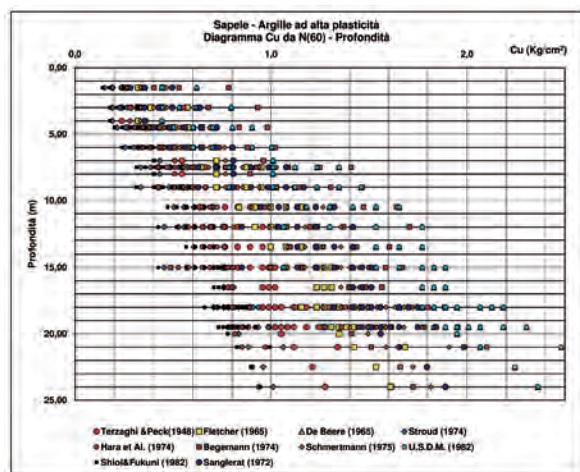
Tab. 6 – Area di Ihovbor – Variazioni dei valori di C_u da correlazioni con N(60)

Tab.6 – Ihovbor area - Range of C_u values from correlations with N(60)

Profondità dal p.c. (m)	Shioi Y. & Fukuni J. (1982) C_u (Kg/cm ²)	U.S.D.M. Soil M. (1982) C_u (Kg/cm ²)
6,0	0,314	0,698
16,0	0,473	1,418
26,0	0,874	2,422

Si può, quindi, osservare che le correlazioni, attualmente disponibili, tra N(60) e la coesione non drenata C_u nelle argille delle tre aree esaminate portano a risultati variabilissimi, con valori di coesione che in alcuni casi vengono addirittura triplicati. Le correlazioni più cautelative risultano essere quelle di SHIOI & FUKUNI (1982), STROUD, (1974) ed HARA *et alii* (1974); invece quelle che danno i

Figura 16 – Area di Sapele – Diagramma Cu [da N(60)] – profondità
Figure 16 – Sapele area – Chart of Cu [N(60)] – Depth



valori più alti sono le correlazioni proposte da BEGEMANN, (1974) ed U.S. DESIGN MANUAL SOIL MECHANICS (1982).

Proposta di correlazione tra C_u ed N_{SPT}

Come accennato in precedenza, dalle indagini eseguite nelle tre aree del Delta Niger (Sapele, Ihovbor ed Ugbo River) risulta la disponibilità di un elevato numero di coppie di valori N_{SPT} e coesione non drenata C_u da prove di laboratorio; ciò ha permesso di individuare la seguente relazione, che consente di correlare i valori $N(60)$ con la coesione C_u , in funzione sia della plasticità delle argille, sia della tensione litostatica efficace:

$$C_u = \frac{N(60) \cdot \alpha}{\sqrt{\bar{\sigma}_v} + 1} \quad (\text{Kg/cm}^2) \quad (24)$$

in cui

$\bar{\sigma}_v$ tensione litostatica efficace alla quota di esecuzione della prova in Kg/cm²

$\alpha = 0,05$ per argille a media plasticità

$\alpha = 0,07$ per argille ad alta plasticità

Con tale formula empirica si è cercato di ottenere, dalla correlazione con i valori $N(60)$, dei valori di coesione non drenata C_u sovrapponibili,

Figura 17 – Area di Ihovbor – Diagramma Cu [da N(60)] – profondità
Figure 17 – Ihovbor area – Chart of Cu [N(60)] – Depth

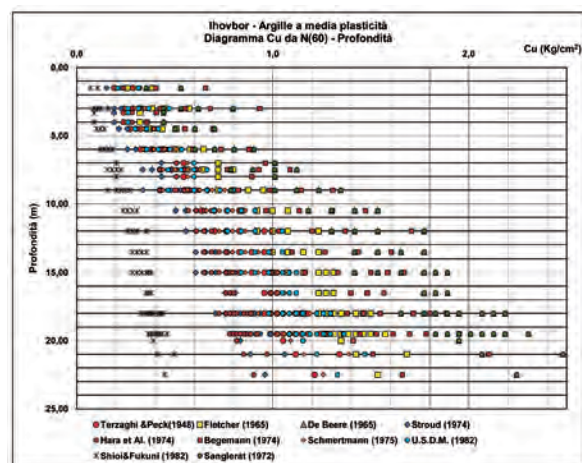
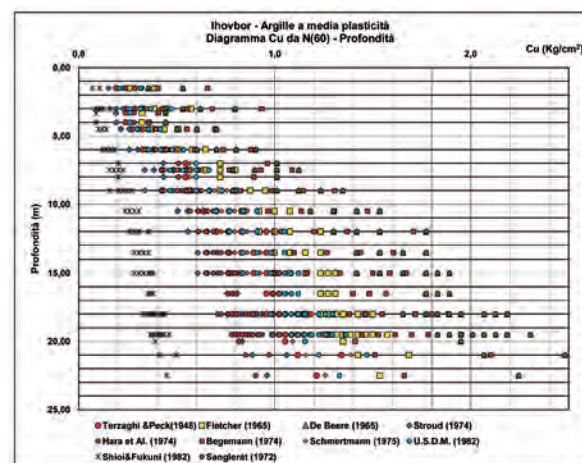


Figura 18 – Area di Ugbo River – Diagramma Cu [da N(60)] – profondità
Figure 18 – Ugbo River area – Chart of Cu [N(60)] – Depth



o comunque molto simili, a quelli ottenuti dalle analisi geotecniche di laboratorio, su campioni prelevati alle stesse profondità delle prove S.P.T. Nei diagrammi delle Fig. 19, 20 e 21 sono sovrapposti i dati delle correlazioni tra i valori risultanti dalla (24) ed i valori di C_u dalle analisi geotecniche di laboratorio, rispettivamente per le argille delle aree di Sapele, Ihovbor e Ugbo River.

Si può osservare che nei suddetti diagrammi la sovrapposizione tra i valori di C_u ricavati da $N(60)$ e da prove di laboratorio risulta discreta nelle

Figura 19 – Area di Sapele – Diagramma Cu da N(60) e da UU – profondità

Figure 19 – Sapele area – Chart of Cu from N(60)and UU – Depth

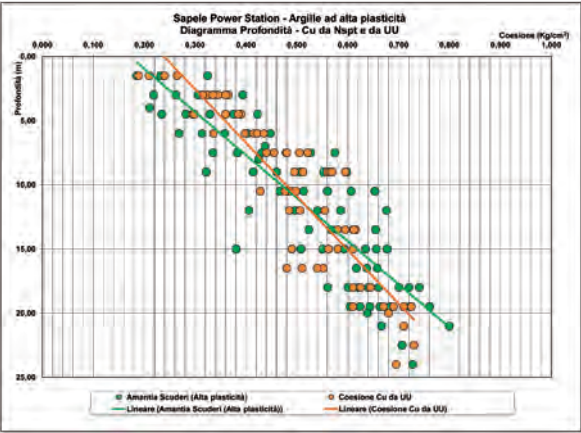


Figura 20 – Area di Ihovbor – Diagramma Cu da N(60) e da UU – profondità

Figure 20 – Ihovbor area – Chart of Cu from N(60)and UU – Depth

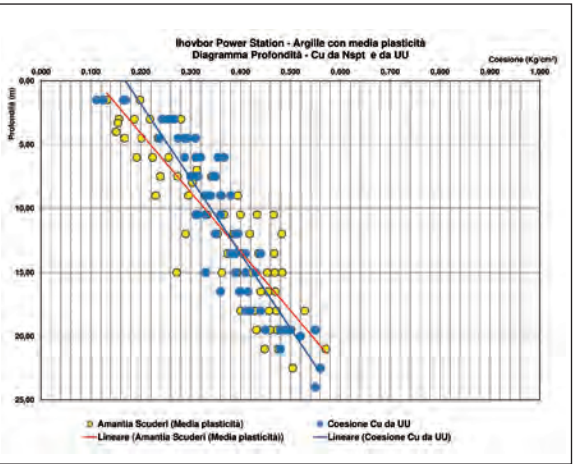
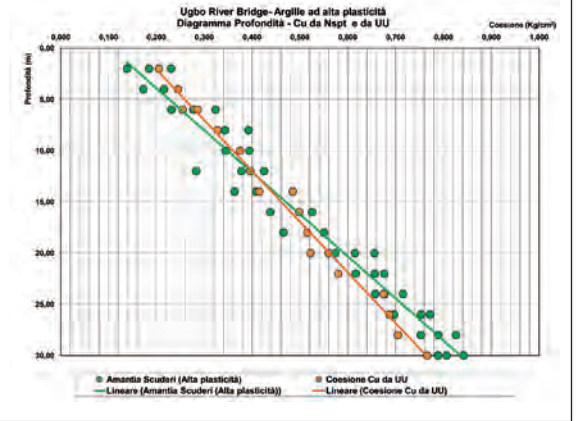


Figura 21 – Area di Ugbo River – Diagramma Cu da N(60) e da UU – profondità

Figure 21 – Ugbo River area – Chart of Cu from N(60)and UU – Depth



Tab. 7 – Confronto tra valori di Cu da N(60) e da prove di laboratorio

Tab.7 – Sapele area - Comparison between values of Cu by N (60) and by laboratory testing

Sapele - Alta Plasticità				
m 6,0	Da N(60)	Min	Max	Med
		0,269	0,448	0,366
Da prove		Min	Max	Med
		0,398	0,480	0,431
m 12,0	Da N(60)	Min	Max	Med
		0,406	0,676	0,556
Da prove		Min	Max	Med
		0,485	0,555	0,515
m 19,5	Da N(60)	Min	Max	Med
		0,605	0,761	0,662
Da prove		Min	Max	Med
		0,610	0,725	0,681

Tab. 8 – Area di Ihovbor – Confronto tra valori di Cu da N(60) e da prove di laboratorio

Tab. 8 – Ihovbor area - Comparison between values of Cu by N (60) and by laboratory testing

Ihovbor - Media Plasticità				
m 6,0	Da N(60)	Min	Max	Med
		0,192	0,288	0,245
Da prove		Min	Max	Med
		0,288	0,367	0,325
m 12,0	Da N(60)	Min	Max	Med
		0,290	0,483	0,396
Da prove		Min	Max	Med
		0,350	0,395	0,378
m 19,5	Da N(60)	Min	Max	Med
		0,432	0,502	0,463
Da prove		Min	Max	Med
		0,450	0,550	0,494

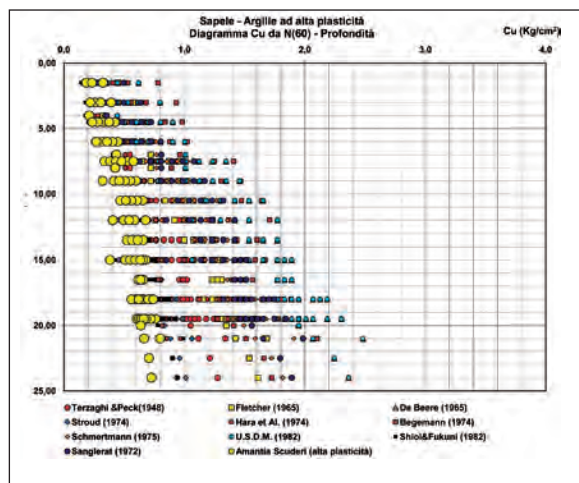
Tab. 9 – Area di Ugbo River – Confronto tra valori di Cu da N(60) e da prove di laboratorio

Tab. 9 – Ugbo River area - Comparison between values of Cu by N (60) and by laboratory testing

Ugbo River - Alta Plasticità				
m 6,0	Da N(60)	Min	Max	Med
		0,231	0,323	0,277
Da prove		Min	Max	Med
		0,255	0,286	0,271
m 12,0	Da N(60)	Min	Max	Med
		0,283	0,425	0,362
Da prove		Min	Max	Med
		0,396	0,415	0,406
m 20,0	Da N(60)	Min	Max	Med
		0,574	0,656	0,615
Da prove		Min	Max	Med
		0,522	0,560	0,541

Figura 22 – Area di Sapele – Diagramma Cu [da N(60)] con correlazione proposta – profondità

Figure 22 – Sapele area – Chart of Cu [N(60)] with proposed correlation– Depth



argille di Sapele e buona in quelle di Ihovbor ed Ugbo River.

Le linee di tendenza in tutti e tre i diagrammi risultano essere in buona sovrapposizione. Per un più rapido confronto numerico nelle seguenti Tab. 7, 8 e 9 vengono riportati i valori di coesione Cu desunti dagli N(60) e dalle prove di laboratorio per tutte e tre le aree in esame, corrispondenti a differenti profondità di prova.

Conclusioni

La disponibilità di un elevato numero di coppie di valori N(60) e prove di taglio non drenate su campioni indisturbati, prelevati alla stessa quota delle prove N_{SPT} , ha permesso di valutare la variazione sia della coesione non drenata Cu che dei valori N(60) con l'incremento di profondità.

Dai valori N(60) sono stati determinati i corrispondenti valori di coesione non drenata Cu secondo le molteplici relazioni proposte da vari AA., diagrammando il tutto in funzione della profondità di prova; ne è risultato un campo di interpretazione molto ampio, con valori di Cu che addirittura si triplicano tra differenti correlazioni.

Per analizzare la possibilità di stabilire una nuova

Figura 23 – Area di Ihovbor – Diagramma Cu [da N(60)] con correlazione proposta – profondità

Figure 23 – Ihovbor area – Chart of Cu [N(60)] with proposed correlation– Depth

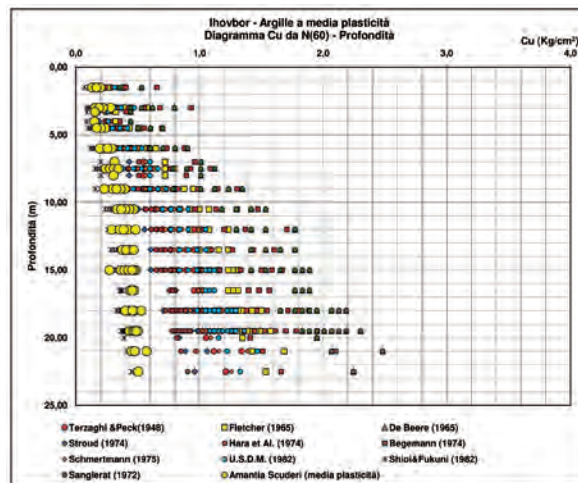
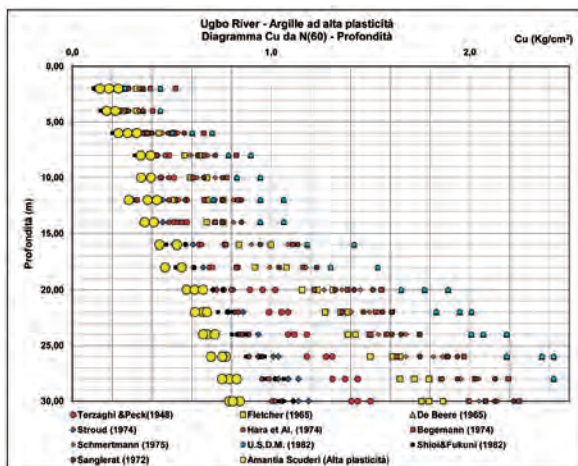


Figura 24 – Area di Ugbo River – Diagramma Cu [da N(60)] con correlazione proposta – profondità

Figure 24 – Ugbo River area – Chart of Cu [N(60)] with proposed correlation– Depth



correlazione tra N(60) e la coesione non drenata Cu, i valori di quest'ultima, determinati in laboratorio da prove triassiali UU ed E.L.L., sono stati diagrammati, per le tre aree in esame, in funzione della tensione litostatica efficace.

È stata, quindi, individuata la relazione (24) che lega la Cu al valore N(60), alla tensione litostatica $\bar{\sigma}_v$ e ad un coefficiente α , che dipende dalla plasticità delle argille (media o alta plasticità).

Adottando, per le tre aree in esame, tale relazione si ricavano valori di C_u , alle varie profondità, confrontabili ed a volte ben sovrapponibili con i valori di C_u ricavati dalle analisi geotecniche di laboratorio.

La relazione (24) fornisce valori della coesione non drenata paragonabili a quelli ricavabili dalle correlazioni proposte da SHIOI & FUKUNI (1982) e STROUD (1974) come si può osservare dai diagrammi delle Fig. 22, 23 e 24.

Ulteriori verifiche della relazione (24) verranno comunque effettuate non appena saranno disponibili ulteriori dati in depositi argillosi a media ed alta plasticità.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Dott. Nicola Busacca, Managing Director della Moreno PLC, per aver messo a disposizione tutto il materiale necessario inerente alle indagini sull'Ugbo River Bridge e per la preziosa disponibilità e collaborazione, senza cui non sarebbe stato possibile portare a termine il presente lavoro.

Riferimenti bibliografici

- BEGEMANN, HKS. (1974) - *General report for central and western Europe*. Proceedings, European Symposium on Penetration Testing, Stockholm
- CASAGRANDE A. (1948) - *Classification and identification of the soils*. Transaction, ASCE, v. 113, 901
- DE BEER E.E. (1965) - *Grondmechanica*. Standaard Wetenschappelijke Uitgeverij, Antwerpen, 7th ed.
- FEDERAL MINISTRY OF MINES, POWER & STEEL (1984) - GEOLOGICAL SURVEY DEPARTMENT - "Geological Map Of Nigeria"
- FLETCHER, G. F. A. (1965) - *Standard Penetration Test: Its uses and abuses*. Journal Soil Mechanics Foundations Division, ASCE, **Vol. 91**, No. SM4, pp. 67-75.
- HARA, A., OHTA, T., NIWA, M., TANAKA, S., AND BANNO, T. (1974) - *Shear modulus and shear strength of cohesive soils*. Soils and Foundations, 14(3): 1-12.
- SANGLERAT, G. (1972) - *The penetrometer and soil exploration: Interpretation of penetration diagrams - theory and practice*. Elsevier Pub. Co. (Amsterdam and New York)
- SCHMERTMANN, J.H. (1975) - *The measurement of in situ shear strength. State of art presentation*. A.S.C.E. Specialty Conference on In Situ Measurement of Soil Properties, Raleigh, V.2, June
- SHIOI Y. & FUKUNI J. (1982) - *Application of N-value to Design of Foundation in Japan*. Proceedings of the Second European Symposium on Penetration Testing, Amsterdam
- STACHER, P. (1995) - *Present understanding of the Niger Delta hydrocarbon habitat*. Oti, M.N., and Postma, G., eds., *Geology of Deltas*: Rotterdam, A.A. Balkema, p. 257-267.
- STROUD, M.A. (1974) - *The standard penetration test in insensitive clays and soft rocks*. Proceedings of the European Symposium on Penetration Testing ESOPT, Stockholm 1974. Stockholm, National Swedish Building Research, pp. 367-375
- TERZAGHI, K. & PECK, R. B. (1948) - *Soil Mechanics in Engineering Practice*. John Wiley and Sons, New York; Chapman and Hall, London.
- TUTTLE M.L.W., CHARPENTIER, R. & BROWN-FIELD, M. E. (1999) - U.S.G.S. - *The Niger Delta Petroleum System: Niger Delta Province, Nigeria, Cameroon and Equatorial Guinea, Africa*. Denver, Colorado, USA.
- U.S. DESIGN MANUAL SOIL MECHANICS (Department of the Navy - Naval Facilities Engineering Command), NAVFAC DM-7.1 - May 1982



**... Ora è tutto più chiaro:
Georadar
MALA Ground Explorer**
Con nuova tecnologia HDR
Definizione superiore grazie
all'esclusivo processo
di campionamento
Antenne con frequenze
comprese da 80 MHz
a 750 Mhz

Distributore per l'Italia:



ABEM | MALÅ



geotomographie



GEOGIGA
TECHNOLOGY CORP.



W&R
instruments s.r.o.



Geophex, Ltd.



Società accreditata per corsi APC

NON ACCONTENTARTI
DI UN SOFTWARE
QUALSIASI.



SCEGLI IL MEGLIO. SCEGLI GEOSTRU.

GEOSTRU TI OFFRE I SOFTWARE PIÙ POTENTI ED AFFIDABILI PER LA TUA PROFESSIONE.

Produciamo software di successo a livello mondiale per numerosi settori professionali. La suite principale comprende programmi per ingegneria civile, geotecnica, geologia, geofisica, prove sui terreni, topografia, idrologia ed idraulica; i nostri software sono caratterizzati da un costo molto competitivo e da una qualità garantita da oltre 30.000 installazioni in più di 135 paesi nel mondo. I prodotti GEOSTRU sono caratterizzati da un'estrema

SOFTWARE

Ingegneria - Geologia e Geotecnica - Meccanica delle rocce - Prove in situ - Idrologia e Idraulica
Topografia - Energia - Geofisica - Ufficio

SERVIZI

Molteplici servizi gratuiti per i nostri clienti
geoapp.geostru.eu

facilità d'uso: ogni software risolve uno specifico problema, riducendo i dati di input a quelli strettamente necessari. Inoltre tutti i software sono integrati fra loro con la possibilità di esportare dati da/e per ogni applicazione della suite.

Tutti i prodotti sono pienamente compatibili con Normativa Italiana (NTC) e gli Eurocodici, in particolare l'EC7 per le opere geotecniche, l'EC8 per la sismica e l'EC2/3 per le verifiche strutturali.



Troverai software, risorse, info, servizi ed offerte sul nuovo sito: www.geostru.eu



Ricostruzione 3D dell'architettura del sottosuolo dell'area urbana di Caserta

3D Reconstruction of Architecture in Underground Urban Area of Caserta

Gianluigi Busico & Maurizio Sirna Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali, Biologiche e Farmaceutiche – Università degli Studi della Campania “Luigi Vanvitelli”

Termini chiave:
idrogeologia, digital terrain underground model, vulnerabilità dell'acquifero, Caserta, Campania, Italia

Keywords:
hydrogeology, digital terrain underground model, aquifer vulnerability, Caserta, Campania, Italy

Abstract

The architecture reconstruction of the subsoil is an essential step in all of enhancement activities, storage, management and exploitation of the territory, as the geometry of geological bodies constitutes the ground substrate and its correct three-dimensional reconstruction must be to the basis of any environmental study conducted on the territory itself.

The data and interpretations presented in this note, in fact, represent the starting point of a study on shallow aquifer vulnerability in the underground urban area of Caserta conducted by the staff of Territorial Cartography Laboratory of Environmental Geochemistry Laboratory Department of Environmental Sciences and Technologies, Biological and Pharmaceutical, University of Campania Studies “Luigi Vanvitelli”.

Riassunto

La ricostruzione dell'architettura del sottosuolo è un passaggio essenziale in tutte le attività di valorizzazione, conservazione, gestione e sfruttamento del territorio, in quanto la geometria dei corpi geologici costituisce il substrato del suolo

e del sovrasuolo e la sua corretta ricostruzione tridimensionale deve essere alla base di qualsiasi studio ambientale condotto sul territorio stesso. I dati e le interpretazioni presentati nella presente nota, infatti, rappresentano la base di partenza di uno studio sulla vulnerabilità dell'acquifero superficiale presente nel sottosuolo dell'area urbana di Caserta condotto dallo staff del Laboratorio di Cartografia Territoriale e del Laboratorio di Geochimica Ambientale del D.I.S.T.A.B.I.F. (Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali, Biologiche e Farmaceutiche) dell'Università degli Studi della Campania “Luigi Vanvitelli” (già Seconda Università degli Studi di Napoli) (Busico *et al.*, in stampa).

Inquadramento geografico e geologico

L'area di indagine comprende il centro urbano di Caserta e dei comuni limitrofi di Casagiove, Recale e San Nicola La Strada, che formano tutti insieme un esteso tessuto urbano senza soluzione di continuità. Da un punto di vista geografico l'area è delimitata a Ovest dai comuni di S. Prisco e Caturano, a Est dal comune di Maddaloni, a Sud dal comune di San Marco Evangelista e a Nord dai rilievi tifatini di Castelmorrone.

Dissesti
e alluvioni

Rischio
sismico

Risorsa
acqua

Attività
estrattive

Geoscambio
ed energie

Università
e ricerca

Pianificazione

Bonifiche siti
inquinati e
discariche

Protezione
civile

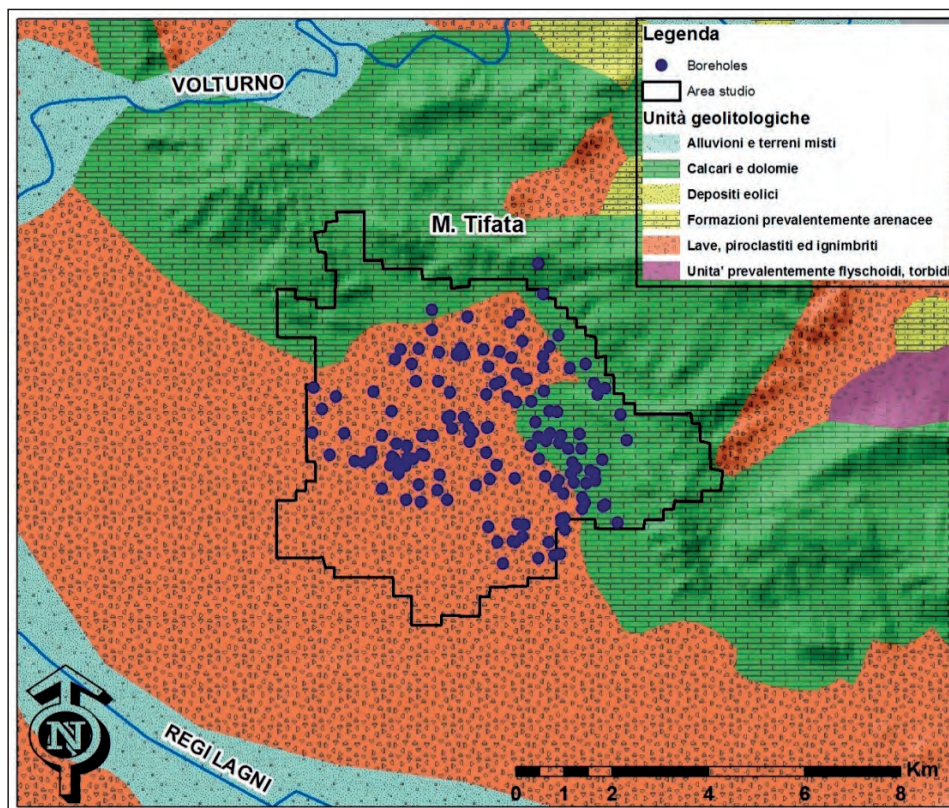
Professione
& Società

Il Geologo
progettista

Geositi,
Geoparchi
& Geoturismo

Figura 1 – Inquadramento geografico e geologico dell'area studiata.

Figure 1 – Framing geographical and geological area studied.



L'area in oggetto corrisponde al margine nord-orientale della Piana Campana, un'ampia depressione strutturale originatasi lungo il margine tirrenico della catena appenninica probabilmente durante il Pliocene superiore (Ippolito *et al.*, 1973). Essa è limitata a Ovest dal Mar Tirreno, a Nord dal rilievo del M. Massico e dall'edificio vulcanico di Roccamonfina, a Est dall'allineamento delle dorsali del M. Maggiore, dei Monti Tifatini, dei Monti di Caserta-Durazzano, dei Monti di Avel-la-Partenio e dei Monti di Sarno, a Sud dai versanti settentrionali dei Monti Lattari e presenta un andamento marcatamente appenninico (NW-SE). Il settore più settentrionale (Piana del Volturno), attraversato dal corso inferiore del fiume omonimo, è separato dalla Piana del Sarno dagli edifici vulcanici del Somma-Vesuvio e dei Campi Flegrei. I depositi superficiali nella zona sono

rappresentati, nelle aree in piana, prevalentemente dall'Ignimbrite Campana che va ad alternarsi a depositi alluvionali presenti nei pressi dei corpi idrici superficiali (fig. 1).

Materiali e metodi

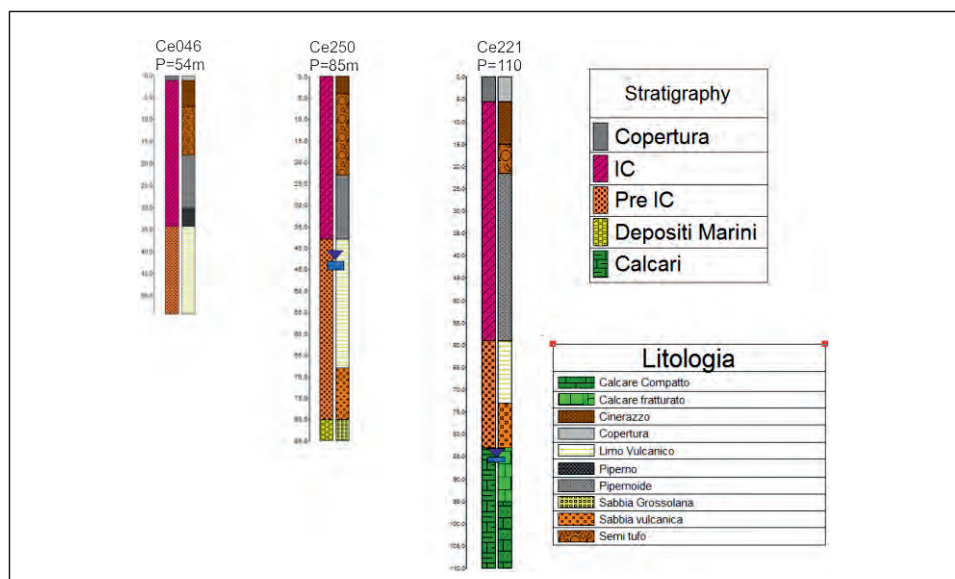
Il *dataset* di partenza è costituito dalle stratigrafie di 54 sondaggi provenienti dal Piano Regolatore Generale (PRG) di Caserta.

I dati da elaborare sono stati inizialmente omogeneizzati e successivamente messi a confronto con un assetto stratigrafico di riferimento ricavato dall'abbondante letteratura reperibile sull'argomento (Ippolito *et al.*, 1973; Ortolani & Aprile, 1985; Brancaccio *et al.*, 1991; Romano *et al.*, 1994; Aprile *et al.*, 2004, fra gli altri).

In questo modo ogni unità litologica rinvenuta nel

Figura 2 – Colonne stratigrafiche rappresentative dell'area investigata.

Figure 2 – Representative stratigraphic columns of the area investigated.



sottosuolo è stata attribuita a una unità stratigrafica illustrata in bibliografia e sono stati costruiti i log stratigrafici relativi a tutti i sondaggi presi in considerazione (fig. 2).

In particolare sono state prese in considerazione 5 unità stratigrafiche presenti nel sottosuolo dell'area investigata.

1) Copertura (50-120 cm di spessore). In tutta l'area è presente un sottile strato di copertura superficiale di duplice natura: in alcune aree è rappresentato da materiale di riporto di origine antropica, in altre è la risultante dei processi di pedogenizzazione che hanno interessato l'unità ignimbratica (IC) sottostante.

2) Ignimbrite Campana (IC – 25-60 m). L'Ignimbrite Campana (anche nota come Tufo Grigio Campano) rappresenta il prodotto vulcanico di gran lunga più importante della Campania. Nell'area di indagine l'unità risulta presente in tutti i sondaggi con spessori molto potenti, con tetto e letto della formazione ovunque riconoscibili. In alcune aree è ricoperto da materiale di riporto mentre in altre è completamente affiorante. L'unità può essere a sua

volta suddivisa in 4 diverse *facies* caratteristiche, distinguibili dal punto di vista litologico. Dall'alto verso il basso sono riconoscibili il Cinerazzo, il Semi-Tufo, il Pipernoide e il Piperno, così come descritto da Di Girolamo (1968). Queste diverse *facies* assumono, procedendo in profondità, una consistenza sempre maggiore mentre il colore passa da grigio a grigio piombo e poi nerastro. Le scorie, caotiche nella parte superficiale, tendono a schiacciarsi nel Piperno. Anche per quanto riguarda la permeabilità vi sono variazioni considerevoli. Per quanto concerne gli spessori delle singole *facies*, il Cinerazzo passa dall'essere completamente assente a uno spessore massimo di 15 m; il Semi-Tufo varia da valori minimi di 4 m fino a 30 m di spessore, il Pipernoide, *facies* più diffusa nell'area, fluttua da un minimo di 10 m fino a un massimo di 50 m di potenza mentre il Piperno, infine, presenta un spessore medio di 7 m con lacune in alcune aree.

Pre-Ignimbrite (Pre IC – (30-50m). Al di sotto dell'unità ignimbratica si riscontra una successione di depositi piroclastici da flusso e da caduta, genericamente denominati come depositi di Pre-Ignimbrite. Essa comprende tutti i depositi

eruttivi della Prima Fase Flegrea e dei centri eruttivi minori circostanti. L'unità pre-ignimbritica è stata riconosciuta in tutti i sondaggi presi in esame a una profondità di circa 35-45 m con spessori di 40-60 m. Sfortunatamente, i dati relativi allo spessore minimo e massimo dell'unità soffrono di alcune lacune dovute alla mancanza di informazione, in quanto i sondaggi a nostra disposizione che attraversano il letto della formazione sono pochi. Dal punto di vista litologico l'unità pre-ignimbritica si presenta composta da terreni limosi e limoso-sabbiosi ricchi di pomice e scorie vulcaniche. In alcune sezioni del territorio l'unità poggia su depositi formati da sabbie marine, in altre direttamente sul substrato carbonatico. Questa unità è sede di una falda superficiale sfruttata soprattutto per uso irriguo.

Depositi marini (3-10m). Nella porzione occidentale dell'area, al di sotto dei depositi pre-ignimbritici, è riscontrabile un'unità formata da sabbie giallastre e grigiastre, talora ben cementate, e argille grigio azzurre con livelli marnoso-limosi e ghiaiosi (all'interno dei quali sono segnalati fossili marini). Questi depositi si rinvenivano solo nei sondaggi che raggiungono una profondità superiore a 70 m e si presentano con spessori esigui che vanno man mano scomparendo verso Est, a testimonianza del processo di spostamento della linea di costa, secondo una traiettoria Est-Ovest, fino alla posizione odierna. Anche in questo caso non vi sono informazioni esatte riguardo allo spessore dell'unità.

Calcarei (spessore non determinabile). I sondaggi più profondi rilevano la presenza di un substrato carbonatico a una distanza di circa 80 metri dalla superficie. Nonostante l'esigua quantità di dati a disposizione, risulta confermata l'ipotesi che i calcarei rappresentino il substrato su cui poggiano tutti i depositi di riempimento riscontrati nell'area di studio. Lo spessore dell'unità calcarea di base non è determinabile in quanto nessuna perforazione intercetta il letto della formazione che, in affioramento nelle aree montane e collinari circostanti, raggiunge anche qualche centinaio di metri. In questa unità viene ospitata la

falda freatica profonda utilizzata dall'Acquedotto Campano.

A questo punto i punti di perforazione sono stati georiferiti e digitalizzati in ambiente GIS. In questa fase sono stati eliminati tutti quei sondaggi con profondità inferiore ai 50 metri in quanto poco utili ai fini interpretativi perché, non attraversando interamente lo spessore del materiale litoide, fornivano poche informazioni riguardo al letto e al tetto delle diverse formazioni.

Grazie all'utilizzo del software RockWorks, utilizzando le metodologie di interpolazione proposte, sono stati elaborati i modelli di superficie per ogni singola unità stratigrafica riconosciuta che sono stati poi "impacchettati" per formare quello che può essere definito un Modello Digitale del Sottosuolo (DTUM – *Digital Terrain Underground Model*) (fig. 3)

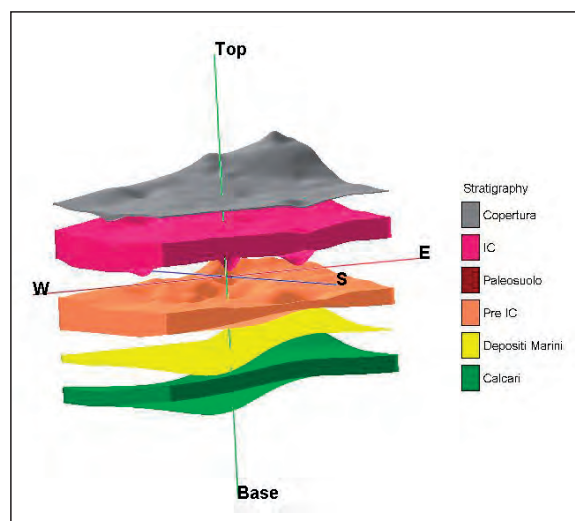


Figura 3 – Ricostruzione tridimensionale delle unità stratigrafiche del territorio casertano.

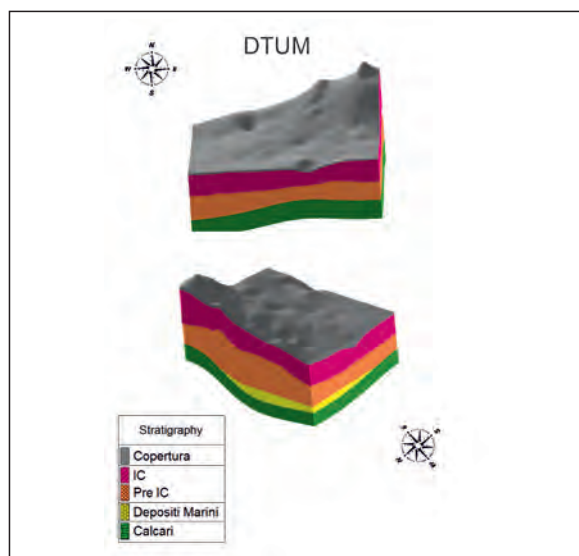
Figure 3 – Three-dimensional reconstruction of the stratigraphic units in the Caserta area.

Risultati e discussione

Grazie alla realizzazione del DTUM è possibile mettere in evidenza l'andamento tridimensionale dei corpi geologici del sottosuolo (fig. 4).

Figura 4 – Modello Digitale del Sottosuolo DTUM (Digital Terrain Underground Model).

Figure 4 – DTUM (Digital Terrain Underground Model).



È necessario rilevare che l'unità basale dei calcari è frutto di un'interpolazione supportata soltanto da 2 sondaggi profondi e che, pertanto, è stata inserita nel grafico unicamente per ragioni illustrative e di completezza, in quanto rappresenta il substrato sul quale si sono in seguito depositati i diversi materiali. In questo modo si può osservare quella che, in linea di massima, doveva essere la morfologia della depressione tettonica che ha accolto le unità di riempimento post-orogeniche. Il modello 3D permette di osservare come la coltre ignimbratica ricopra completamente la parte superficiale dell'area e come la presenza dei depositi marini si riscontri unicamente nel settore nord-occidentale dell'area stessa.

La realizzazione del modello tridimensionale, oltre a consentire una visione d'insieme più chiara e intuitiva della geologia del sottosuolo, permette di estrapolare dati stratigrafici di profondità per qualsiasi punto della porzione di territorio in esame e realizzare sezioni orientate.

Nel nostro studio, in particolare, sono state costruite tre sezioni geologiche parallele e contigue che attraversano in direzione appenninica l'area investigata (figg. 5 e 6).

Figura 5 – Ubicazione delle sezioni stratigrafiche.

Figure 5 – Location of stratigraphic sections.

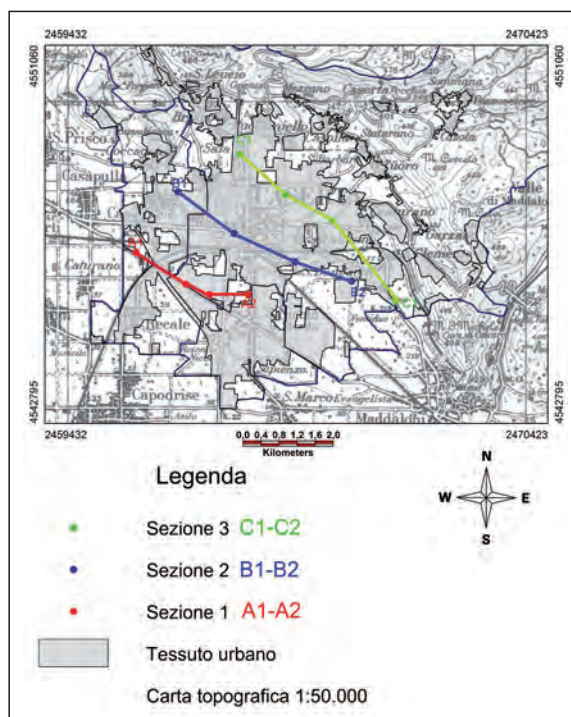
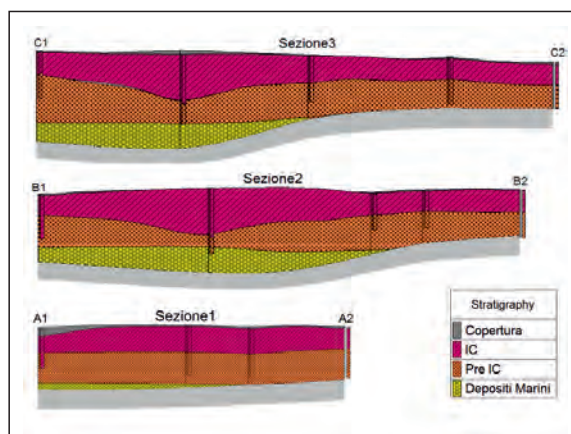


Figura 6 – Sezioni stratigrafiche.

Figure 6 – Stratigraphic sections.



La sezione 1, in posizione sud-occidentale rispetto alle altre due, presenta unità stratigrafiche dallo spessore grossomodo costante in tutta l'area. Nelle altre due, che occupano rispettivamente una posizione centrale e una nord-orientale rispetto

all'asse della depressione, sono evidenti considerevoli variazioni negli spessori dell'unità ignimbrica e di quella pre-ignimbrica, probabilmente dovute a paleomorfologie ereditate. In particolare l'IC mostra importanti fenomeni di ispessimento e assottigliamento che, a causa della bassa permeabilità della formazione, condizionano sensibilmente le condizioni di vulnerabilità intrinseca degli acquiferi. I depositi marini, con le loro variazioni in termini di permeabilità, di coesione e di resistenza al taglio, manifestano, in tutte le sezioni, un importante aumento della potenza verso Nord-Ovest.

È evidente che i dati illustrati costituiscono una preziosa fonte di informazioni necessarie in numerosi studi e indagini volti alla tutela del territorio e allo sfruttamento delle risorse naturali condotti sia da enti pubblici che privati a carattere sia scientifico che professionale. La possibilità di implementare continuamente il *database* consente di correggere e perfezionare il modello tridimensionale ogni qualvolta si rendano disponibili nuovi dati di sottosuolo, qualsiasi sia la loro provenienza.

Riferimenti bibliografici

- APRILE F., SBRANA A. & TOCCACELI R.M. (2004) – *Il ruolo dei depositi piroclastici nell'analisi cronostratigrafica dei terreni quaternari del sottosuolo della Piana Campana (Italia meridionale)*. Il Quaternario, **17**, 547-554.
- BRANCACCIO L., CINQUE A., ROMANO P., ROSSKOPF C., RUSSO F., SANTANGELO N. & SANTO A. (1991) – *Geomorphology and neotectonic evolution of a sector of the Tyrrhenian flank of the southern Apennines (Region of Naples, Italy)*. Z. Geomorph., **82**, Suppl. Bd., 47-58.
- BUSICO G., CUOCO E., SIRNA M., MASTROCICCO M. & TEDESCO D. – *Aquifer vulnerability and potential risk assessment: application to an intensely cultivated and densely populated area in southern Italy*. Arabian Journal of Geosciences, in stampa.
- DI GIROLAMO P. (1968) – *Petrografia dei tufi campani: il processo di pipernizzazione (Tufo –tufo pipernoide –piperno)*. Rend. Accad. Sci. Fis. e Mat. in Napoli, s. 4, **35**, 329-394.
- IPPOLITO F., ORTOLANI F. & RUSSO M. (1973) – *Struttura marginale tirrenica dell'Appennino Campano: reinterpretazione di dati di antiche ricerche di idrocarburi*. Boll. Soc. Geol. It., **12**, 127-250.
- ORTOLANI F. & APRILE F. (1985) – *Principali caratteristiche stratigrafiche e strutturali dei depositi superficiali della Piana Campana*. Boll. Soc. Geol. It., **104**, 195-206.
- ROMANO P., SANTO A. & VOLTAGGIO M. (1994) – *L'evoluzione geomorfologica della pianura del Fiume Volturno (Campania) durante il Tardo Quaternario (Pleistocene medio-superiore-Olocene)*. Il Quaternario, **7** (1), 41-56.

LA TOPOGRAFIA COME NON L'AVETE MAI VISTA

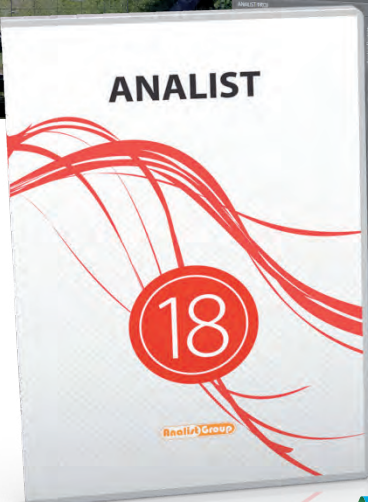
CURVE DI LIVELLO, PROFILI, SEZIONI...

PERFETTO PER RILIEVI CON DRONE

GESTISCE NUVOLE DI PUNTI GENERATE CON
 PIX4DMAPPER O SOFTWARE EQUIVALENTE



FREE
 DEMO



Nuovo Analist 2018 CLOUD

AUTODESK
 Technology

www.analistgroup.com



AnalistGroup

Analist Group - Via Aldo Pini, 10 - 83100 Avellino (AV) ITALY EU
 Tel. +39 0825.68 01 73 - Fax. +39 0825.68 53 39
www.analistgroup.com - info@analistgroup.com

Analist Group è Partner Ufficiale Autodesk, DJI, Leica Geosystems, MAPIR, Pix4D e FLIR



- SISMOGRAFI

- HVSR

- TOMOGRAFIA ELETTRICA

- GEORESISTIVIMITRI

- ENERGIZZATORI SISMICI

- IDROFONI



Seismograph
ECHO 48/2014 Seismic Unit - 24bit



Seismograph
ECHO 24/2010 Seismic Unit - 24bit



ECHO Tromo HVSR3 - 24bit



Mangusta MC 4B-96E
Geoelectrical Tomography Equipment



Resistivity Meter Datasares-10



3D/5D - 3D Twin Borehole Geophone



P/S Wave Borehole Energy Source



Borehole Deviation Probe

SIN Brescia – Caffaro: risultati monitoraggio acque sotterranee. Indagine geochimica e piezometrica, gennaio 2015

N. Pili, E. Alberico, M. Confalonieri, M.L. Pastore, R. Bortoletto, A. Molinari

Abstract

The National Land Reclamation of Brescia-Caffaro is located in the high plains of Lombardy in front of the Mella River valley (Val Trompia) for a total area of 2,180 ha of territory.

The Decree of the boundary line of the Site (24 February 2003) list the following types of plants: chemical, landfill, environmental risk.

The Site has become known at national level for soil PCB contamination treated at the Caffaro plant, but has also been verified the existence of heavy metals (arsenic, mercury, nickel, copper, lead, zinc, chromium), IPA, carcinogenic chlorinated aliphatic compounds, chlorobenzenes, pesticides, dioxins and furans. In the (groundwater) it has been ascertained the presence of heavy metals (chromium, arsenic, mercury, nickel, copper, lead, zinc), PCBs, PAHs, carcinogenic chlorinated aliphatic compounds, chlorobenzenes, pesticides, dioxins, furans.

As part of the activities required by the Programme Agreement of 29 September 2009 drawn up between Ministry for the Environment, Land and Sea and the local authorities has been assigned to Arpa Lombardia the responsibility to carry out the "Monitoring of groundwater quality in the

National Land Reclamation of Brescia-Caffaro ". In accordance and in fulfillment of this commitment, ARPA Lombardia - Brescia Department has prepared and carried out the "operating protocol for coordinating the monitoring of groundwater", which provided the execution of two qualitative and quantitative groundwater monitoring campaigns:

- The first campaign has been accomplished in June 2014 and has allowed to define the plume of contamination by metals, chlorinated solvents and pcb inside the Site, and in some instances to find the sources of contamination;
- The second campaign, carried out in the month of January 2015, has given a better way to define the plume of contamination and in some cases to be able to observe the growth. The contents in the following pages describe the results of geochemical and piezometric monitoring carried out in January 2015.

Introduzione

Il Sito d'Interesse Nazionale Brescia-Caffaro si colloca in corrispondenza dello sbocco nell'alta pianura lombarda della valle del Fiume Mella (Val Trompia) per una superficie totale di 2.180 ha di territorio.

Il Decreto di perimetrazione del SIN (24 febbraio 2003) elenca la presenza delle successive tipologie di impianti: chimico, discarica, esposizioni ambientali.

Su scala nazionale il sito è diventato noto per la contaminazione dei suoli da PCB trattati nello stabilimento Caffaro, tuttavia è stata altresì accertata la presenza di metalli pesanti (arsenico, mercurio, nichel, rame, piombo, zinco, cromo), IPA, composti alifatici clorurati cancerogeni, clorobenzeni, fitofarmaci, diossine e furani. Nelle acque sotterranee è stata accertata la presenza di metalli pesanti (cromo, arsenico, mercurio, nichel, rame, piombo, zinco), PCB, IPA, composti alifatici clorurati cancerogeni, clorobenzeni, fitofarmaci, diossine, furani.

Nell'ambito delle attività indicate dall'Accordo di Programma del 29 settembre 2009 fra Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e gli Enti Locali è stato affidato ad Arpa Lombardia l'incarico di compiere il "Monitoraggio della qualità delle acque di falda nel Sito di Interesse Nazionale Brescia Caffaro".

In coerenza ed in attuazione dell'impegno assunto, l'ARPA Lombardia - Dipartimento di Brescia ha predisposto e espletato il "Protocollo operativo per il coordinamento delle attività di monitoraggio delle acque sotterranee", il quale prevedeva l'esecuzione di due campagne di monitoraggio quali-quantitativo delle acque sotterranee:

La prima campagna, compiuta a giugno 2014 ha permesso di definire i plume di contaminazione da metalli, solventi clorurati e pcb all'interno del SIN, e in alcuni casi di risalire alle sorgenti di contaminazione;

La seconda campagna, compiuta nel mese di gennaio 2015 ha dato modo di meglio perimetrare i plume di contaminazione ed in alcuni casi di poterne riscontrare l'avanzamento.

Quanto contenuto nelle pagine a seguire descrive i risultati del monitoraggio geochemico e piezometrico effettuato nel gennaio 2015.

Inquadramento idrogeologico dell'area d'indagine

L'idrostruttura acquifera del territorio in esame è caratterizzata da un ampio conoide alluvionale depositatisi al di sopra di un substrato carbonatico cenozoico - mesozoico, che deve la sua genesi all'intensa attività deposizionale operata dal fiume Mella durante il Quaternario in corrispondenza del suo sbocco in pianura, in associazione con i rilevanti fenomeni erosivi che interessavano i retrostanti rilievi montuosi. Detto conoide risulta costituito da depositi prevalentemente grossolani che sono stati cartografati come Alluvioni antiche ed Alluvioni fluvio-glaciali e fluviali.

Si distinguono depositi di età olocenica (post-glaciali), rappresentati da materiali sabbioso-ghiaiosi e depositi più antichi di età pleistocenica, costituiti da conglomerati ghiaiosi, sabbiosi e limosi denominati "Ceppo" che presentano generalmente uno strato di alterazione superficiale argilloso da brunastro a giallo-rossiccio di ridotto spessore e risultano localmente ricoperte da una più o meno esigua coltre limosa.

L'assetto idrostratigrafico dell'area a partire dal piano campagna sino ad una profondità di 200 metri può essere sintetizzata nelle seguenti unità litologiche:

Unità ghiaioso-sabbiosa (Würm Auct. Olocene - Pleistocene medio - sup.) [Gruppo Acquifero A]

Si tratta di depositi di origine fluviale discretamente omogenei prevalentemente costituiti da ghiaie sabbiose. Vi sono comunque livelli e lenti limose argillose e ghiaie con abbondante frazione fine in rapporti eteropici. Tali livelli hanno estensioni orizzontali ed in senso verticale variabile e si presentano con un andamento di chiusura "a becco di flauto".

Unità conglomeratica detta Ceppo Lombardo Auct. (Pleistocene medio) [Gruppo Acquifero B]

È costituita da conglomerati e arenarie passanti a ghiaie e sabbie nel caso in cui vi sia un minor grado di cementazione con frequenti intercalazioni limose argillose di spessore ridotto

di pochi metri. Questi livelli hanno un modesto sviluppo laterale e continuità nel complesso dell'unità stessa.

Unità argilloso-limosa (Villafranchiane Auct. - Pleistocene medio - inf.) [Gruppo Acquifero C]

È caratterizzata da un complesso di depositi formati da argille e limi argillosi ai quali si intercalano livelli sabbiosi e sabbioso ghiaiosi con spessori limitati dell'ordine di pochi metri, i depositi sono di origine sia marina (v. parte basale con relativo contenuto fossilifero) che continentale costiera.

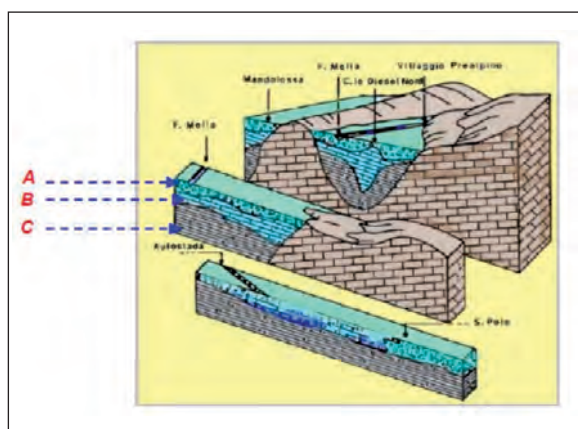


Figura 1 - Schema struttura idrogeologica comune di Brescia

Il gruppo acquifero A e il gruppo acquifero B, per quanto localmente confinati da un livello di materiale argilloso rappresentante la porzione di alterazione corticale del "Ceppo", a grande scala tendono a dare origine ad un unico complesso acquifero superficiale non compartimentato, multi-strato, libero a tetto e confinato alla base dai depositi Villafranchiani o dal basamento carbonatico mesozoico.

La permeabilità dell'acquifero A è essenzialmente di tipo primario ed è dell'ordine di 2×10^{-3} m/s; l'acquifero B, costituito da depositi conglomeratici ben cementati presenta una permeabilità principalmente di tipo secondario con valori di K leggermente inferiori all'acquifero A ma sempre dell'ordine di $K = 10^{-3}$ m/s.

Definizione della rete di monitoraggio e descrizione delle attività d'indagine

L'area che racchiude la rete di monitoraggio è rappresentata da un'ampia porzione del territorio del Comune di Brescia, comprendente l'intero perimetro del Sito Nazionale Brescia Caffaro e le aree limitrofe al perimetro del SIN stesso quali le aree a nord interessate dalla presenza dei campi pozzi ad uso idropotabile potabile "San Donino" e "Nord", le aree a sud-est, interessate dalla presenza dei campi pozzi "Lamarmora" e "Folzano" che per effetto delle loro attività di pompaggio condizionando le direzioni di flusso e trasporto dei contaminanti. La rete di monitoraggio della campagna di gennaio 2015 è costituita da un totale di 114 punti di misura piezometrica e 161 punti di prelievo geochimico. Tenuto conto dei risultati ottenuti nella campagna di monitoraggio di giugno 2014 sono state definite le seguenti reti di monitoraggio geochimico: rete per la determinazione dei metalli (163 punti). Sono stati analizzati i parametri più significativi all'interno del SIN, rappresentati da cromo totale, cromo esavalente, mercurio e arsenico; rete per la determinazione degli idrocarburi alifatici clorurati (163 punti). rete per la determinazione dei PCB (44 punti).

Definita la rete di monitoraggio, il progetto si è articolato nelle seguenti attività:

- esecuzione di rilievi piezometrici in corrispondenza di alcuni pozzi/piezometri;
- esecuzione di misure in continuo della conducibilità e dei parametri geochimici di base su due piezometri dedicati;
- esecuzione di attività di campionamento per analisi qualitativa delle acque sotterranee;
- coordinamento delle attività dei soggetti obbligati e prelievo di campioni per la validazione;
- esecuzione di analisi chimiche;
- elaborazione dei risultati ed in particolare:
- elaborazione della carta delle isopiezometriche del mese di gennaio 2015;
- elaborazione di carte di isoconcentrazione

Figura 2 - Carta delle piezometrie del SIN Brescia -Caffaro, monitoraggio gennaio 2015

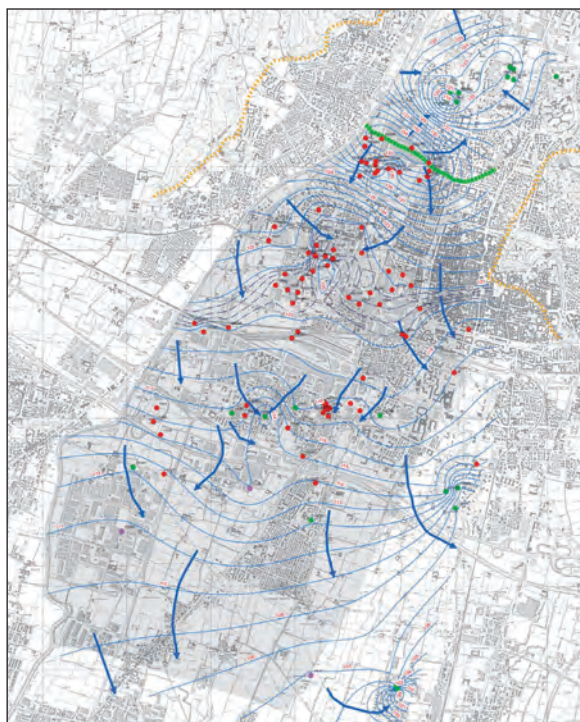
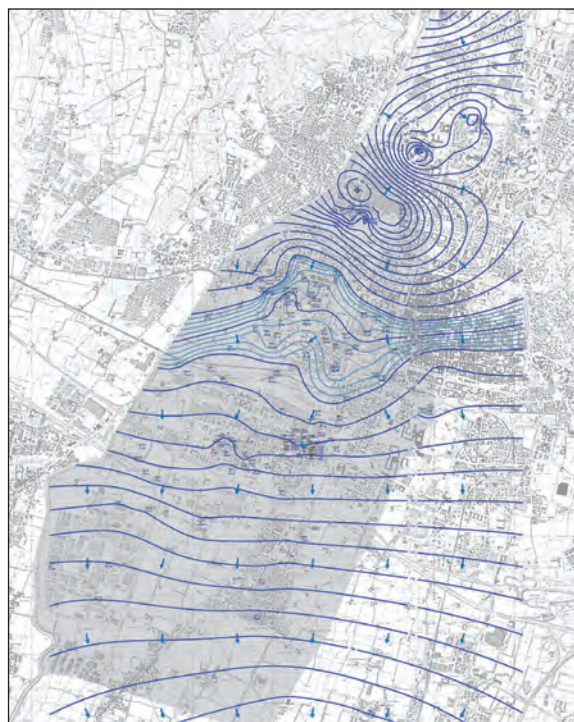


Figura 3 - Carta delle piezometrie del SIN Brescia -Caffaro, monitoraggio settembre 2014



per alcuni contaminanti ritenuti significativi o che hanno evidenziato modifiche rispetto a giugno 2014;

- valutazioni idrogeologiche inerenti il comportamento idrodinamico dell'acquifero nel periodo intercorso tra settembre 2014 e gennaio 2015;
- valutazioni geochemiche inerenti le variazioni dei pennacchi di contaminazione (plume) nel periodo intercorso tra settembre 2014 e gennaio 2015.

Risultati dell'indagine e discussione dei dati

Misure quantitative

Le misure di soggiacenza sono state convertite in quote piezometriche assolute in m s.l.m.; i dati così ricavati sono stati interpolati utilizzando il metodo geostatistico del Krigging al fine di ricostruire la superficie piezometrica dell'acquifero

relativamente al mese di gennaio 2015.

Sono state quindi analizzate nel dettaglio le variazioni delle linee isopiezometriche rispetto all'ultima elaborazione di settembre 2014. (**Figg. 2-3**)

In prima analisi si conferma una direzione di flusso di falda prevalentemente orientata nord-sud, deformata dai coni di depressione generati dai numerosi pozzi presenti.

Procedendo da nord verso sud si osserva quanto segue:

- si conferma un'importante depressione generata dalla presenza dei campi pozzi ad uso potabile "San Donino" e "Nord" di proprietà di A2A spa e utilizzati per il pubblico acquedotto della città;
- si evidenzia in corrispondenza dell'area "Iveco" la presenza di uno spartiacque dinamico orientato est-ovest, il cui assetto e posizione sono determinati dall'equilibrio tra gli emungimenti dei pozzi "San Donino" e "Nord" nel

Figura 4 - Andamento delle isopiezometriche nell'area pozzi A2A, Iveco e Caffaro

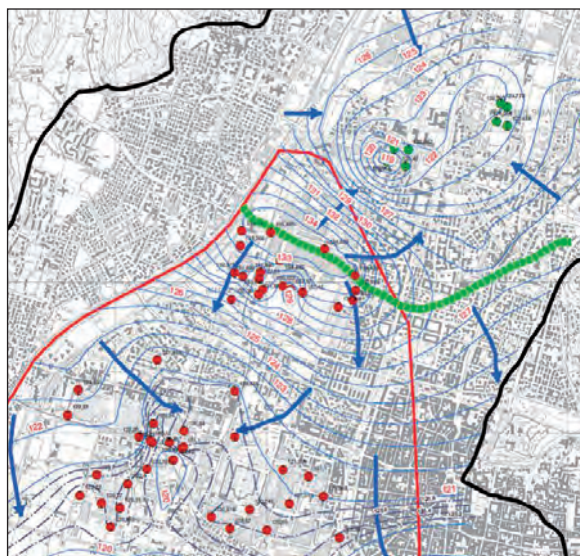


Figura 6 - Coni di depressione prodotti dall'emungimento dei pozzi A2A Folzano e Lamarmora

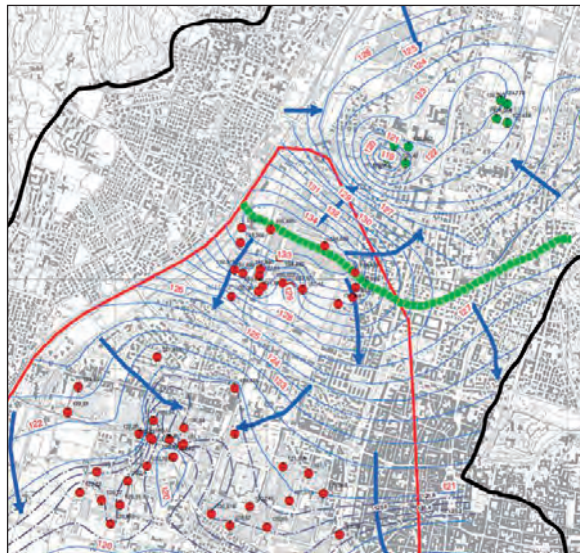


Figura 5 - Dettaglio dell'andamento delle isopiezometriche nell'area Caffaro

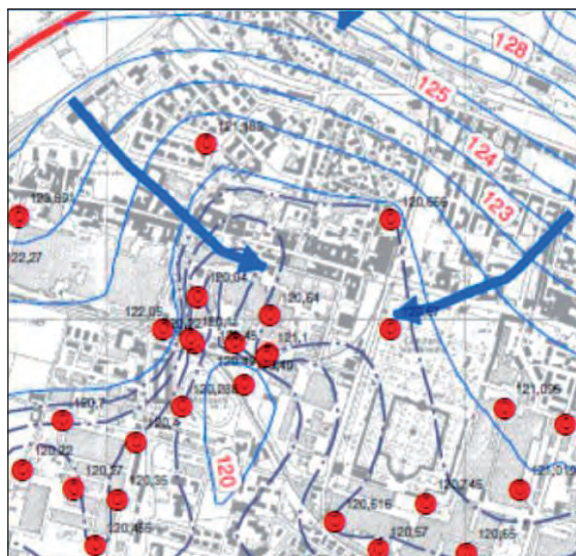


Figura 7 - Cono di depressione prodotto dall'emungimento del pozzo A2A Chiesanuova 2

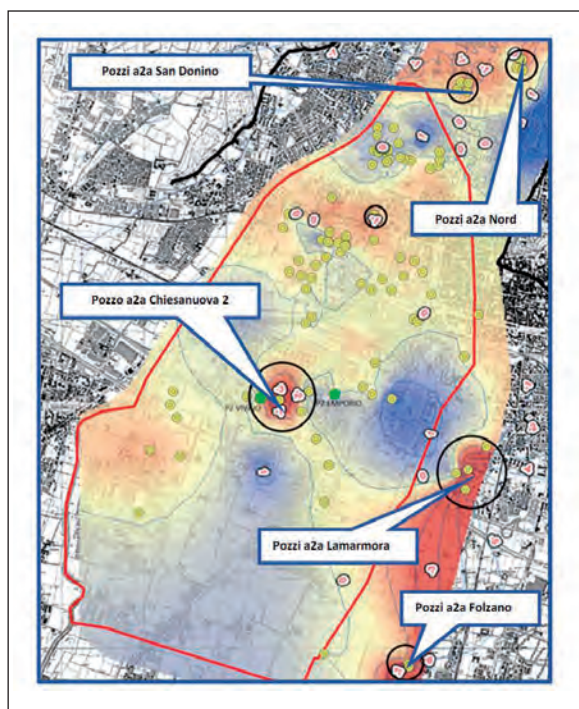


settore settentrionale e dei pozzi del sito industriale Caffaro nel settore meridionale;

- l'andamento delle isopiezometriche ha evidenziato e confermato la presenza di una vasta depressione nei pressi dell'insediamento Caffaro, dovuta all'emungimento delle acque sotterranee per le operazioni di messa in sicurezza del sito (Fig. 4);

- nel settore sud orientale dell'area in studio si conferma la presenza di due coni di depressione rappresentati dai campi pozzi A2A denominati "Lamarmora" e "Folzano" (Fig. 5);
- al centro della carta si individua un importante cono di depressione prodotto dall'emungimento del pozzo idropotabile "Chiesanuova 2" (Fig. 6);

Figura 8 - Carta della variazione piezometrica tra settembre 2014 e gennaio 2015



- Gli emungimenti sopra descritti influenzano pertanto localmente la direzione della filtrazione sotterranea, comportando oltretutto delle variazioni di gradiente idraulico. Nel caso specifico si può osservare un generale infittimento delle isopiezometriche nei pressi dei pozzi in esercizio (**Fig. 7**).

La carta di **figura 8** rappresenta le variazioni piezometriche tra le misure di gennaio 2015 e le misure di settembre 2014:

- le tonalità azzurre evidenziano un aumento del livello piezometrico;
- le tonalità giallo ocra evidenziano una variazione nulla del livello piezometrico;
- le tonalità tendenti al rosso porpora mettono in luce dei settori dove si è registrato un abbassamento del livello di piezometrico;
- i numeri indicano le variazioni relative in metri delle quote piezometriche tra le due campagne.

Nel complesso si osservano delle variazioni minime del livello di falda (**Fig. 8**), con degli abbassamenti via via più marcati in corrispondenza dei pozzi A2A San Donino, Nord, Chiesanuova 2, Lamarmora e Foltano; tali anomalie sono pertanto legate alla quantità di emungimenti e non attribuibili a fattori idrogeologici.

Indagine qualitativa

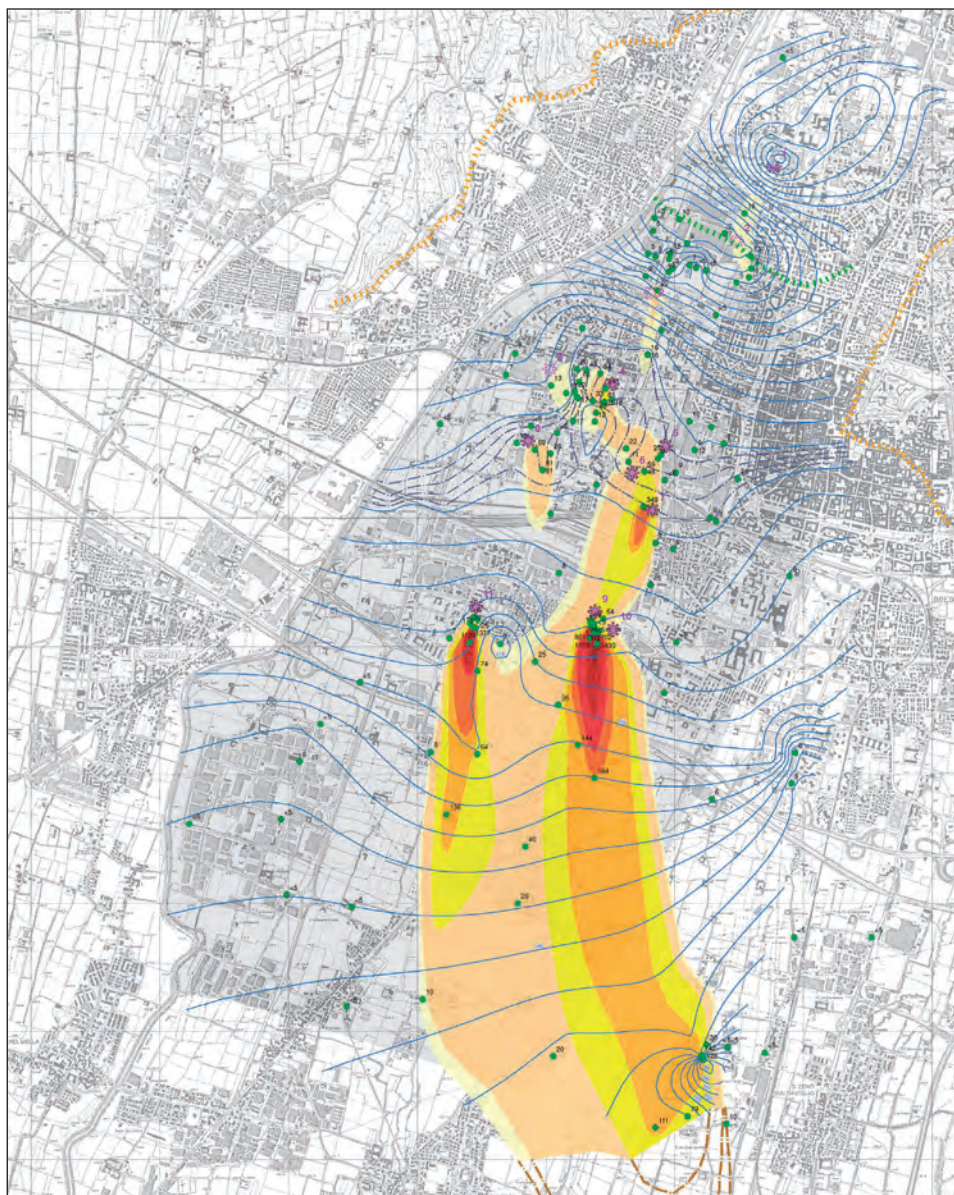
Le attività svolte hanno permesso di acquisire informazioni aggiornate sulla distribuzione spaziale dei principali contaminanti e sulle relative direzioni di trasporto. Il confronto analitico con i risultati della campagna di giugno 2014 ha altresì permesso di meglio comprendere l'evoluzione dei fenomeni di contaminazione accertati, aggiornando le conoscenze a gennaio 2015.

I dati geochemici sono stati interpolati attraverso un processo di gridding, secondo cui viene ricostruito l'andamento della variabile concentrazione in una griglia regolare di nodi, equamente spaziata, a partire da una serie di valori discreti ed irregolarmente distribuiti nello spazio, interpolati tra loro con il metodo "natural neighbor", definendo una direzione di maggiore correlazione fra i punti, lungo la direzione delle linee di flusso della falda. Per i principali contaminanti, per cui è stata evidenziata una variazione significativa dei valori riscontrati tra giugno 2014 e gennaio 2015, è stata realizzata una carta di isoconcentrazione dell'inquinante.

Cromo esavalente

La contaminazione da cromo esavalente (**Fig. 9**) nella falda bresciana costituisce l'elemento di maggiore criticità. All'interno del SIN sono stati identificati 11 pennacchi di contaminazione, i cui rispettivi focolai sono rappresentati perlopiù da ex attività di cromatura galvanica; tra questi, il plume n° 10 e il plume n° 11, rappresentano per quantità di concentrazione e per estensione areale la maggiore espressione della diffusione del contaminante all'interno e a valle idrogeologica del SIN. I due focolai sono ubicati nel centro abitato del comune di Brescia, presentano la medesima

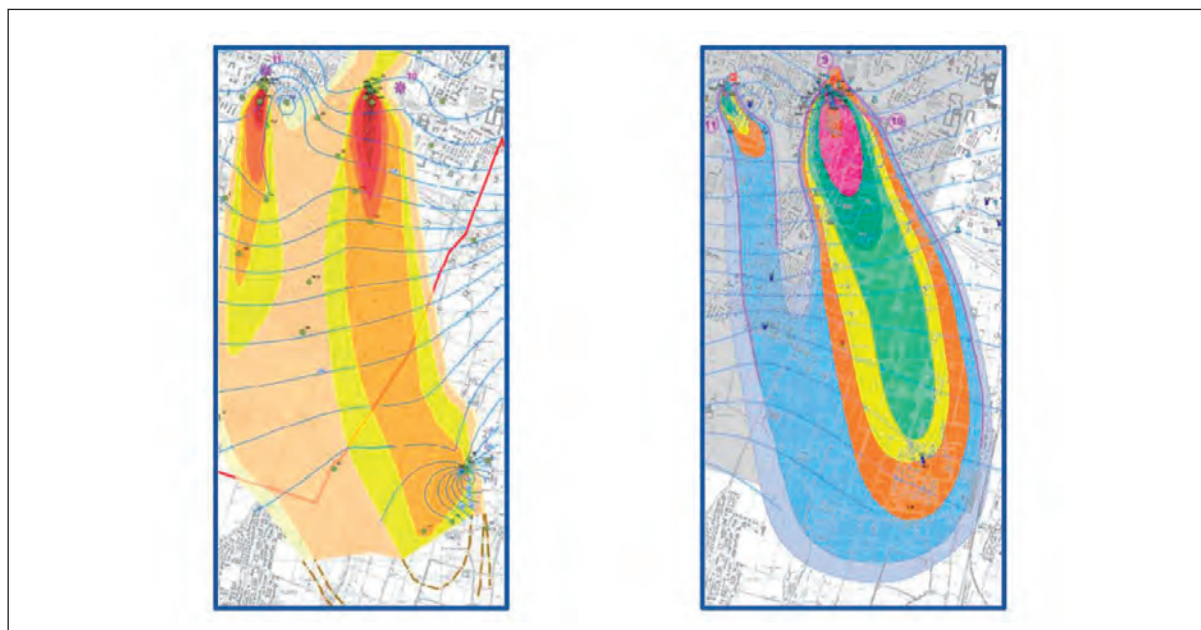
Figura 9 - Carta delle isoconcentrazioni di cromo VI – campagna di monitoraggio gennaio 2015



latitudine e distano di circa 1 km in longitudine; i relativi plume si sviluppano verso sud seguendo la direzione di flusso della falda e appena a valle della sorgente, per processi di diffusione molecolare e di dispersione meccanica si uniscono internamente creando un settore ad isoconcentrazione >20 mg/l esteso longitudinalmente quasi 2 km che

si sviluppa verso sud per circa 4 km; per ciascun plume si sintetizza quanto segue:

Plume 10 – A partire dal marzo 2008, fu riscontrata da ARPA la contaminazione da Cr VI nelle acque sotterranee in corrispondenza dell'area in cui è compreso il sito Baratti Eredi Inselvini, sito in cui l'attività di cromatura è presente dal

Figura 10 - Confronto tra i plume di contaminazione Baratti e Forzanini nel gennaio 2015 (a sinistra) e nel giugno 2014 (a destra)

1957. La concentrazione di Cr VI alla sorgente ha raggiunto valori massimi pari a 641.190 mg/l (misure del novembre 2012), attestandosi a concentrazioni pari a 10.740 mg/l nel monitoraggio di gennaio 2015.

Il plume nell'area Baratti mostra delle differenze in termini di concentrazioni e di estensione rispetto a quanto osservato nel giugno 2014; seppure le concentrazioni di cromo esavalente siano complessivamente diminuite nel focolaio, la contaminazione a valle si mantiene comunque notevole; nella fattispecie si osserva una riduzione della concentrazione su tutto il settore meridionale della sorgente e uno sviluppo di ulteriori 600 m in direzione sud nell'intervallo di 6 mesi, confermata dall'aumento della concentrazione di cromo esavalente in tutti i pozzi più a sud ricadenti in zona "Folzano".

Nelle elaborazioni di gennaio appare ben evidente come il cono di depressione dei pozzi "Folzano" di A2A intercetti e deformi il pennacchio;

Plume 11 – La sorgente di contaminazione è stata identificata nel 2010 nell'ex ditta

Forzanini, che ospitava sino agli anni 90 un impianto di cromatura ora dismesso. La concentrazione di cromo alla sorgente si attesta attualmente intorno a valori dell'ordine dei 1100 – 1400 mg/l, seppure storicamente sono stati registrati valori pari a 5000 mg/l. Rispetto al monitoraggio di giugno 2014 si osserva a valle idrogeologica dell'area un generale aumento della concentrazione di cromo esavalente e si conferma l'unione con il Plume 10, ciò ragionevolmente da imputare a processi di dispersione e diffusione molecolare.

Idrocarburi alifatici clorurati

All'interno del sito nazionale si evidenzia una concentrazione diffusa di solventi clorurati riconducibili principalmente ai parametri tetracloroetilene, triclorometano e tetracloruro di carbonio. Per ciascuno di questi contaminanti è stata realizzata la carta di isoconcentrazione.

Tetracloroetilene

Il monitoraggio compiuto a gennaio 2015 conferma quanto già delineato nella campagna di giugno

Figura 11 - Confronto tra i plume di contaminazione da tetracloroetilene nel gennaio 2015 (a sinistra) e nel giugno 2014 (a destra)

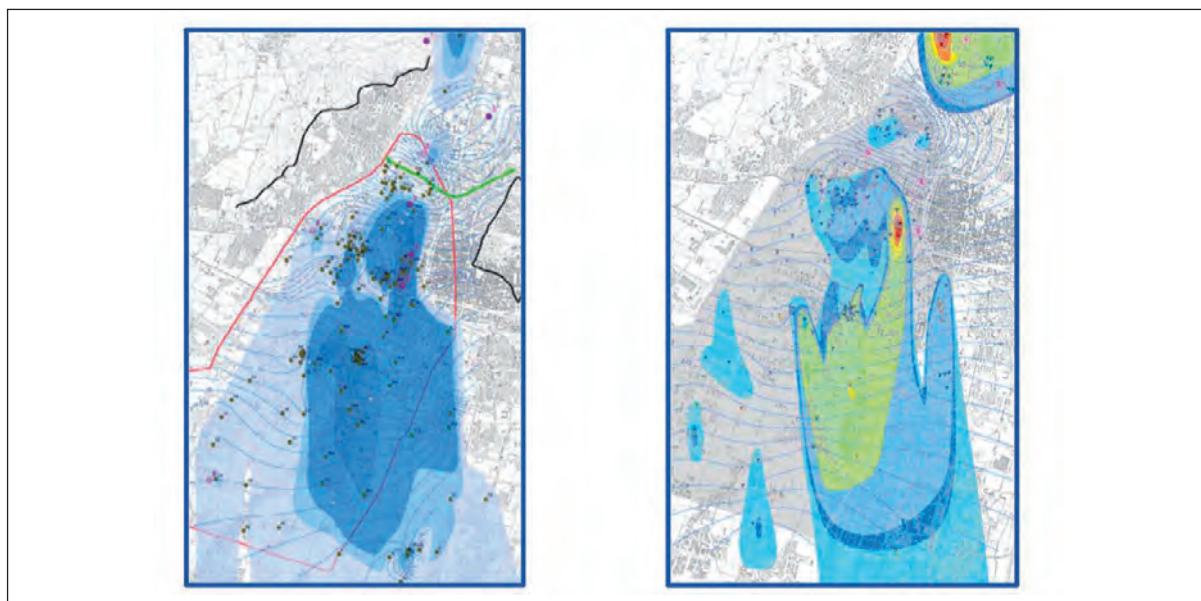
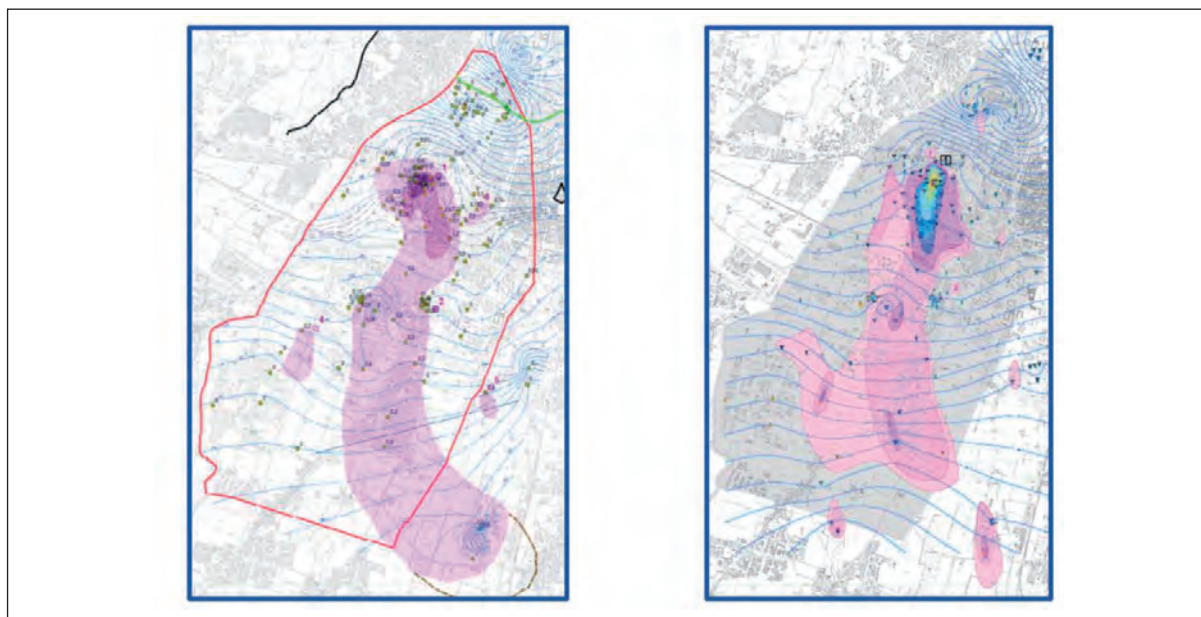


Figura 11 - Andamento delle isopiezometriche nell'area pozzi A2A, Iveco e Caffaro

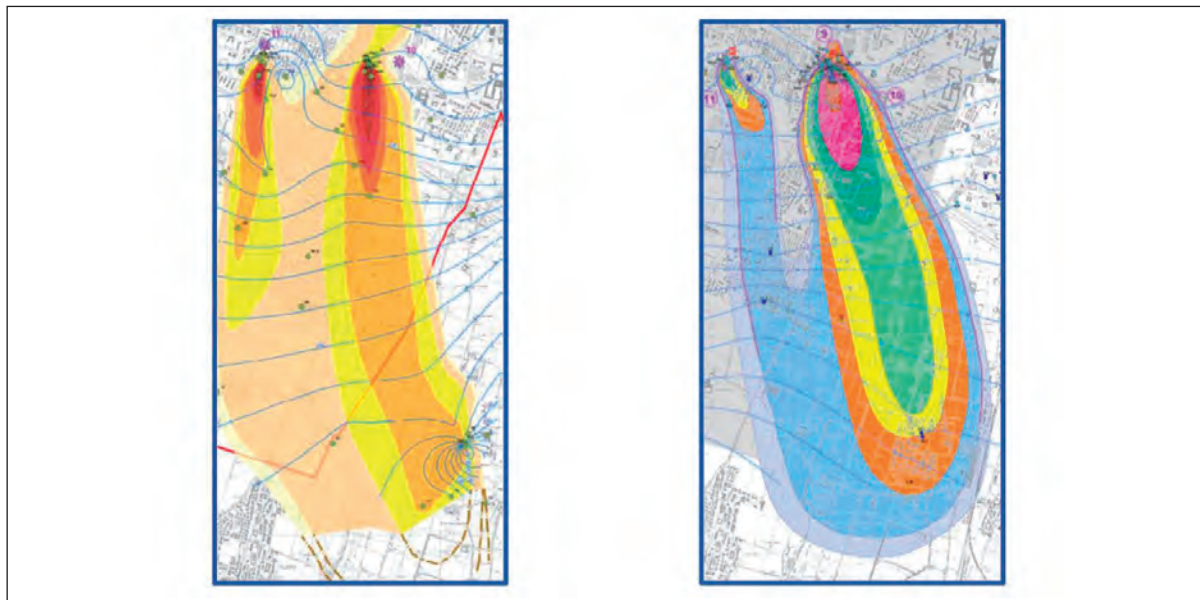
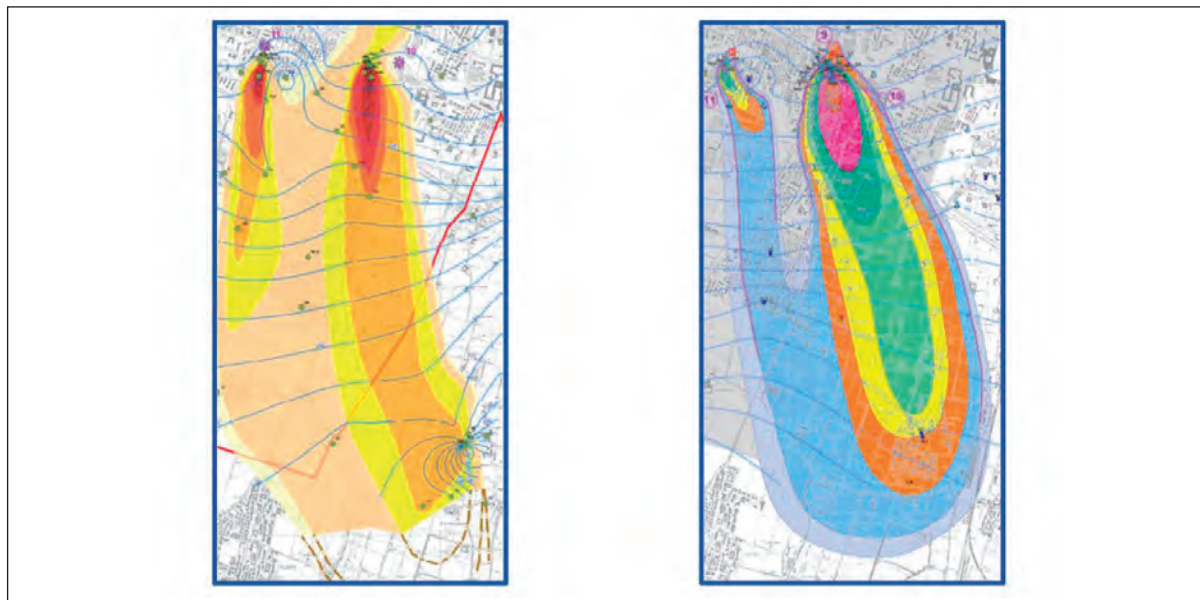


2014 per diffusione spaziale del contaminante. La stessa affinità si evince dal confronto delle tavole nei due periodi come riportato in **figura 11**. Si osserva una contaminazione diffusa in cui sono stati individuati 6 distinti plume con valori di PCE che in alcuni casi raggiungono gli 80 mg/l.

Triclorometano

In **figura 12** si presenta un confronto tra il plume rilevato a giugno 2014 e il plume rilevato nel gennaio successivo.

Sono stati singolarmente individuate 5 sorgenti di contaminazione, la principale ubicata all'interno

Figura 12 - Confronto tra i plume di contaminazione da triclorometano nel gennaio 2015 (a sinistra) e nel giugno 2014 (a destra)**Figura 13** - Confronto tra le contaminazioni da tetracloruro di carbonio nel gennaio 2015 (a sinistra) e nel giugno 2014 (a destra)

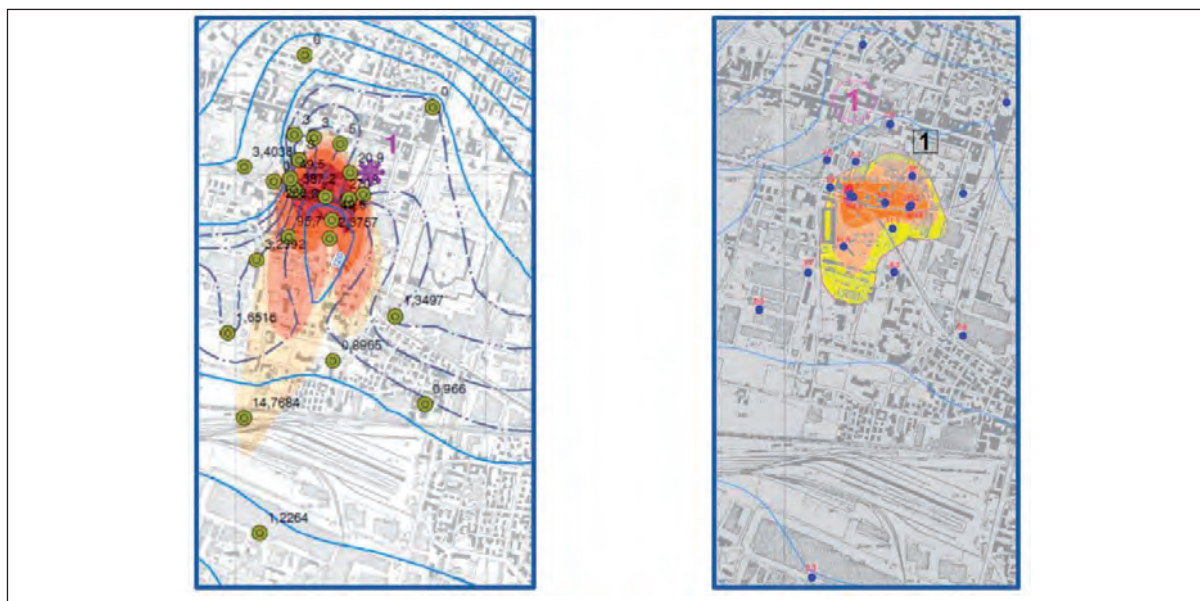
dello stabilimento Caffaro, da cui si diparte in direzione sud un pennacchio di lunghezza pari a circa 4 km. Si osserva, rispetto a giugno 2014 un quadro geochimico in miglioramento all'interno dello stabilimento Caffaro, ove è presente la sorgente del plume; si confermano altresì gli stessi valori

di concentrazione lungo il pennacchio (**Fig. 12**).

Tetracloruro di carbonio

La **figura 13** riporta la rappresentazione dei pennacchi di contaminazione monitorati nel periodo giugno 2014 e gennaio 2015 relativi al parametro

Figura 14 - Confronto tra le contaminazioni da PCB nel gennaio 2015 (a sinistra) e nel giugno 2014 (a destra)



tetracloruro di carbonio, da cui si osserva una diminuzione della concentrazione all'interno dello stabilimento Caffaro, sorgente del Plume, e una situazione stazionaria a valle lungo tutto il pennacchio che si propaga per circa 4 km.

Policlorobifenili (PCB)

La contaminazione da PCB proveniente dall'area Caffaro appare in questa sede più estesa di quanto rappresentato lo scorso giugno 2014, raggiungendo la zona dello scalo merci nel piezometro **PO017029NRE651** (14,7 ng/l): tale differenza è da attribuire sia ad un generale innalzamento della contaminazione, sia all'aumento dei punti di monitoraggio che hanno determinato una più corretta perimetrazione del plume, come si può osservare nella **figura 13**.

Conclusioni

La presente relazione costituisce il documento conclusivo delle attività in carico all'ARPA della Lombardia previste dall'Accordo di Programma del 29 settembre 2009 tra il Ministero

dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e Regione Lombardia. I dati e le elaborazioni riportati integrano e completano quanto contenuto nella precedente relazione *“Risultati delle indagini geochimiche e piezometriche campagna di giugno 2014”*.

Ad integrazione degli accertamenti condotti, sulla base dei dati ricavati nell'ultima campagna di monitoraggio di gennaio 2015 è stato osservato un generale abbassamento piezometrico a partire da gennaio 2015, abbassamento che al 30 novembre 2015 è risultato essere dell'ordine dei 5,00 m nei piezometri ove sono allestite le sonde di monitoraggio in continuo. Tale dato è confermato da altre misurazioni eseguite nei siti ubicati all'interno del SIN. L'abbassamento della tavola d'acqua è certamente riconducibile alla scarsa piovosità della stagione autunnale, che ha determinato un ritardo nell'avvio dell'anno idrogeologico 2015-2016.

Da un punto di vista idrodinamico si osservano importanti coni di emungimento che deformano le isopiezometriche e determinano delle direzioni di flusso e di trasporto dei contaminanti diverse da quelle che si potrebbero avere in condizioni di falda indisturbata (vedasi l'area Iveco ove è

presente uno spartiacque dinamico in equilibrio con i coni di depressione dei pozzi A2A a nord e Caffaro a sud).

Per quanto attiene gli aspetti qualitativi, si è potuto confermare, e in alcuni casi ridefinire, l'origine e la perimetrazione dei plume originati dai diversi contaminanti. In linea generale, a gennaio 2015 è stata osservata una generale attenuazione delle concentrazioni di contaminante all'interno dei siti maggiormente compromessi (Baratti e Forzanini per il cromo, Caffaro per i PCB e i solventi clorurati), seppure incrementi di concentrazione sono stati rilevati in corrispondenza di piezometri posizionati a valle di questi stessi siti, come nel caso dei PCB e del cromo esavalente.

Si è potuto infatti rilevare come il pennacchio dei PCB, originato dall'area Caffaro, è in realtà più esteso rispetto a quanto determinato nella precedente campagna; la nuova perimetrazione è da imputare, sia a una più fitta e adeguata rete di monitoraggio che ha permesso di intercettare il contaminante a sud del sito Caffaro, sia ad un'evoluzione del pennacchio stesso.

Per quanto riguarda il pennacchio di cromo esavalente proveniente dal sito Baratti e riscontrabile fino alla zona di Folzano, sembra quindi essere intercettato dal cono di influenza dei pozzi A2A. In quest'area si è notata una progressione della linea di isoconcentrazione dei 100 µg/l di circa 600 m in un intervallo temporale di 6 mesi, ovvero nel periodo intercorso tra giugno 2014 e gennaio 2015. Per quanto concerne infine la contaminazione da alifatici clorurati e da mercurio, si è osservata una situazione nel complesso stazionaria, con locali minime variazioni rispetto ai dati della precedente campagna.

**Autori:**

Sergio Storoni Ridolfi e Fabio Garbin

Editore:

DEI Tipografia del genio Civile

Pagine: 269**Anno:** 2016**Prezzo:** 38 euro**Sergio****Storoni Ridolfi**

geologo, attualmente presta servizio presso Anas SpA, Compartimento della Viabilità per l'Emilia Romagna. Dal 1999 al 2004 Docente incaricato di Geotecnica

e dal 2005 al 2010 di Geologia delle costruzioni stradali presso l'Università degli Studi di Roma Tre – Dipartimento di Scienze Geologiche. È autore dei volumi Introduzione alla geotecnica: i modelli costitutivi dei terreni, Palermo 2005 e Geologia e geotecnica stradale: i materiali stradali e la loro caratterizzazione, Palermo 2010.

**Fabio Garbin**

geologo, è il Direttore tecnico di una società che opera nei settori della geologia, delle indagini geognostiche, della geotecnica ambientale e delle analisi geotecniche di laboratorio (autorizza-

to dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti). In collaborazione con varie Università e con il CNR, coordina linee di ricerca inerenti le prove di permeabilità in sito di Boutwell e di Guelph, la stabilizzazione delle terre anche mediante mix design, la permeabilità dei giunti di palancole ed il comportamento geotecnico di materiali piroclastici.

Le Indagini Geotecniche

Qualità e procedure per la corretta progettazione e realizzazione delle opere

a cura del Geol. **Massimo Parente**

Il libro affronta il tema delle indagini geotecniche per la realizzazione di opere nell'ambito del nuovo codice degli appalti DLgs 50/2016. Le indagini sono trattate come un processo logico, analizzate in dettaglio secondo i principi di qualità esposti nelle norme ISO. La ragione di questo libro si ritrova nella norma citata, che stabilisce l'obbligo delle indagini geotecniche come base per la redazione del progetto di fattibilità.

Il volume è suddiviso in cinque capitoli, con la natura e finalità delle indagini nel primo, la qualità nel secondo, il progetto delle indagini nel terzo, la direzione delle indagini nel quarto e per ultimo la restituzione dei dati. Tutti i capitoli sono corredati da figure, grafici e tabelle che rappresentano chiaramente i concetti, l'importanza delle indagini geotecniche e le ricadute che si hanno nel progetto. Si comprende come il sistema di qualità sia una garanzia per la buona riuscita dell'attività geognostica e come la comprensione del progetto e delle opere da realizzare sia fondamentale per la progettazione delle indagini da eseguire.

Chi si occupa del progetto delle indagini? Di chi la competenza? Il geologo ed ingegnere geotecnico hanno entrambi le competenze per svolgere questo ruolo, la loro sinergia è utilissima per la conoscenza delle condizioni del terreno e la buona fattura dell'opera. A questo proposito molto interessante è la lettura del quadro normativo europeo che definisce l'ambito della geotecnica ed armonizza la figura del geologo e dell'ingegnere secondo un approccio integrato.

Il tema è vasto, ma è fuori dubbio che sia necessario "importare" in Italia nuova "terminologia" e competenze nel settore come ad esempio Ground engineering e che si definisca un approccio moderno e più proficuo per la risoluzione dei problemi che si affrontano nella progettazione. A titolo di esempio, la tabella 2.4 riporta il legame interdipendente tra geologi ed ingegneri richiesto dall'Eurocodice 7 con figure professionali altamente specialistiche, quali: Engineering geology, Geotechnical engineer, Geological engineer e Rock engineer.

Il testo si chiude con l'esposizione dei principi alla base della restituzione delle indagini, che rappresentano l'elemento di comunicazione principale del lavoro svolto e della loro fruibilità e corretto utilizzo.

DoReMi^{24 / 16 bit}

Sistema* pronto campagna a
4399 Euro IVA compresa

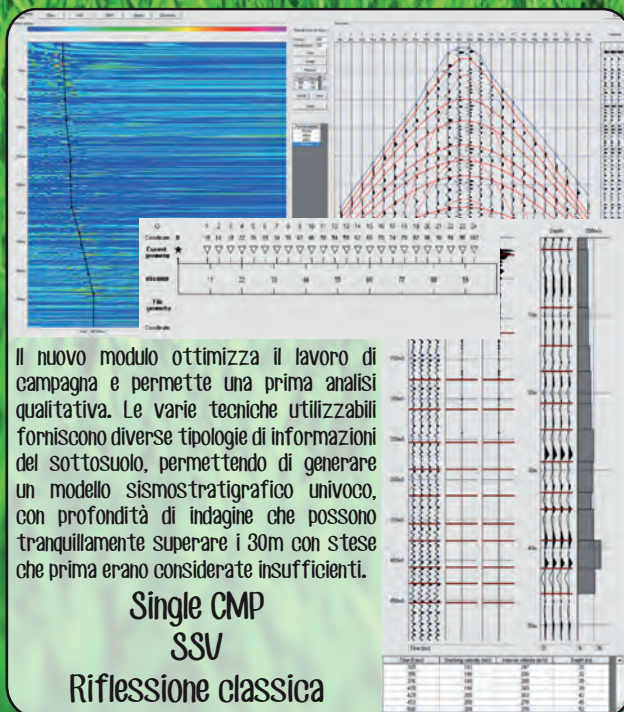
SISMOGRAFO DIGITALE

IBRIDO - MODULARE - MULTIRUOLO Nuove Soluzioni per Strutture GeoJar e suoli Riflessione



Il GeoJar è un velocimetro triassiale calibrato a telemetria digitale, integrabile con il DoReMi è adatto sia per misurazioni attive che per misurazioni passive.

HVSR e prospezioni multicomponente
Analisi modali
Analisi vibrazionali



Il nuovo modulo ottimizza il lavoro di campagna e permette una prima analisi qualitativa. Le varie tecniche utilizzabili forniscono diverse tipologie di informazioni del sottosuolo, permettendo di generare un modello sismostratigrafico univoco, con profondità di indagine che possono tranquillamente superare i 30m con stese che prima erano considerate insufficienti.

Single CMP
SSV
Riflessione classica

Oltre alle tecniche classiche: MASW, ReMi, SPAC-ESAC, Rifrazione, Down Hole.



sara
electronic instruments



Via A. Mercuri 4 - 06100 - Perugia - Italia - E-mail: info@sara.pg.it - Tel.: +390755051015 - Fax: +390755006315 - P.IVA 0038320549

Disponibili a qualsiasi prova senza impegno. Il design, le specifiche ed il prezzo potrebbero subire variazioni senza preavviso.

La carta della potenzialità geotermica a bassa entalpia della Regione Puglia

Geothermal Potential Map of Low Enthalpy in Puglia Region

Alessandro Reina Consigliere CNG e ricercatore Politecnico di Bari
Giorgio de Giorgi Geologo Libero professionista

Abstract

This work presents the results of research conducted in the territory of the Puglia region on the technical choices made to arrive at the drafting of the "Charter of low enthalpy geothermal potential of the first 120 meters of the subsoil of the Puglia region on the basis lithological".

The exhibition will include geological and hydro-geological features of the Puglia region, which is the area of study of this work, the methodology for drafting the Charter of low enthalpy geothermal potential of the first 120 meters of the subsoil of the Puglia Region of basic lithological and possible future developments that the mapping technique could have if properly implemented.

The paper of low enthalpy geothermal potential of the Puglia Region conducted as part of this research project is an operational guidance tool for mapping the region in relation to the potential for exploitation of geothermal resources for low-enthalpy plants, ie those plants mainly used for air conditioning of buildings and domestic hot water.

Premessa

Questo lavoro espone i risultati delle attività di ricerca condotte nel territorio della regione pugliese sulle scelte tecniche adottate per giungere alla redazione della "Carta della potenzialità

geotermica a bassa entalpia dei primi 120 metri di sottosuolo della Regione Puglia su base litologica" (Deliberazione della Giunta Regionale del 23 febbraio 2010, n. 465 - Convenzione tra Servizio Attività Estrattive della Regione Puglia e Dipartimento di Ingegneria della Acque e Chimica del Politecnico di Bari). Tale studio costituisce il primo database ad indirizzo geotermico della Regione Puglia, e rappresenta una solida base di partenza che consentirà la futura elaborazione di indicatori di fondamentale importanza per assicurare nel tempo la salvaguardia della concorrenza negli usi del sottosuolo per lo scambio termico.

Saranno esposti i lineamenti geologici ed idrogeologici della Regione Puglia, che costituisce l'area di studio del presente lavoro, la metodologia seguita per la redazione della Carta della potenzialità geotermica a bassa entalpia dei primi 120 metri di sottosuolo della Regione Puglia su base litologica e i possibili sviluppi futuri che tale mappatura tecnica potrebbe avere se adeguatamente implementata.

La carta della potenzialità geotermica a bassa entalpia della Regione Puglia realizzata nell'ambito di questo progetto di ricerca, rappresenta uno strumento di guida operativa per la mappatura del territorio regionale relativamente al potenziale sfruttamento della risorsa geotermica per gli impianti a bassa entalpia, ovvero quegli impianti utilizzati principalmente per il

condizionamento degli edifici e la produzione di acqua calda sanitaria.

Per la sua realizzazione sono state condotte le seguenti attività:

- acquisizione, georeferenziazione e analisi dei dati geolitologici utili alla realizzazione di una carta a orientamento geotermico;
- attribuzione dei valori di resa termica specifica ad ogni litotipo presente lungo le verticali investigate;
- calcolo della resa termica equivalente per ogni stratigrafia tarata fino alla profondità di 120 metri dal piano campagna;
- implementazione e analisi spaziale dei dati acquisiti;
- restituzione del dato cartografico.

Acquisizione e georeferenziazione di dati geolitologici utili alla realizzazione di una carta a orientamento geotermico

L'approccio per la realizzazione della carta è partito dalla implementazione della geologia di superficie attraverso l'analisi bibliografica dei lineamenti geologici della Puglia e l'esame di diverse cartografie geologiche a scala confrontabile con quella di output. A tal fine, sono state analizzate la carta giacimentologica redatta dai tecnici del Dipartimento di Ingegneria Civile del Politecnico di Bari per l'aggiornamento del P.R.A.E., e la carta idrogeomorfologica della Regione Puglia redatta dai tecnici dell'Autorità di Bacino, entrambe pubblicate e consultabili on line sul sito del Servizio Informativo Territoriale della Regione Puglia.

La carta giacimentologica della regione Puglia (fig. 1), rivolta alla pianificazione dell'attività estrattiva regionale, prevede raggruppamenti dei terreni affioranti sulla base delle caratteristiche **litologiche e tecniche** delle varie formazioni presenti, in nove unità, che possono essere ricondotte ad una medesima destinazione a finalità estrattiva.

Figura 1 - Carta giacimentologica della Puglia

Figura 1 - Field mining map of Puglia region



Le unità costituite sono le seguenti:

- Breccie sciolte o cementate e terre rosse: comprendente tutti i depositi eluvio-colluviali, i detriti di falda e i prodotti residuali del carsismo e dell'alterazione delle rocce;
- Depositi conglomeratici-sabbiosi sciolti: insieme di sedimenti grossolani sciolti dei fondovalle e dei depositi fluviali attuali, oltre che i depositi sabbiosi di spiaggia attuale;
- Depositi conglomeratici, sabbioso-limosi e calcarenitici variamente cementati: complesso di terreni di copertura plio-quadernaria di origine sia marina che fluviale, talora terrazzati;
- Depositi sabbiosi e conglomeratici variamente cementati: comprendenti le formazioni conglomeratiche e sabbiose plio-pleistoceniche di riempimento della Fossa Bradanica;
- Depositi argillosi e argilloso-marnosi: comprendente tutti i termini argillosi della serie bradanica;
- Complesso dei depositi arenaceo-calcareo-pellici: comprendenti in maniera indistinta tutte le unità alloctone dell'Appennino Dauno;
- Calcarenitici e calcilutiti variamente cementate di aspetto tufaceo: rappresentate da tutte le formazioni calcarenitiche dal Miocene al Pleistocene caratterizzate da un buon grado di cementazione e lavorabilità e da uniformità

dei caratteri;

- Calcari a liste e noduli di selce: gruppo dei calcari di bacino tipicamente in affioramenti sul Gargano occidentale;
- Calcari e calcari dolomitici, stratificati o in banchi, variamente fratturati: gruppo di formazioni carbonatiche afferenti al medesimo ambiente formazionale di piattaforma interna.

La cartografia su indicata risulta basarsi su criteri di suddivisione delle unità che considerano principalmente le caratteristiche litologiche delle varie formazioni affioranti o subaffioranti presenti, e tale carattere riflette la storia geodinamica della regione pugliese, sul cui territorio è possibile individuare i tre domini geodinamici presenti nell'Italia meridionale: avampaese, avanfossa e catena appenninica (Figura 2).

Nel territorio regionale infatti, il dominio di avampaese è rappresentato da tre distinte unità fisiografico-strutturali che da nord verso sud sono rappresentate dal Promontorio del Gargano, dall'Altopiano delle Murge e dal complesso delle Serre Salentine. Il dominio di avanfossa bradanica invece, è rappresentato dal Tavoliere, dal margine occidentale della Fossa bradanica, dall'arco ionico tarantino e dalla Piana brindisina mentre il dominio di catena è rappresentato dal Subappennino Dauno, posizionato nella zona nord-occidentale della Regione, adiacente al Tavoliere di Puglia.

Le unità fisiografiche presenti quindi, sono caratterizzate da differenti condizioni geologiche che si riflettono nelle diverse litologie prevalenti e nella loro distribuzione spaziale.

In relazione a tale aspetto, per la finalità a cui questo lavoro è rivolto, risulta quindi necessario conoscere non solo la geologia di superficie di un determinato territorio, ma anche come le varie formazioni presenti si distribuiscano nel sottosuolo, in quanto ogni litologia è caratterizzata da peculiari proprietà termiche, che conducono a valori di potenza estraibile dal sottosuolo variabili da zona a zona.

In tale ottica si è scelto di implementare la



Figura 2 - Carta geologica schematica della regione Puglia. (da Pieri et al., 1997, mod.) **Giallo**: unità plio-pleistoceniche della Fossa Bradanica e dell'avampaese; **Grigio**: unità meso-cenozoiche dell'Appennino; **Verde**: unità meso-cenozoiche della Piattaforma Apula e dell'avampaese.

Figure 2 – Geological Map of Puglia region. **Yellow**: Plio-pleistocenetic Units of Bradanic foredeep; **Grey**: Meso-Cenozoic Units of Southern Apennines; **Green**: Meso-Cenozoic Units of Apulia Platform.

cartografia geologica dei terreni affioranti e sub affioranti quale cartografia tematica di inquadramento nel geodatabase ma di fare riferimento, per le analisi delle proprietà termiche, a dati relativi alle litologie presenti in una profondità significativa di sottosuolo.

Pertanto, al fine di comprendere le caratteristiche geologiche del sottosuolo della regione, quali elementi di base da utilizzare per la realizzazione del primo Database regionale a finalità geotermiche della Regione Puglia, sono stati utilizzati i dati reperiti presso il Servizio Geologico d'Italia (ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) riguardanti le indagini nel sottosuolo catalogate in base agli adempimenti della Legge 464/84. I dati forniti comprendono le seguenti informazioni:

- dati generali sulle perforazioni (coordinate, comune, etc.);
- eventuale presenza della stratigrafia e corrispondente profondità d'investigazione.

Implementazione e analisi dei dati acquisiti

La quantificazione dell'energia potenzialmente estraibile dal sottosuolo con l'ausilio di sonde geotermiche verticali è valutabile prendendo in

considerazione la conducibilità termica dei terreni attraversati. Questa, com'è noto, è una grandezza fisica di non facile determinazione e richiede, sia in laboratorio che in sito, onerose procedure di misura che forniscono dati sito-specifici, utili al dimensionamento dei singoli impianti ma non funzionali alla redazione di una cartografia di inquadramento, a livello regionale, delle potenzialità di utilizzo del sottosuolo per lo scambio termico. La letteratura scientifica propone numerose tabelle riassuntive di valori di conducibilità termica misurata per ciascun litotipo su un gran numero di campioni, e quindi con una maggiore significatività statistica, alle quali potersi riferire per un inquadramento della capacità di geoscambio a scale confrontabili con quella delle cartografie di cui alla presente relazione.

L'utilizzo dei dati di letteratura ci pone nelle condizioni di poter attribuire a ciascuna unità litologica un valore indicativo della conducibilità termica e definire così un valore di conducibilità termica equivalente per ciascun punto di misura, coincidente con una colonna stratigrafica nota.

L'esigenza di una finalizzazione operativa della cartografia ha tuttavia orientato le elaborazioni verso la restituzione di una grandezza che, a differenza della semplice conducibilità termica, fosse immediatamente rapportabile all'utilizzo del sottosuolo per lo scambio termico: la resa termica equivalente di una sonda geotermica di lunghezza pari a quelle di più comune utilizzo nei piccoli impianti domestici, pari a 120 m.

Tale grandezza, espressa in W o kW, dà l'immediata

percezione della potenza termica estraibile dalla sonda e fornisce un primo utile orientamento all'utilizzatore del dato nelle scelte progettuali da adottare in base alle necessità di scambio termico. Tale approccio, consolidato ormai a livello internazionale da oltre un decennio, è quello che trova nelle norme VDI Richtlinien 4060 Blatt 1 e 2 la sua espressione più applicata nella pratica professionale. Al fine, tuttavia, di chiarire i limiti operativi di tale applicazione è importante evidenziare le "condizioni a contorno" per l'utilizzabilità di tali norme.

Il valore di resa termica unitaria (W/m), esprime la potenza termica estraibile per ogni metro di sonda a partire dalle seguenti condizioni progettuali di validità dei valori di resa termica in impianti a sonde geotermiche verticali (VDI Richtlinien 4060, Blatt 2):

- potenza minore di 30 kW termici;
- meno di 2400 ore di funzionamento l'anno;
- solo riscaldamento, con o senza acqua calda sanitaria;
- unica sonda geotermica;
- temperatura media annuale del sottosuolo di 10°C circa;
- temperatura minima del fluido termovettore nelle sonde di -3 ÷ 0 °C dopo 25 anni di funzionamento.
- Nel contesto pugliese tali valori sono sufficientemente cautelativi da poter essere utilizzati per una cartografia a scala regionale.

In relazione a quanto detto, nella **tabella 1** sono riportati i valori di resa termica utilizzati per le

Litologia	Resa termica min (W/m)	Resa termica max (W/m)	Resa termica utilizzata (W/m)
Ghiaia	15	25	20
Sabbia o arenaria	15	25	20
Argilla, limo	20	25	25
Conglomerati	30	40	35
Terreno vegetale	15	20	15
Calcarei compatti	50	55	50
Calcarei mediamente fratturati	40	50	45
Calcarei fratturati	30	40	35
Dolomia	50	70	60
Calcarenite e/o arenite	40	45	45

litologie affioranti nel territorio pugliese.

In Puglia la maggior parte dei Comuni ricade in zona climatica C e D con qualche Comune, a quote più elevate, in zona E (D.P.R. n. 412 del 26 agosto 1993, suppl. alla G.U. n. 242 del 14 ottobre 1993). In base alla normativa citata, tenendo conto del numero massimo di giorni in cui è consentito l'utilizzo dell'impianto di riscaldamento e del numero massimo di ore al giorno di funzionamento, si può prevedere, per le zone C e D, un numero massimo di ore di funzionamento annuo in riscaldamento inferiore a 2400.

Si può prevedere che, nonostante la Puglia abbia generalmente valori di flusso di calore molto bassi, la maggior parte degli impianti funzionerà in modalità bivalente, ovvero anche in raffrescamento, "restituendo" al sottosuolo quantità di energia termica confrontabili con quelle estratte nel periodo invernale. Viene consentita così una rinnovabilità in tempi ancora più brevi della risorsa termica.

Le rese termiche calcolate per singola sonda sono in gran parte della regione allineate a quelle necessarie alla climatizzazione di una piccola abitazione monofamiliare isolata, tipologia edilizia che trova ampia diffusione nel territorio pugliese ^[1].

La valutazione della resa termica equivalente di una singola sonda geotermica è stata effettuata in base alle numerose stratigrafie di pozzi reperiti, come detto in precedenza, dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, avendo cura di attribuire a ciascuna litologia il valore di resa termica unitaria più opportuno. Una capillare attività di reperimento dati ha consentito di acquisire ed analizzare ben 5936 stratigrafie di pozzi realizzati nel territorio pugliese delle quali sono state prese a riferimento i primi 120 metri di log. Per le stratigrafie aventi profondità inferiore

a 120 m, che rappresentano una piccola percentuale del totale, si è operato in due modi: i casi nei quali i dati a disposizione non permettevano di estrapolare con ragionevole certezza la presumibile stratigrafia fino ai 120 metri di profondità non sono stati presi in considerazione; dove invece le condizioni geologiche o la presenza di altri sondaggi nelle immediate vicinanze permettevano di desumere con buona approssimazione la stratigrafia delle porzioni di sottosuolo sottostanti, si è proceduto alla estrapolazione della stratigrafia fino a 120 m, che è stata inclusa nel database delle rese termiche equivalenti realizzato.

Attraverso giudizio esperto, sulla base di scelte dettate dalla conoscenza del contesto e dalla valutazione dell'affidabilità del singolo rapporto stratigrafico, è stato individuato il valore di resa termica di riferimento rispetto ai tipi di suoli e rocce elencati nelle norme VDI Richtlinien 4060 di ognuna delle litologie riportate nelle colonne stratigrafiche.

Nella attribuzione dei valori di resa termica si è tenuto in considerazione il range di variabilità dei valori di letteratura in modo da attribuire un adeguato grado di approssimazione ai risultati elaborati per le finalità del presente studio.

Ogni stratigrafia è stata ubicata e georeferenziata utilizzando come sistema di coordinate il World Geodetic System 1984 (WGS 84) ed è stato calcolato il valore di resa termica equivalente utilizzando la seguente relazione:

$$Rt_{eq} = \sum_{i=1,n} Rt_i \cdot S_i$$

dove Rt_i rappresenta la resa termica della litologia dello strato i -esimo ed è espressa in W/m ed S_i rappresenta lo spessore dello strato o del gruppo di strati corrispondente, in metri.

Detti valori di resa termica sono stati georeferenziati ed informatizzati in ambiente G.I.S., e rappresentano la base del primo sistema informativo territoriale con finalità geotermica della Puglia che potrà successivamente essere implementato con ulteriori dati che verranno ritenuti utili.

I dati raccolti sono stati organizzati in un database

¹ Per una analisi delle tipologie edilizie ad uso residenziale si può fare riferimento ai dati ripresi dal Piano Energetico Ambientale Regionale (PEAR). DGR n. 827 del 08/06/2007. Oltre l'80% degli edifici pugliesi sono mono-bi familiari e la superficie media degli alloggi è di poco superiore ai 90 mq. Il fabbisogno medio stimabile, a grandi linee, per una abitazione di 90 mq, con un medio isolamento termico, in clima mediterraneo è di ca 5-6 kW termici.

geografico contenente le seguenti informazioni:

- shape file della geologia di superficie e delle strutture geologiche principali;
- shape file dei sondaggi geognostici utilizzati per il calcolo di resa termica equivalente.
- Per operare analisi di tipo spaziale sui dati memorizzati nel geodatabase sono stati utilizzati dei metodi semplificati, coerenti con la scala di output della cartografia finale. Queste analisi hanno avuto lo scopo di ottenere una zonizzazione del territorio a partire dalle rese puntuali, valutate in corrispondenza delle colonne stratigrafiche acquisite. Le analisi effettuate si basano sull'interpolazione lineare, eseguita con metodo IDW – Inverse Distance Weighted.

In relazione ai valori di resa termica riscontrati nella fase di analisi, si è ritenuto utile classificare dette risultanze nelle seguenti cinque classi:

- Classe I - valori di resa termica equivalente minori di 3000 W;
- Classe II - valori di resa termica equivalente compresi tra 3000 e 4000 W;
- Classe III - valori di resa termica equivalente compresi tra 4000 e 5000 W;
- Classe IV - valori di resa termica equivalente compresi tra 5000 e 6000 W;
- Classe V - valori di resa termica equivalente maggiori di 6000 W.

Preliminarmente rispetto all'analisi spaziale il dataset relativo ai valori puntuali di resa termica equivalente è stato depurato manualmente da valori anomali o non significativi alla scala di riferimento. Un aspetto che merita di essere sottolineato è quello che, essendo la carta elaborata a partire da dati geolitologici, non tiene conto dell'effetto dovuto alla presenza ed al movimento delle acque sotterranee. Tale scelta, è opportuna per diversi motivi: le rese termiche in presenza di acqua sono più elevate, pertanto la scelta di attribuire il valore relativo al litotipo anidro è ragionevolmente cautelativa; la velocità di flusso di falda aumenta ulteriormente la resa coerentemente con tale approccio cautelativo;

nei litotipi calcarei, presenti in gran parte della regione, le caratteristiche idrogeologiche (soggiacenza della falda, permeabilità dell'ammasso, velocità di flusso ecc.), presentano una variabilità estrema, tale da rendere poco affidabile, a partire da un dato con significatività puntuale, l'estrapolazione di valori da utilizzare a scala regionale; in vaste aree, specie quelle con presenza di terreni sciolti, le fluttuazioni del livello di falda dovute a naturali oscillazioni stagionali e alla elevata densità di pozzi di prelievo, assumono valori significativi rispetto alla lunghezza della sonda di riferimento, comportando ampie variazioni della resa termica dovute al temporaneo passaggio saturo-anidro di estese porzioni di terreno. Tali variazioni non sono prevedibili in assenza di dettagliate informazioni sito-specifiche.

Potendo quindi disporre dei dati relativi alla litologia di superficie e dei primi 120 m di sottosuolo con le corrispondenti rese termiche, si è proceduto alla individuazione, sulla base di tali parametri, di aree caratterizzate da valori di resa termica equivalente e caratteri geolitologici che, alla scala di riferimento, possono essere considerati simili. Tale elaborazione ha consentito di operare una prima suddivisione del territorio regionale nei seguenti quattro macro - distretti geotermici:

- distretto garganico;
- distretto del tavoliere e del subappennino dauno;
- distretto del margine orientale bradanico e dell'arco ionico tarantino;
- distretto delle murge e del salento.

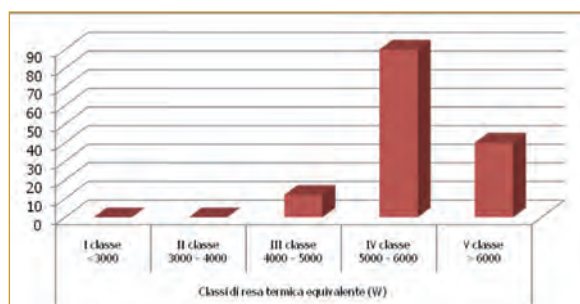
Distretto garganico

Il distretto geotermico garganico occupa la zona nord-occidentale della Regione Puglia ed è costituito quasi esclusivamente da rocce carbonatiche mesozoiche. Le rese termiche medie calcolate su base litologica sono piuttosto elevate, infatti il valore minimo riscontrato risulta essere di 4020 W, mentre quello più elevato risulta essere di 6520 W e potrebbe aumentare in corrispondenza delle porzioni sature di terreno e/o di calcari e dolomie

Estensione (km ²)	numero pozzi	numero di pozzi su km ²	Valore minimo resa termica equivalente (W)	Valore massimo resa termica equivalente (W)
1999	142	0,07	4020	6520

più compatti.

Nella **tabella in alto** sono riportati i dati di sintesi presenti in questo distretto. Per quanto riguarda i valori di resa termica equivalente riscontrati nel distretto è possibile affermare che la classe presente con maggior frequenza è la quarta, come è possibile desumere dal grafico successivo e dalla relativa tabella dei valori, dove su un totale di 142 pozzi presenti, 90 hanno rese termiche equivalenti appartenenti alla IV classe, 40 alla V classe, 12 alla III classe e nessuno nelle classi rimanenti



Classi di resa termica equivalente (W)					
	I classe <3000	II classe 3000 - 4000	III classe 4000 - 5000	IV classe 5000 - 6000	V classe > 6000
n. pozzi	0	0	12	90	40

I dati su esposti hanno condotto ad una distribuzione delle rese termiche equivalenti come rappresentate nella seguente figura, in cui è possibile osservare una elevata omogeneità derivante dalla elevata frequenza dei pozzi appartenenti alla IV classe riferibili alle zone di affioramento dei calcari mesozoici. Rese relativamente meno elevate sono presenti nella parte occidentale del distretto, e la fascia che lambisce le rese più elevate segna il più o meno graduale passaggio alla piana del Tavoliere, dove la presenza di depositi silicoclastici tende a far diminuire i valori di resa termica equivalente.

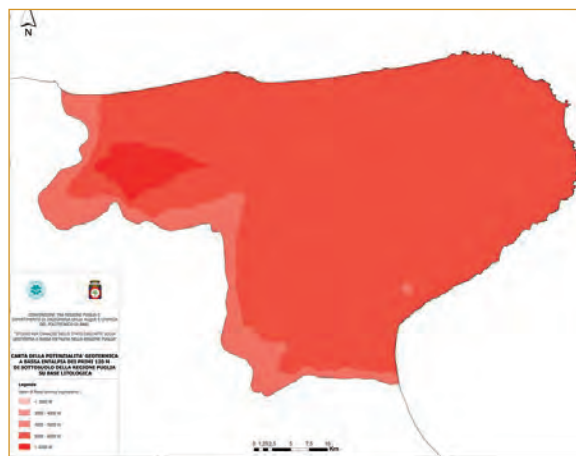


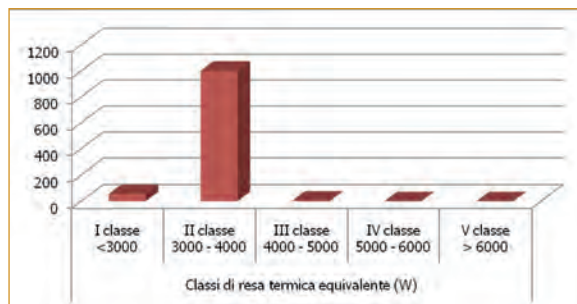
Figura 3 - Carta della resa termica equivalente del distretto garganico
Figure 3 - Equivalent thermal performance map of the Gargano district

Distretto del Tavoliere e del Subappennino Dauno

Il distretto geotermico del Tavoliere e del Subappennino Dauno è situato nella zona nord-orientale della Regione Puglia ed è costituito in prevalenza da depositi terrigeni del Tavoliere e, subordinatamente, dalle unità appenniniche litologicamente molto eterogenee. Le rese termiche equivalenti calcolate su base litologica sono mediamente basse, infatti il valore minimo riscontrato risulta essere di 2510 W, mentre quello più elevato risulta essere di 4145 W. Tali valori potrebbero aumentare ove vengano interessate porzioni sature di terreno. Nella tabella seguente sono riportati i dati di sintesi presenti in questo distretto:

Distretti geotermici	Estensione (km ²)	Nr. pozzi	Numero di pozzi su km ²	Valore minimo resa termica equivalente (W)	Valore massimo resa termica equivalente (W)
Tavoliere e Sub-appennino dauno	5303	1061	0,20	2510	4145

Per quanto riguarda i valori di resa termica equivalente riscontrati nel distretto è possibile affermare che la classe presente con maggior frequenza è la seconda, come è possibile desumere dal grafico successivo e dalla relativa tabella dei valori, dove su un totale di 1061 pozzi presenti, 1001 hanno rese termiche equivalenti appartenenti alla II classe, 55 alla I classe, 5 alla III classe e nessuno nelle classi rimanenti.



Classi di resa termica equivalente (W)					
	I classe <3000	II classe 3000 - 4000	III classe 4000 - 5000	IV classe 5000 - 6000	V classe > 6000
Numero pozzi	55	1001	5	0	0

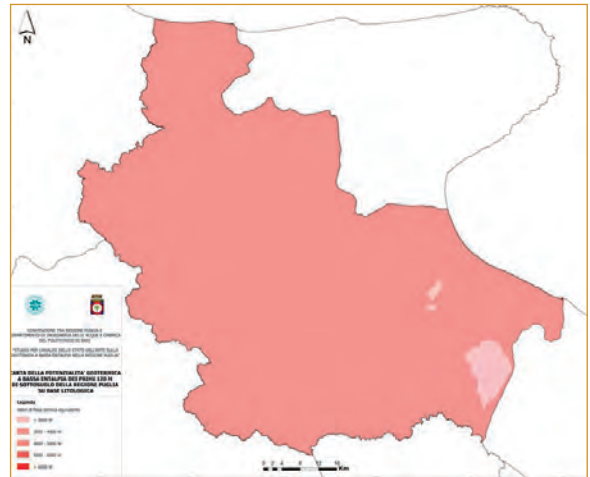
I dati su esposti hanno condotto ad una distribuzione delle rese termiche equivalenti come rappresentate nella seguente figura, in cui è possibile osservare una elevata omogeneità derivante dalla elevata frequenza dei pozzi appartenenti alla II classe. Rese relativamente meno elevate sono presenti in una poco estesa zona nella parte meridionale del distretto, poco distante dal dal distretto delle Murge. I valori di resa termica equivalente non molto elevati di questo territorio, ma comunque assolutamente idonei per la realizzazione di impianti geotermici a bassa entalpia, deriva dalla composizione litologica dei sedimenti ivi presenti, caratterizzati da alternanze di sabbie, conglomerati, ghiaie e argille le cui conducibilità termica non è molto elevata.

Distretto del margine orientale bradanico e dell'arco ionico tarantino

Il distretto geotermico del margine orientale

Figura 4 - Carta della resa termica equivalente del distretto del Tavoliere e del sub-appennino dauno

Figure 4 - Equivalent thermal performance map of the Tavoliere and sub-appennino dauno district



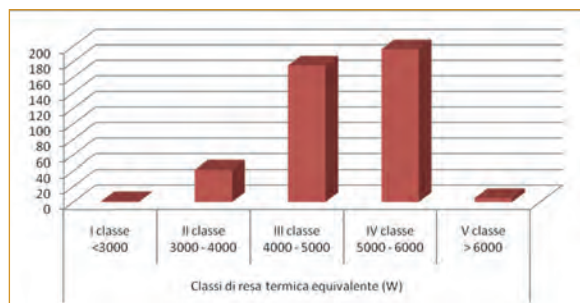
bradanico e dell'arco ionico tarantino coincide con il versante bradanico delle Murge e la fascia compresa tra i rilievi collinari della murgia tarantina e la costa. La prevalenza di depositi sabbiosi e la minore componente argillosa consente, rispetto al distretto precedente, rese termiche medie calcolate su base litologica maggiori, il cui valore minimo si attesta a 2999 W mentre quello massimo raggiunge 6030 W. Come già riportato negli altri casi le rese potrebbero aumentare ove vengano interessate porzioni sature di terreno.

Nella tabella seguente sono riportati i dati di sintesi presenti in questo distretto:

Distretti geotermici	Estensione (kmq)	n° pozzi	nr. pozzi su km2	Valore minimo resa termica equivalente (W)	Valore massimo resa termica equivalente (W)
Arco Ionico e margine bradanico	1518	418	0,28	2999	6030

Per quanto riguarda i valori di resa termica equivalente riscontrati nel distretto è possibile affermare che le classi con frequenza prevalente sono la quarta e la terza, come è possibile desumere dal grafico successivo e dalla relativa tabella dei

valori, dove su un totale di 418 pozzi presenti, 196 hanno rese termiche equivalenti appartenenti alla IV classe, 175 alla III classe, 41 alla II classe, 5 alla V classe e soltanto 1 nella I.



Classi di resa termica equivalente (W)					
	I classe <3000	II classe 3000 - 4000	III classe 4000 - 5000	IV classe 5000 - 6000	V classe > 6000
Numero di pozzi	1	41	175	196	5

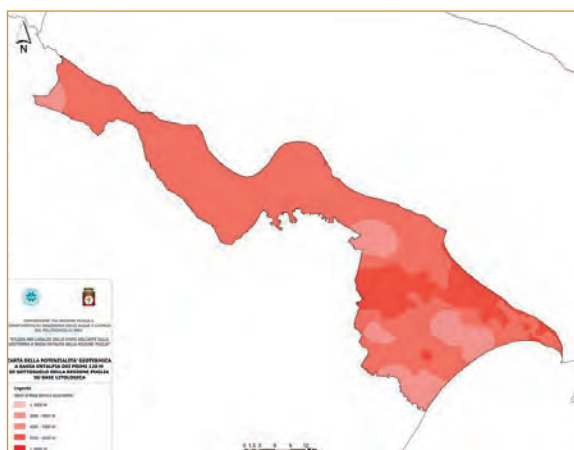
La maggiore eterogeneità nei valori riscontrati è legata alla maggiore eterogeneità dei terreni presenti, infatti, come è possibile riscontrare nella figura seguente, i valori di resa termica equivalente maggiori (V classe) sono i più frequenti nel distretto, ma occupano un'area relativamente meno estesa poiché si concentrano in una zona specifica, che funge da separazione tra il margine orientale bradanico e la piana costiera dell'arco ionico, e che corrisponde ad un alto strutturale costituito dai calcari mesozoici, la cui resa termica è maggiore rispetto a quella dei litotipi terrigeni costituenti appunto la piana costiera ed il settore bradanico. A causa delle eterogeneità delle litologie silicoclastiche inoltre, è possibile anche osservare una certa variazione nei valori di resa termica equivalente nella piana costiera, dove sono presenti aree con rese comprese tra 4000 e 5000 W ed aree con valori compresi tra 3000 e 4000 W.

Distretto delle Murge e del Salento

Il distretto geotermico delle Murge e del Salento

Figura 5 - Carta della resa termica equivalente del distretto del margine bradanico e dell'arco ionico tarantino

Figure 5 - Equivalent thermal performance map of the bradanic margin and arco ionico district



occupa la maggior parte del territorio pugliese, e coincide con le aree in cui le unità calcaree e calcareo-dolomitiche di avampaese sono affioranti o presenti in una significativa porzione dei 120 m di sottosuolo analizzati.

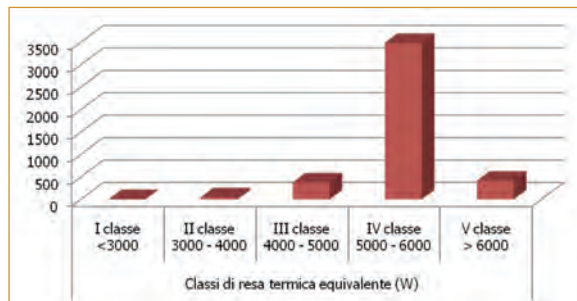
Le rese termiche equivalenti calcolate su base litologica sono piuttosto alte, infatti anche se il valore minimo riscontrato risulta essere di 3080 W, e quello più elevato raggiunge 6592 W, le rese termiche equivalenti maggiormente presenti sono quelle della IV classe. Tali valori potrebbero aumentare ove vengano interessate porzioni sature di terreno.

Nella tabella seguente sono riportati i dati di sintesi presenti in questo distretto:

Distretti geotermici	Estensione (km ²)	n° pozzi	nr. pozzi su km ²	Valore minimo resa termica equivalente (W)	Valore massimo resa termica equivalente (W)
Murge e Salento	10501	4315	0,41	3080	6592

Nel dettaglio, per quanto concerne i valori di resa termica equivalente riscontrati nel distretto è possibile affermare che la classe presente con maggior frequenza è la quarta, come desumibile dal grafico

successivo e dalla relativa tabella dei valori, dove su un totale di 4315 pozzi presenti analizzati, 3492 hanno rese termiche equivalenti appartenenti alla IV classe, 414 alla V classe, 376 alla III classe, 46 alla II classe e nessuno nella classe rimanente.



Classi di resa termica equivalente (W)					
	I classe <3000	II classe 3000 - 4000	III classe 4000 - 5000	IV classe 5000 - 6000	V classe > 6000
Numero di pozzi	0	43	376	3482	414

I valori riscontrati in questo distretto comunque, permettono alcune considerazioni. Tutta l'area risulta avere una notevole omogeneità nella distribuzione dei valori di resa termica equivalente a causa della presenza in affioramento e nel sottosuolo dei depositi carbonatici mesozoici, ma è anche possibile individuare alcuni sub-distretti in cui si concentrano valori di resa termica differente. I sub-distretti individuati sono i seguenti: parte alta del Salento, piana brindisina, area gallipolina e zone dell'entroterra tarantino.

Nella parte alta del Salento sono presenti pozzi la cui resa termica equivalente è maggiore di 6000 W in quanto nel sottosuolo sono stati riscontrati livelli dolomitici la cui resa termica assegnata è stata di 60 W/m, che hanno condotto ad un ovvio aumento della resa termica equivalente del pozzo. La piana brindisina, l'area gallipolina ed alcune zone dell'entroterra tarantino invece, sono caratterizzate da valori di resa termica inferiore in quanto sono presenti nell'immediato sottosuolo litologie silicoclastiche la cui resa termica risulta inferiore a quella dei calcari, e quindi questo ha condotto a valori di resa termica equivalente relativamente inferiori.

Un ultimo aspetto degno di segnalazione è la presenza nella zona di confine settentrionale del distretto di una fascia con resa termica equivalente di III classe, che segna il progressivo passaggio dell'altopiano delle Murge al Tavoliere.

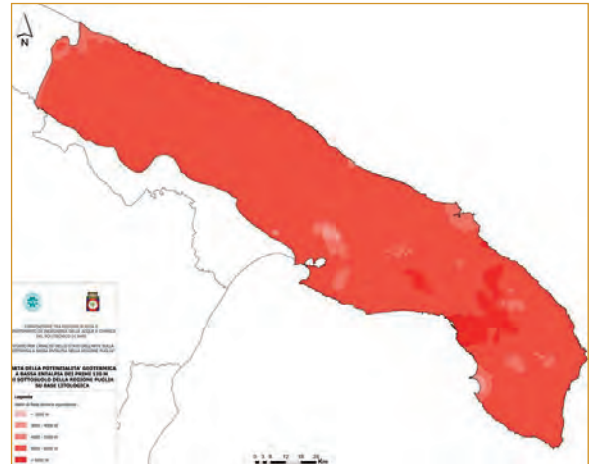


Figura 6 - Carta della resa termica equivalente del distretto delle Murge e del Salento

Figure 6 - Equivalent thermal performance map of the Murge and of the Salento district

Analisi dei risultati

Dal confronto della carta della potenzialità geotermica con le cartografie geologiche risulta evidente la non completa sovrapposibilità delle stesse. Questa circostanza rende ragione della differenza tra dati di geologia di superficie e dati relativi alla geologia dello spessore di sottosuolo significativo ai fini dello scambio termico e dimostra come sia opportuno riferirsi a questi ultimi per la determinazione della potenzialità geotermica a livello regionale. Esistono ad esempio ampie aree in cui affiorano depositi, che hanno tuttavia spessori abbastanza ridotti da non comportare significative variazioni della resa termica rispetto alla litologia prevalente nello spessore interessato dalle sonde. A titolo di esempio si veda come l'aumento della resa termica al passaggio tra Tavoliere e Murge o Gargano sia graduale al ridursi della profondità di rinvenimento del substrato carbonatico o delle porzioni calcarenitiche più compatte e non coincida

con il passaggio, piuttosto brusco, tra aree di affioramento dei calcari e dei terreni alluvionali. Un altro esempio di non sovrapponibilità tra dati di superficie e di profondità è dato dalla piana brindisina (ricompresa nel distretto delle Murge e del

Salento per la sua estensione limitata) in cui le aree di affioramento dei terreni sciolti sono molto estese ma la limitata profondità di rinvenimento dei calcari ha fatto sì che l'area a minore resa termica fosse in realtà molto più ridotta.

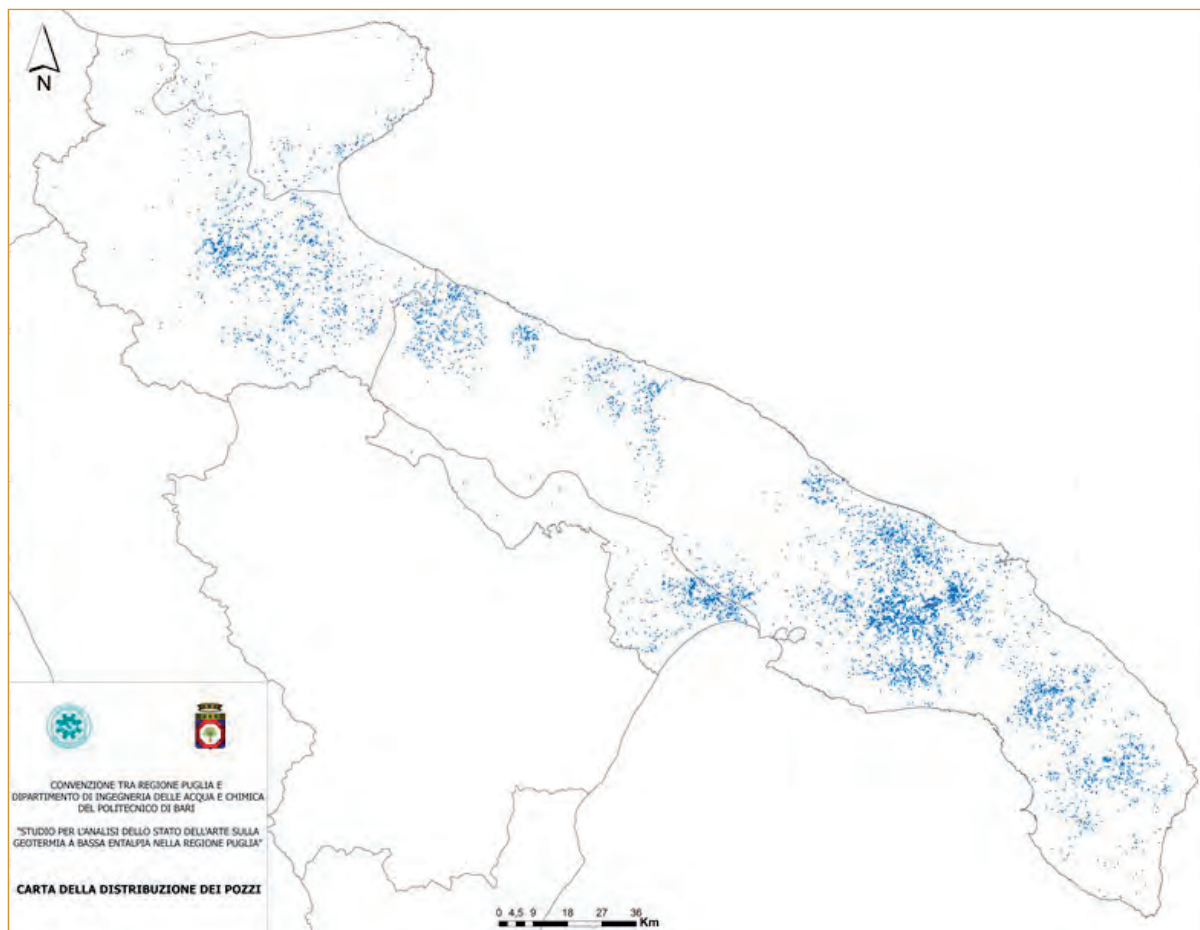


Figura 7 – Distribuzione dei pozzi analizzati

Figure 7 - Distribution of analyzed wells

Dominio geolitologico	Densità di colonne stratigrafiche (n/km ²)	Omogeneità delle caratteristiche litologiche	Rappresentatività dell'analisi
Distretto garganico	0,07	alta	Medio-alta
Distretto del Tavoliere e del Subappennino Dauno	0,20	Medio - bassa	Medio-alta
Distretto del margine orientale bradano e dell'arco ionico tarantino	0,27	media	media
Distretto delle Murge e del Salento.	0,41	alta	alta

Ci sono inoltre aree abbastanza limitate nel territorio regionale dove è possibile osservare una diminuzione dei valori di resa termica equivalente, come ad esempio nella zona dell'entroterra gallipolino, dove la litologia prevalentemente silico-clastica dei sedimenti ivi presenti contribuisce a diminuire tale valore.

Modalità di restituzione del dato cartografico

Le assunzioni espresse nella presente relazione tecnica esplicativa sono collegate all'ampia estensione territoriale dell'area di indagine e fanno dell'output cartografico prodotto uno strumento idoneo a fornire indicazioni generali sulla propensione del territorio ad ospitare impianti geotermici e non indicazioni estrapolabili a livello puntuale in fase di progettazione esecutiva

del singolo impianto.

La densità di colonne stratigrafiche disponibili per l'analisi varia notevolmente a seconda del macro-distretto geotermico considerato e, incrociata con la valutazione dell'omogeneità a grande scala delle caratteristiche litologiche, fornisce un'idea della rappresentatività dell'analisi effettuata (figura 7).

Fino a tale scala è possibile definire e classificare aree omogenee per resa termica equivalente della sonda tipo con una precisione coerente con i dati di base e il modello di analisi utilizzato.

Per effettuare valutazioni a scale superiori sarebbe necessario aumentare la densità e la tipologia di dati acquisiti rendendo possibile l'utilizzo di modelli di analisi e interpolazione maggiormente complessi (figura 8).

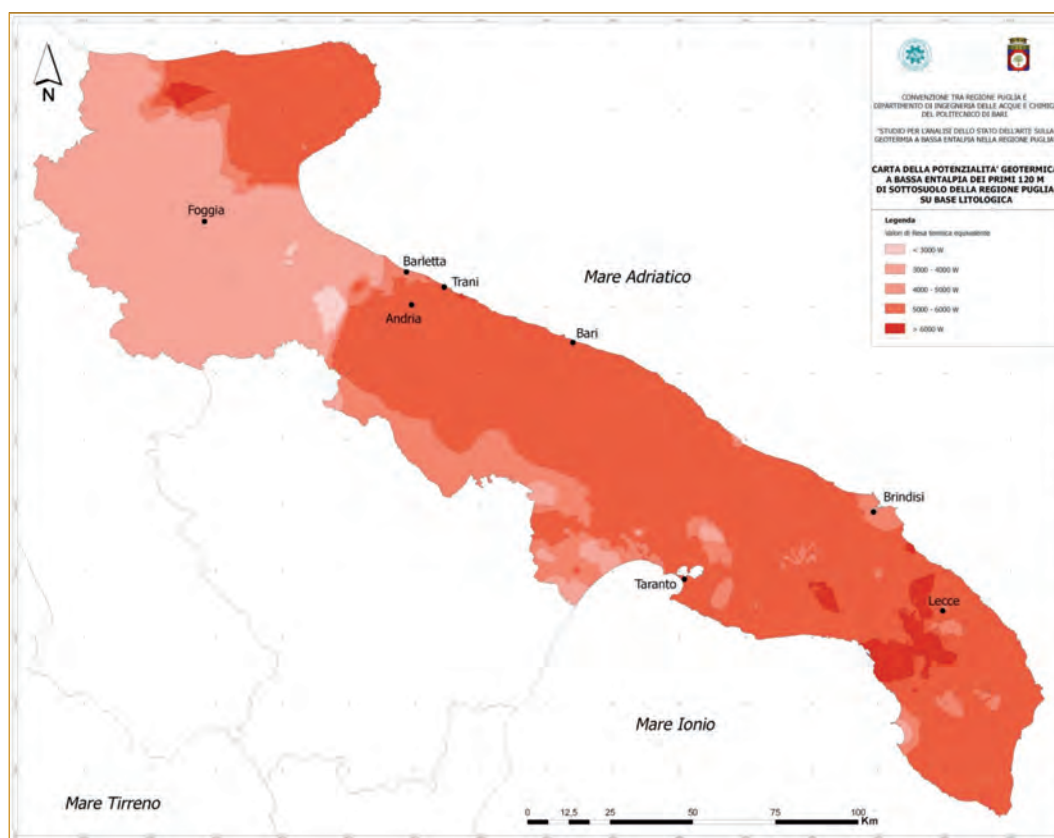


Figura 8 - Carta della potenzialità geotermica a bassa entalpia della regione Puglia

Figure 8 - Geothermal potential map of low enthalpy in Puglia region

Rocco Lombardi

Avvocato, dottore di ricerca in diritto ed economia dell'ambiente, Università degli Studi di Bari Aldo Moro

Il contratto di rete

lo strumento aggregativo a servizio di imprese e professionisti

1. Attività professionale e contratto di rete
2. Nascita ed evoluzione normativa del contratto di rete
3. Aggregazione, sviluppo, ricerca, semplificazione, internazionalizzazione, nonché, nuovo strumento di partecipazione a gare ad evidenza pubblica

1

Attività professionale e contratto di rete



L'attività professionale dei geologi è caratterizzata dall'applicazione di nozioni scientifiche ed esperienza tecnica in questioni estremamente pratiche. Tale circostanza comporta, oltre ad una formazione continua a livello tecnico ad una ininterrotta ricerca a livello scientifico, l'utilizzo di macchinari altamente tecnologici e, spesso, piuttosto costosi. Nell'espletamento dell'attività avviene, dunque, piuttosto frequentemente, che il geologo sia tenuto ad avvalersi di società (proprie o in conto terzi), volte a permettere l'utilizzazione di strumenti destinati ad analisi ed interventi.

Altra questione che caratterizza l'attività professionale, è l'interazione con altri professionisti e imprese, nell'espletamento delle operazioni pratiche, con la relativa conseguenza dell'instaurarsi di rapporti lavorativi

basati sulla cooperazione¹.

Non sempre, tuttavia, risulta pratico o conveniente costituire società ad hoc, in quanto, il professionista potrebbe non sentirsi portato per l'attività imprenditoriale o, più semplicemente, a causa dell'elevato rischio economico e patrimoniale che consegue l'attività commerciale.

In virtù di quanto appena considerato, potrebbe risultare vantaggioso per il professionista prendere in considerazione il contratto di rete, uno strumento negoziale, piuttosto recente, che semplifica l'interazione tra attività e comporta tutta una serie di benefici che verranno presi in considerazione successivamente.

Lo strumento giuridico in analisi consiste in un innovativo strumento di aggregazione imprenditoriale, volto ad accrescere la forza produttiva e distributiva delle imprese, nonché la competitività delle stesse sui mercati nazionali ed esteri, anche attraverso innovazione aziendale legata alla ricerca sullo sviluppo tecnologico² del settore economico di riferimento; tutto ciò senza la necessità di fondersi sotto un unico soggetto di controllo, ma mantenendo la propria autonomia giuridica e gestoria.

In pratica, le società possono, attraverso questo contratto, unirsi senza dare vita ad una formale fusione, e cooperare anche attraverso l'utilizzo di macchinari e la condivisione del personale impiegato.

L'unica forma di pubblicità risulta un'annotazione sulla visura camerale dell'impresa.

Si pensi, in tal modo, come sarebbe più semplice, per i geologi, unire le forze delle varie società ed avere a disposizione, a seconda delle necessità, la strumentazione e le risorse umane delle altre società collegate attraverso il contratto, che si tratti di altre società impegnate nella geologia, o nell'ingegneria, nella chimica ecc.

¹ Si pensi, ad esempio, alle società di movimentazione terra, ai laboratori di analisi, agli ingegneri, ai chimici ecc.

² La legge 24 dicembre 2012, n. 228 – “Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato (c.d. Legge di stabilità 2013)” – d'altronde, ha introdotto in tali casi un credito di imposta. A tal riguardo M. PENNASILICO, *Contratto di rete ed energie rinnovabili*, in Id. (a cura di), *Manuale di diritto civile dell'ambiente*, Napoli, 2014, p. 234.

2

Nascita ed evoluzione normativa del contratto di rete

Nonostante la dottrina abbia, da sempre, auspicato l'inserimento di strumenti di aggregazione imprenditoriale nel nostro ordinamento di diritto civile³, l'idea di scorporamento del processo produttivo era fortemente osteggiata in passato ed il frazionamento d'impresa⁴, addirittura vietato negli anni '60.

La condivisione di risorse, tuttavia, è venuta alla ribalta grazie all'evoluzione dell'economia globale, prontamente recepita dalla politica normativa che ne ha agevolato la diffusione⁵.

Per l'effetto del concatenarsi di una serie di fattori legati all'evoluzione economica, si passa, in pratica, dalla tutela dal decen-

tramento produttivo a quella del decentramento produttivo⁶.

Come spesso accade, le regole del nuovo mercato hanno spinto le imprese, ed in particolare le PMI⁷, ad adoperarsi per unirsi e "sopravvivere" ad una nuova realtà, nella quale, la competitività è indissolubilmente legata all'unione delle forze.

Nasce, così, la "rete d'impresa"⁸, intesa come relazione tra diversi agenti economici del mercato che, pur mantenendo la propria indipendenza giuridica, gestoria e patrimoniale, tessono una serie di rapporti tali da sostenersi per agire in maniera più efficace nello stesso, grazie ai numerosi vantaggi che derivano dalla co-

3 Sull'argomento, già nel 1934, Vittorio Salandra faceva emergere la lacuna dell'ordinamento di diritto privato a riguardo del «concetto di una pluralità costituita di elementi collegati, i quali, mentre conservano la propria indipendenza formale e non assurgono ad una nuova unità, agiscono tuttavia in funzione del gruppo collettivo cui appartengono». V. SALANDRA, *Il diritto delle unioni di imprese (consorzi e gruppi)*, Padova, 1939, p. 61. A riguardo v., inoltre, P. IAMICELI, *Dalle reti d'impresa al contratto di rete: un percorso (in)compiuto*, in Id. (a cura di), *Le reti di imprese ed i contratti di rete*, Torino, 2009, p. 2 e ss.

4 Il decentramento produttivo che, in questa sede viene esaminato sotto il profilo civilistico e che, in un certo senso, ha dato il via a tutta una serie di provvedimenti volti a disciplinare e tutelare il frazionamento d'impresa, «prima fu visto solo come fenomeno patologica dai giuslavoristi.». P. ZANELLI, *Reti e contratto di rete*, Milano, 2012, p.7.

5 Tale procedimento, tuttavia, non è stato di facile attuazione, visti i molteplici interventi che si sono susseguiti nel tempo, rivenienti, d'altronde, sia dall'ordinamento interno a diversi livelli, che dalle fonti del diritto dell'Unione Europea. Infatti, autorevole dottrina ha rilevato come: «l'articolato fenomeno delle reti d'impresa non può che essere inquadrato all'interno di un sistema ordinamentale unitario ed al contempo assai complesso, caratterizzato dal pluralismo delle fonti non soltanto nazionali (codici, leggi speciali) ma anche comunitarie ed internazionali». P. PERLINGIERI, *Reti e contratti tra imprese tra cooperazione e concorrenza*, in P. IAMICELI (a cura di), *Le reti di imprese ed i contratti di rete*, cit., p. 388. Sul punto cfr. anche G. OPO, *I contratti d'impresa tra codice civile e legislazione speciale*, in *Riv. Dir. Civ.*, 2004, I, p. 841 e ss.; S. PATTI, *I contratti di impresa: caratteristiche e disciplina*, in P. IAMICELI (a cura di), *Le reti di imprese ed i contratti di rete*, cit., p. 47 e ss.; G. CIAN, *Contratti civili, contratti commerciali e contratti d'impresa: valore sistematico-ermeneutico*, in *Riv. Dir. Civ.*, 2004, I, p. 847 ss.

6 Sul punto, è d'uopo evidenziare il prepotente ruolo della globalizzazione e dell'innovazione tecnologica, ponendo particolare attenzione su quella informatica che, a partire dagli anni '80 ha profondamente cambiato le regole del mercato. Se, infatti, per un verso, lo sviluppo informatico ha semplificato l'attività d'impresa, permettendo, ad esempio, un controllo di gestione più efficace e un processo produttivo meno costoso, lo stesso ha fatto diminuire l'impiego di manodopera in azienda, modificando la natura dell'indotto «non più «povero» e non più centrato sul prodotto, ma appoggiato sul processo produttivo.». P. ZANELLI, *Reti e contratto di rete*, cit., p.8.

7 Il rapporto tra contratto di rete e PMI viene approfondito in A. TUNISINI, *Relazioni tra imprese, reti e contratto di rete*, in AA. VV., *Contratto di rete. Lo strumento Made in Italy per integrare individualità e aggregazione*, Milano, 2013, p. 58-62.

8 Sulla rete d'impresa cfr. A. GRANDONI, *L'organizzazione delle attività economiche*, Bologna, 1995; G. SODA, *Reti di Imprese. Modelli e prospettive per una teoria del coordinamento*, Roma, 1998; P. ZANELLI, *Reti e contratto di rete*, cit. p. 7 - 24.

operazione.

Si sono, dunque, venuti a creare dei “gruppi informali”⁹ di imprese che si confrontano con le *holding*, spesso di natura multinazionale, per aggiudicarsi uno spazio nel mercato.

Prova dell'intenzione del legislatore di agevolare la cooperazione produttiva consiste, senza dubbio, nell'introduzione nel nostro ordinamento dei sistemi produttivi locali e dei distretti industriali¹⁰, attraverso l'emanazione della legge n. 317/1991 che, all'art. 36, successivamente modificato dall' art. 6 della legge n. 140/1999, li definisce rispettivamente come: «contesti produttivi omogenei, caratterizzati da una elevata concentrazione di imprese, prevalentemente di piccole e medie dimensioni, e da una peculiare organizzazione interna » e come: «i sistemi produttivi locali di cui al comma 1, caratterizzati da una elevata concentrazione di imprese industriali nonché dalla specializzazione produttiva di sistemi di imprese».

Sempre lo stesso intervento normativo, in aggiunta, prevede la possibilità di finanziamenti ed agevolazioni per tali tipologie di distretti¹¹.

9 Sul punto cfr. P. ZANELLI, *Reti e contratto di rete*, cit. p. 9 – 11.

10 Sul punto cfr. la circolare della FONDAZIONE LUCA PACIOLI, *La disciplina fiscale dei distretti produttivi (legge 23 dicembre 2005, n. 266 legge finanziaria per il 2006) Documento n. 12 del 19 maggio 2006*. È, inoltre, di utile consultazione, il documento del sito della Camera dei Deputati sull'argomento, consultabile all'indirizzo <http://www.camera.it/camera/browse/561?appro=518&Distretti+produttivi+e+reti+di+imprese>.

11 A riguardo del rapporto tra

Nel nostro ordinamento, il contratto di rete viene introdotto con un intervento normativo nel 2009 (l. 33\2009) ed ha permesso alla legislazione italiana di fregiarsi del ruolo di primo promotore in Europa di questo istituto¹².

In particolare, la novella dell'art. 3, co. 4 *ter*, D.L. 10 febbraio 2009, n. 5¹³, convertito con L. 9 aprile 2009, n. 33¹⁴, prevede che attraverso lo stesso: «*più imprenditori perseguono lo scopo di accrescere, individualmente e collettivamente, la propria capacità innovativa e la propria competitività sul mercato e a tal fine si obbligano, sulla base di un programma comune di rete, a collaborare in forme e in ambiti predeterminati attinenti all'esercizio delle proprie imprese ovvero a scambiarsi informazioni o prestazioni di natura industriale, commerciale, tecnica o tecnologica ovvero ancora ad esercitare in comune una o più attività rientranti nell'oggetto della propria impresa*».

È d'uopo segnalare che tale intervento è strettamente legato al precedente concetto di “rete d'impresa”, introdotto dalla l. 6 agosto 2008, n. 133¹⁵, la quale ne fornisce la definizione attraverso il dettato dell'art. 6 bis¹⁶.

L'origine del contratto di rete è, infatti, il frutto dell'evoluzione normativa delle reti d'impresa e, la sua disciplina è in continua trasformazione e perfezionamento.

Procedendo per gradi, occorre effettuare un breve *excursus*¹⁷ sulle

distretti industriali e contratto di rete cfr. J. BASSI, *Evoluzione normativa del contratto di rete nel sistema delle fonti*, in V. CUFFARO (a cura di), *Contatto di Rete di imprese*, Milano, 2016, p. 4-6.

12 A tal riguardo è di grande interesse la consultazione di P. ZANELLI, *Il contratto di rete. Un nuovo strumento di sviluppo per le imprese*, in F. BRIOLINI, L. CAROTA, M. GAMBINI (a cura di), *Il contratto di rete. Un nuovo strumento di sviluppo per le imprese*, Napoli, 2013, pp. 13-23; P. ZANELLI, *Reti e contratto di rete*, Milano, 2012, pp. 1-3.

13 Decreto Legge 10 febbraio 2009, n. 5: Misure urgenti a sostegno dei settori industriali in crisi. (Gazzetta Ufficiale n. 34 del 11 febbraio 2009)

14 Legge 9 aprile 2009, n. 33 - Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 10 febbraio 2009, n. 5, recante misure urgenti a sostegno dei settori industriali in crisi - pubblicata nella *Gazzetta Ufficiale* n. 85 dell'11 aprile 2009 - Supplemento ordinario n.49.

15 Legge 6 agosto 2008, n. 133 - “Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 25 giugno 2008, n. 112, recante disposizioni urgenti per lo sviluppo economico, la semplificazione, la competitività, la stabilizzazione della finanza pubblica e la perequazione tributaria” pubblicata nella *Gazzetta Ufficiale* n. 195 del 21 agosto 2008 - Suppl. Ordinario n. 196.

16 L'articolo così dispone: «*Al fine di promuovere lo sviluppo del sistema delle imprese attraverso azioni di rete che ne rafforzino le misure organizzative, l'integrazione per filiera, lo scambio e la diffusione delle migliori tecnologie, lo sviluppo di servizi di sostegno e forme di collaborazione tra realtà produttive anche appartenenti a regioni diverse, con decreto del Ministro dello sviluppo economico di concerto con il Ministro dell'economia e delle finanze, previa intesa con la Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano, sono definite le caratteristiche e le modalità di individuazione delle reti delle imprese e delle catene di fornitura.*».

17 Per una utile e pragmatica sintesi dell'evoluzione normativa del contratto di rete, è di utile consultazione V. Tosi, *Sintesi dell'evoluzione normativa*, in S.

modifiche della disciplina partendo dall'origine del contratto di rete, ossia, dall'art. 3, co. 4 *ter*, D.L. 10 febbraio 2009, n. 5.

La prima evoluzione della normativa in oggetto è dovuta all'emanazione della L. n. 99/2009¹⁸ che, attraverso l'art. 1, comma 1, introduce l'autonomia patrimoniale perfetta a favore delle reti d'impresa. Al numero 3 del comma 1, infatti, è prevista una modifica, secondo la quale alla lettera c), è aggiunto, il seguente periodo: «*Al fondo patrimoniale di cui alla presente lettera si applicano, in quanto compatibili, le disposizioni di cui agli articoli 2614 e 2615 del codice civile*»; ossia, la responsabilità del consorzio limitata al fondo consortile¹⁹.

Con il D. L. n. 78 del 2010²⁰, invece, all'art. 42, è previsto che alle reti d'impresa: «*competono vantaggi fiscali, amministrativi e finanziari, nonché la possibilità di stipulare convenzioni con l'A.B.I. nei termini definiti con decreto del Ministro dell'economia e delle finanze emanato ai sensi dell'articolo 17, comma 3, della legge n. 400 del 1988 entro quarantacinque giorni dalla data di entrata in vigore del presente decreto*».

3

Aggregazione, sviluppo, ricerca, semplificazione, internazionalizzazione, nonché, nuovo strumento di partecipazione a gare ad evidenza pubblica

DI DIEGO e F. MICOZZI (a cura di), *Le reti d'impresa*, Rimini, 2013, p. 166 ss.

18 Legge 23 luglio 2009, n. 9 - "Disposizioni per lo sviluppo e l'internazionalizzazione delle imprese, nonché in materia di energia".

19 L'art. 2615 c.c., infatti, così dispone: «Per le obbligazioni assunte in nome del consorzio dalle persone che ne hanno la rappresentanza, i terzi possono far valere i loro diritti esclusivamente sul fondo consortile. Per le obbligazioni assunte dagli organi del consorzio per conto dei singoli consorziati rispondono questi ultimi solidalmente col fondo consortile. In caso di insolvenza nei rapporti tra i consorziati il debito dell'insolvente si ripartisce tra tutti in proporzione delle quote».

20 Decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78 recante: «Misure urgenti in materia di stabilizzazione finanziaria e di competitività economica».

A riguardo della pubblicità del contratto, di cui si tratterà in seguito, invece, sono intervenuti l'art. 45 del D.L. n. 83/2012²¹, la L. 134 del 2012²² ed il D.L. n. 179/2012²³ (c.d. decreto Sviluppo o Crescita 2.0). Sulla personalità giuridica del contratto di rete, è d'uopo segnalare l'intervento del legislatore che, con l'emanazione della L. 221/2012²⁴ ha previsto la possi-

21 Decreto-legge 22 giugno 2012, n. 83 recante: «Misure urgenti per la crescita del Paese».

22 Legge 7 agosto 2012, n.

134 Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 22 giugno 2012, n. 83, recante «Misure urgenti per la crescita del Paese».

23 Decreto-legge 18 ottobre 2012, n. 179, recante «Ulteriori misure urgenti per la crescita del Paese».

24 Legge 17 dicembre 2012, n.

bilità per le società partecipanti di dotare la rete di soggettività giuridica²⁵.

La Legge di Stabilità 2013 ha, invece, previsto credito d'imposta per le reti d'impresa che investano in ricerca e sviluppo²⁶.

A riguardo del settore di nostro interesse, questo strumento negoziale potrebbe essere utilizzato al fine di creare gruppi di acquisto per forniture di provenienza estera o favorire l'ingresso in nuovi mercati, per creare una sinergia in tema di ricerca, per condividere la conoscenza e la competenza maturata al fine di accrescere la competitività e l'aggressività sul mercato, ai fini dell'attivazione di circuiti di natura tecnica, industriale e commerciale, o anche al fine di usufruire di convenzioni con istituti finanziatori²⁷.

Bisogna, inoltre, tener conto delle prospettive positive che que-

sta tipologia di contratto genera in molti settori industriali quali la riduzione di tempi e costi di produzione e lo sviluppo delle risorse umane facenti parte del patrimonio delle società; il contratto di rete, infatti, a differenza di altri strumenti giuridici nati a scopo di tutela dell'impresa debole, nasce con specifica finalità di sviluppo²⁸ della stessa, anche attraverso vantaggi volti ad assumere maggiore aggressività sul mercato di riferimento.

Oltre a tutte le prospettive appena elencate, si deve considerare che il contratto di rete è diventato uno degli strumenti alternativi al raggruppamento temporaneo d'impresa (RTI) o associazione temporanea di imprese (ATI) o ai consorzi per la partecipazione a gare ad evidenza pubblica.

In tal senso è intervenuta anche l'Autorità Nazionale Anti Corruzione (ANAC), la quale con la Determinazione n. 3 del 23 aprile 2013²⁹, ha regolamentato la partecipazione delle reti di impresa alle procedure di gara per l'aggiudicazione di contratti pubblici ai sensi degli articoli 34 e 37 del d.lgs. 12 aprile 2006, n. 163³⁰.

Si pensi, di conseguenza, alle possibilità di accesso a gare pubbliche conseguente all'applicazione di tale soluzione giuridica. Il geologo, con la sua società potrebbe sinergicamente partecipare a grandi gare di progettazione ed esecuzione, avvalendosi dei requisiti di altre società di professionisti.

Sta così prendendo piede in tutto il mercato in generale, e potrebbe diffondersi nel settore della geologia, una "nuova" soluzione contrattuale che propone una serie di vantaggi imprenditoriali, favorisce l'internazionalizzazione anche di piccole realtà commerciali attraverso lo strumento della cooperazione, permette di partecipare a gare ad evidenza pubblica senza la formalizzazione di raggruppamenti o consorzi e favorisce la sinergia tra utenti del mercato, cosa di per sé sempre auspicabile, anche in considerazione della necessità delle società di dover provvedere, in tempi di crisi, alla riduzione di costi di gestione e formazione, senza rinunciare alla qualità della preparazione professionale delle risorse umane ed alla ricerca, circostanza fondamentale nel settore di nostro interesse.

221 conversione, con modificazioni, del decreto-legge 18 ottobre 2012, n. 179, recante ulteriori misure urgenti per la crescita del Paese.

25 Sul punto cfr. A D'ANGELO e V. ROPPO (diretto da), *Annuario del contratto* 2012, Torino, 2013, p. 366 ss.

26 Sul punto cfr. V. TOSI, *Sintesi dell'evoluzione normativa*, in S. DI DIEGO e F. MICOZZI (a cura di), *Le reti d'impresa*, cit., p. 121.

27 A tal riguardo, è di utile consultazione la magistrale analisi eseguita su un settore diverso ma indissolubilmente legato all'attività dei geologi (le energie rinnovabili). Cfr. M. PENNASILICO, *Contratto di rete ed energie rinnovabili*, in ID. (a cura di), *Manuale di diritto civile dell'ambiente*, cit., p. 234.

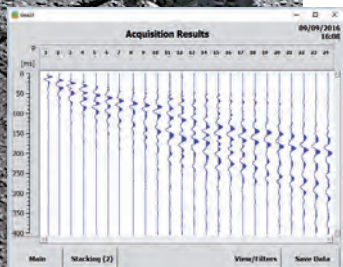
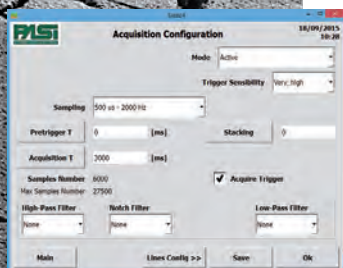
28 In tal senso cfr. A. GENOVESE, *Contratto di rete e disciplina antitrust*, in M. PENNASILICO (a cura di), *Scritti in onore di Lelio Barbiera*, cit., p. 600.

29 Determinazione n. 3 del 23 aprile 2013 pubblicata nella Gazzetta Ufficiale - Serie Generale n. 120 del 24/05/2013 (pag. 33) - "Partecipazione delle reti di impresa alle procedure di gara per l'aggiudicazione di contratti pubblici ai sensi degli articoli 34 e 37 del d.lgs. 12 aprile 2006, n. 163".

30 D. Lgs 12 aprile 2006, n. 163 - "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE". (GU n.100 del 2-5-2006 - Suppl. Ordinario n. 107).

Sismografo GEA24: affidabile • semplice • economico

GEA24 è un sismografo 24 canali (serializzabile fino a 48 canali) con scheda di acquisizione 24 bit e interfaccia USB per PC esterno. Adatto per tutte le applicazioni, GEA-24 è la soluzione intelligente per tutti gli usi professionali.



3DLG



**RIFRAZIONE
RIFLESSIONE SUPERFICIALE
ONDE DI SUPERFICIE**
MASW, Re.Mi., Vs30, MAAM, ESAC, ecc.

HVSR / VIBRAZIONI
abbinato al geofono 3D da superficie
Mod.3DLG

DOWNHOLE
abbinato al geofono 3D da foro
Mod.GFA

CROSSHOLE
abbinato al geofono 3D da foro
Mod.GFA e all'energizzatore da foro
per onde P/S Mod.CHE



Mini-prezzo !!!!
5 ANNI DI GARANZIA
A partire da 2800 € +IVA
STRUMENTO +
SOFTWARE DI GESTIONE

RADIOTRIGGER



CARATTERISTICHE PRINCIPALI:

24 canali + trigger (AUX)
possibilità di serializzare 2 unità per un totale
di **48 canali**

24 bit reali, convertitore **AD Sigma-Delta**
Intuitivo e facile da usare

Collegabile a qualsiasi PC portatile/tablet
PC/toughbook

Alimentazione da USB
non necessita di batteria esterna!

Connettori per cavi sismici standard **NK2721C**

Compatibile con tutti i geofoni analogici

Aggiornamenti gratuiti software di gestione

Compatto e leggerissimo
(24x19.5x11cm – 2 kg)



Da 30 anni il nostro obiettivo è la vostra sicurezza

Incofil Tech nasce nel 1985 come azienda all'avanguardia nel settore delle funi in acciaio per applicazioni industriali e forestali.

L'esperienza acquisita ha consentito all'azienda di diversificare negli anni i propri campi di intervento, specializzandosi nei sistemi di **consolidamento dei versanti e di protezione contro masse rocciose instabili e valanghe**, ricercando tecnologie sempre più evolute. **Incofil Tech** è specializzata anche nei settori del **sollevamento in campo industriale e forestale** e nell'impiego di prodotti in acciaio inox in **architettura urbana e abitativa**.

Le certificazioni acquisite sono l'impegno che l'azienda prende nei confronti di partner e clienti, ai quali mette a disposizione la propria esperienza.



Forestale



Sollevamento



Natura



Inox



Agricoltura

 **incofiltech**
Soluzioni in acciaio per la vostra sicurezza

Via degli Artigiani, 52-38057 Pergine Valsugana (TN)
tel +39 0461 534000 - fax +39 0461 533888
info@incofil.com - www.incofil.com

