



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE



Commissario di Governo per le Bonifiche e
la Tutela delle Acque nella Regione Campania









REGIONE CAMPANIA

ACCORDO DI PROGRAMMA

Per la definizione degli interventi di messa in sicurezza e bonifica delle aree comprese
nel Sito di Interesse Nazionale di Napoli Orientale



**INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E BONIFICA DELLA FALDA
DEL SIN NAPOLI ORIENTALE E REALIZZAZIONE DELLA PRIMA FASE ATTUATIVA
PROGETTO DEFINITIVO**

Titolo elaborato RISULTATI DELLE INDAGINI INTEGRATIVE AREA SIN DICEMBRE 2012						Tavola ED 14			
Redatto da  Project Manager : Ing. Rosanna GRADO 				IL DIRETTORE TECNICO Ing. Carlo MESSINA  				INDAGINI ESEGUITE DA: R.T.I. - GETEA ITALIA SRL  Getea Italia s.r.l. SITE SRL 	
Cod. Commessa		Codice				Nome file			
CAM 805		PD	ED	0	1	4	rev. 2		
						CAM805_PDEG014_2			
						Data : Maggio 2016			
Rev.	Data	Descrizione modifica				verificato		approvato	
0	lug/2015	1ª Emissione							
2	mag/2016	3ª Emissione Riunione Tecnica MATM 8/4/2016							



Getea Italia s.r.l



**R.T.I.
GETEA ITALIA S.R.L. – SITE S.R.L.**



Oggetto dei lavori:

“Affidamento ai sensi dell’art. 125, comma 10 e 11, del D.Lgs. 163/2006 e s.m.i. delle indagini geotecniche-idrogeologiche e qualitative sulle acque di falda per la redazione del progetto di “messa in sicurezza e bonifica delle acque di falda” – Sito di interesse nazionale di “Napoli Orientale””.

CIG 267714846A.



Committente: *Sogesid S.p.A.*
Cantiere: *SIN Napoli Orientale*
Località: *Gianturco - Napoli*

Dicembre 2012

Rev. 00

SGI/01/12

INDICE

1. INTRODUZIONE	5
2. DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO CIRCOSTANTE	6
2.1 Descrizione del sito	6
2.2 Inquadramento geologico e geomorfologico	7
2.3 Idrogeologia ed idrologia	11
3. FLUSSO DELLE ATTIVITÀ	14
3.1 Individuazione piezometri ARPA Campania esistenti	14
3.2 Indagine Georadar	17
3.2.1 Principio di funzionamento	18
3.2.2 Descrizione del sistema georadar adottato	20
3.2.3 Aspetti operativi	21
3.2.4 Finalità dell'intervento	21
3.2.5 Radargrammi	25
3.2.6 Elaborati	26
3.2.7 Report fotografico	32
4. BONIFICA ORDIGNI BELLICI (BOB)	35
5. CAMPIONAMENTO ACQUE DI FALDA	36
5.1 Misure freaticometriche – Parametri chimico fisici	38
6. SONDAGGI GEOGNOSTICI	39
6.1 Rilievo piano altimetrico e Georeferenziazione delle perforazioni	39
6.2 Prove in situ	41
6.2.1 Prove di permeabilità tipo Lefranc	41
6.2.2 Standard Penetration Test (SPT)	43
6.2.3 Slug Test	46
6.3 Analisi geotecniche	48

6.4 Ricostruzione stratigrafica	62
6.5 Interpretazione dati idrogeologici	63
7. GESTIONE RIFIUTI	63
8. RISULTATI DELLE ANALISI CHIMICHE DI LABORATORIO	64
9. ANALISI DEI LIVELLI DI CONTAMINAZIONE	77
10. PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE - INDAGINE GEOELETTRICA	77
11. SPERIMENTAZIONE PER BARRIERA REATTIVA	78

Allegati

Allegato 1: Planimetria del sito con ubicazione dei sondaggi realizzati e dei piezometri esistenti individuati, con traccia delle sezioni geologiche

Allegato 2: Certificati analisi chimiche di laboratorio relativi alla campagna di Giugno 2012

Allegato 2.1: Certificati analisi chimiche di laboratorio relativi alla campagna di Novembre 2012

Allegato 3: Log e sezioni stratigrafiche

Allegato 4: Certificati analisi geotecniche

Allegato 5: Prove di permeabilità

Allegato 6: Elaborazione Prove SPT

Allegato 7: Elaborazione Slug Test

Allegato 8: CER e FIR

Allegato 9: Relazione Bonifica Bellica

Allegato 10: Certificati chimici utilizzati per la sperimentazione della barriera reattiva

Allegato 11: Certificati chimici derivanti dalle attività di sperimentazione della barriera reattiva

Allegato 12: Relazione sulle attività sperimentali redatta dall'Università degli Studi di Napoli Parthenope, Dipartimento per le Tecnologie.

Allegato 13: Certificati chimici relativi ai campioni di terreno per il coefficiente di distribuzione (Kd)

Allegato 14: Relazione prospezioni geoelettriche

Allegato 15: Report fotografico

Indice delle figure

- Figura 1: Perimetrazione del SIN “Napoli Orientale”
- Figura 2: Stralcio foglio geologico n. 183-184 “Isola d’Ischia-Napoli” scala 1:100.000 e relativa legenda.
- Figura 3: Schema dei complessi idrogeologici della Campania e relativa legenda
- Figura 4 – Radiazione dell’onda elettromagnetica nel terreno
- Figura 5: Principio di funzionamento del georadar
- Fig. 6: Sistema radar adottato: Sistema RIS HI Mod one
- Figura 7: Disposizione in pianta delle maglie utilizzate nei test
- Figura 8: Visione globale dei sondaggi indagati
- Figura 9: Posizionamento sull’area indagata della maglia utilizzata nell’indagine
- Figura 10– Esempio di piani investigati dalle scansioni radar
- Figura 11: Analisi del livello di penetrazione con una 600Mhz
- Figura 12: Radargramma sondaggio 1
- Figura 13: Particolare del Radargramma sondaggio S1
- Figura 14: Radargramma sondaggio S4
- Figura 15: Radargramma T1 S 8
- Figura 16: Radargramma con frequenza da 600 Mhz; S 14 scansione T₁
- Figura 17: Radargramma con frequenza da 600 Mhz; scansione T2 sempre S14
- Figura 18: Radargramma con frequenza da 600 Mhz S15
- Figura 19 : Scansione presso sondaggio S3
- Figura 20 : Sistema di riferimento adottato
- Figura 21 : Scansione presso sondaggio S1
- Figura 22 : Scansione presso sondaggio S3
- Figura 23 : Scansione presso sondaggio S1

Tabelle

Tabelle 1-3: Piezometri esistenti – caratteristiche e coordinate

Tabella 4: Georeferenziazione dei sondaggi

Tabella 5: Coordinate piezometri campionati

Tabella 6: Caratteristico fisico-chimiche delle acque di falda

Tabella 7: Georeferenziazione dei sondaggi

Tabella 8: Prove Lefranc

Tabelle 9-11: Prove SPT – specifiche e risultati

Tabella 12: Slug Test

Tabelle 13-15: Analisi granulometrica

Tabelle 16-20: Caratteristiche geotecniche su campioni indisturbati

Tabelle 21-24: Caratteristiche geotecniche su campioni rimaneggiati

Tabelle 25-30: Analisi chimiche giugno 2012

Tabelle 31-35: Analisi chimiche novembre 2012

1. INTRODUZIONE

Il presente documento descrive le attività svolte dall'ATI Getea Italia s.r.l. e S.I.T.E. s.r.l., a seguito dell'affidamento ai sensi dell'art. 125, comma 10 e 11, del D.Lgs. 163/2006 e s.m.i. delle indagini geotecniche-idrogeologiche e qualitative sulle acque di falda per la redazione del progetto di "messa in sicurezza e bonifica delle acque di falda" – Sito di interesse nazionale di "Napoli Orientale". CIG 2677 I 4846A.

Tale affidamento riguarda la realizzazione delle indagini geotecniche, idrogeologiche, di caratterizzazione della qualità delle acque di falda, nonché l'esecuzione di prove sperimentali in scala di laboratorio per la determinazione delle cinetiche di reazione per il dimensionamento di una Barriera Permeabile Reattiva.

Il presente documento relaziona in merito alle attività svolte, con riferimento alle specifiche richieste del capitolato.

2. DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO CIRCOSTANTE

2.1 Descrizione del sito

Il sito oggetto di indagine è ubicato nel comune di Napoli, nell'area facente parte del Sito di Interesse Nazionale "Napoli Orientale" ricadente nelle municipalità n. IV S. Lorenzo Vicaria – Poggioreale - Zona Industriale e n. VI Ponticelli – Barra - S. Giovanni a Teduccio.

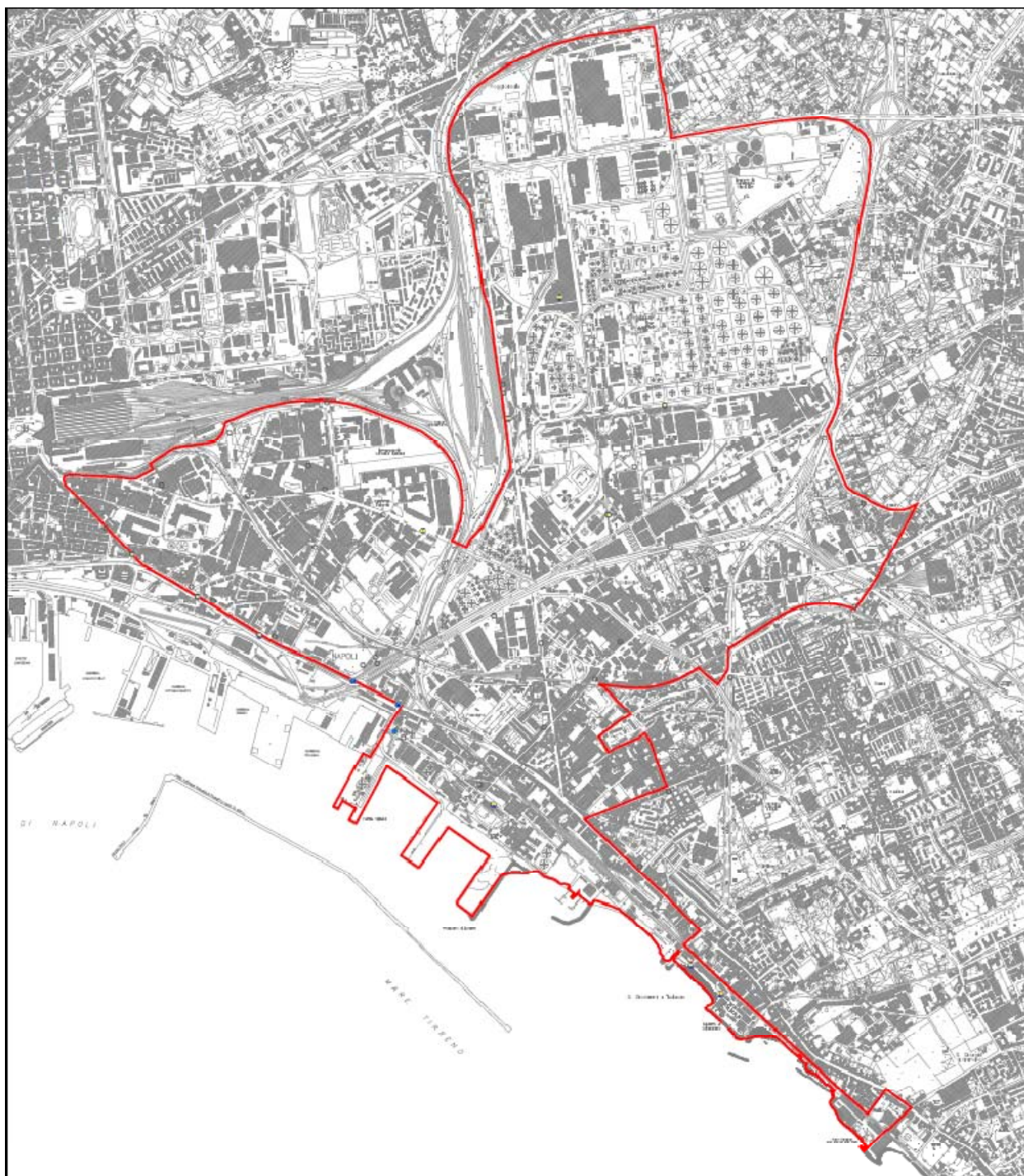


Figura 1: Perimetrazione del SIN "Napoli Orientale"

2.2 Inquadramento geologico e geomorfologico

Il capoluogo campano si colloca, a livello regionale, nell'ambito della struttura geologica della piana Campana; questa rappresenta un'ampia pianura costiera, delimitata in gran parte da rilievi carbonatici mesozoico-terziari, in particolare a N-NO dal M.te Massico e dai M.ti del Casertano, dai M.ti di Avella e del Sarno, ed a S-SE dai M.ti Lattari, che costituiscono la Penisola Sorrentina ed il suo prolungamento verso l'entroterra; infine, lungo tutto il suo margine sud-occidentale, essa è chiusa dal Mare Tirreno.

Molti autori (es. Ippolito, Ortolani & Russo 1973; Olivieri, 1966; Di Nocera, Ortolani & Torre 1976; ecc.) descrivono la Piana Campana come un grosso *graben*, impostatosi durante il Pliocene superiore e sottoposto ad un successivo sprofondamento, conseguente a fasi tettoniche quaternarie.

All'interno di tale zona ribassata si sono andati accumulando potenti depositi continentali, marini e vulcanici, come evidenziato dai sondaggi meccanici profondi trivellati nella Piana per ricerche di idrocarburi. Il basamento dell'intera struttura sarebbe invece costituito dai carbonati di piattaforma ribassati dalle faglie bordiere del Graben.

Va comunque sottolineato come i lineamenti strutturali recenti siano intimamente collegati ai numerosi fenomeni di vulcanismo antico e attuale (Roccamonfina, Campi Flegrei, Somma-Vesuvio), che si sarebbero impostati nel quaternario in corrispondenza dei massimi ribassamenti del substrato carbonatico.

La città di Napoli si estende al centro di questa regione vulcanica estremamente caratteristica e complessa, ed in particolare sul margine meridionale della Terra di Lavoro a Nord, i Campi Flegrei ad Ovest, le estreme propaggini occidentali del Somma - Vesuvio ad est ed il golfo omonimo a sud.

L'antica Partenope è una città dalla topografia e geologia alquanto articolata. La caratteristica peculiare dei depositi che ne costituiscono per la gran parte il suolo ed il sottosuolo è la natura vulcanica, in particolare piroclastica. Le rocce piroclastiche della zona napoletana sono essenzialmente di origine flegrea; circa un terzo della superficie urbana è, invece, ricoperto di formazioni rimaneggiate, alluvionali o costiere.

La storia geologica del capoluogo campano, è stata molto intensa prima della deposizione dell'unità litoide del Tufo Giallo Napoletano (TGN c.a. 12000 anni fa), che ha uniformato il sottosuolo, smantellando le precedenti morfologie.

Si osservano numerosi depositi vulcanici legati ad un'attività localizzata direttamente nella città. Sono presenti nel sottosuolo partenopeo tufi con caratteri simili ai tufi recenti che costituiscono i conifughi dei Campi Flegrei.

Sono presenti, inoltre, cupole laviche sotto le coltri tufacee, nell'area di S. Martino, nell'area di Chiaiano ed al C.so Vittorio Emanuele.

Tutti i prodotti precedenti alla messe in posto del TGN vengono denominati come “Tufi Antichi” della serie “Urbana”; essi, come detto, evidenzerebbero in sostanza quell’intensa attività locale “napoletana” che non dovrebbe essere stata molto diversa da quella che si è sviluppata, invece, negli ultimi 10000 anni all’interno della caldera dei Campi Flegrei.

Al di sotto di questi prodotti si riscontrano, nell’area settentrionale ed orientale della città, i depositi dell’Ignimbrite Campana (I.C.), rappresentati da tufi di colore grigio violaceo ricchi di scorie nere, più o meno saldati.

L’area di Napoli orientale rappresenta la porzione più meridionale della “Depressione di Volla”. Tale depressione, delimitata lungo il margine occidentale dalle colline orientali di Napoli e lungo il margine orientale dal Vesuvio, è una depressione strutturale impostata su lineamenti tettonici trasversali rispetto all’Appennino e collegati con l’evoluzione vulcano-tettonica dell’area negli ultimi 30.000 anni.

La morfologia presenta quote che variano da 0 m sul livello marino ad un massimo di 18-19 m nel settore più orientale dell’area. Le pendenze sono pressoché ovunque inferiori al 10 %, con un valore medio dell’1 - 2 %.

La Depressione di Volla è caratterizzata da una potente successione piroclastica - alluvionale, con intercalazioni di sedimenti marini e di transizione, i cui orizzonti principali sono rappresentati dai banchi di lave del Somma, dal Tufo Giallo Napoletano (TGN), dai tufi legati all’attività del Somma-Vesuvio e dalle lave del Vesuvio d’epoca storica.

Nei primi 50-100 m del sottosuolo nell’area industriale, dall’alto verso il basso, si riconoscono i seguenti litotipi:

- **Terreni di riporto:** estremamente variabili per granulometria e tipologia, sono dovuti prevalentemente alle opere di colmata dei canali ed al generale innalzamento della superficie topografica. Spessori medi intorno a 1-2 m con valori massimi che raggiungono i 5-6 m.
- **Depositi sciolti piroclastico - alluvionali:** piroclastiti di provenienza flegrea e vesuviana rimaneggiate in ambiente fluviale, palustre e costiero, torbe.

La granulometria varia da media a fine (da sabbie a limi-sabbiosi), e le variazioni granulometriche sono frequenti sia in senso orizzontale sia verticale, così come il grado di “addensamento” dei depositi continui. Nell’ambito dei depositi piroclastici - alluvionali sono presenti livelli più o meno continui dei terreni sotto riportati:

- **Lave del Vesuvio:** di epoca storica, sono presenti solo nel settore più sud-orientale dell’area di studio ove affiorano, con spessori di circa 10 m. Sono molto permeabili per fratturazione.
- **Tufi dell’attività del Somma - Vesuvio** (messa in posto circa 5.800-12.000 anni fa): sono caratterizzati dalla presenza di inclusi carbonatici e lavici con leucite. A differenza del Tufo Giallo Napoletano questi tufi non costituiscono con certezza un elemento di separazione da un punto di vista idrogeologico. E’

segnalata una facies incoerente (talora sottoposta a quella lapidea), acquifera. Si riscontrano con certezza nel settore centrale e orientale dell'area in esame, con spessori che raggiungono un massimo di 43,5 m.

- *Tufo Giallo Napoletano (TGN)* (messa in posto circa 5.800-12.000 anni fa): si presenta sia in facies litoide (tufo s.s.), che incoerente (pozzolana). E' presente nel sottosuolo nella sua facies litoide di colore giallo solo nel settore occidentale dell'area. Gli spessori medi sono di circa 30 mt. E' presente a profondità comprese fra i 12 e i 49 m dal p.c.. Nella città di Napoli, il TGN litoide costituisce un elemento di separazione a bassa permeabilità tra la falda freatica superficiale e quelle in pressione più profonde.
- *Lave del Somma*: nel settore orientale della depressione di Volla, il TGN poggia su lave d'età compresa tra i 14.000 e i 25.000 anni riferibili all'attività del Somma. Nell'area in esame sono presenti dai 40-50 m di profondità e gli spessori raggiungono mediamente i 30 m.

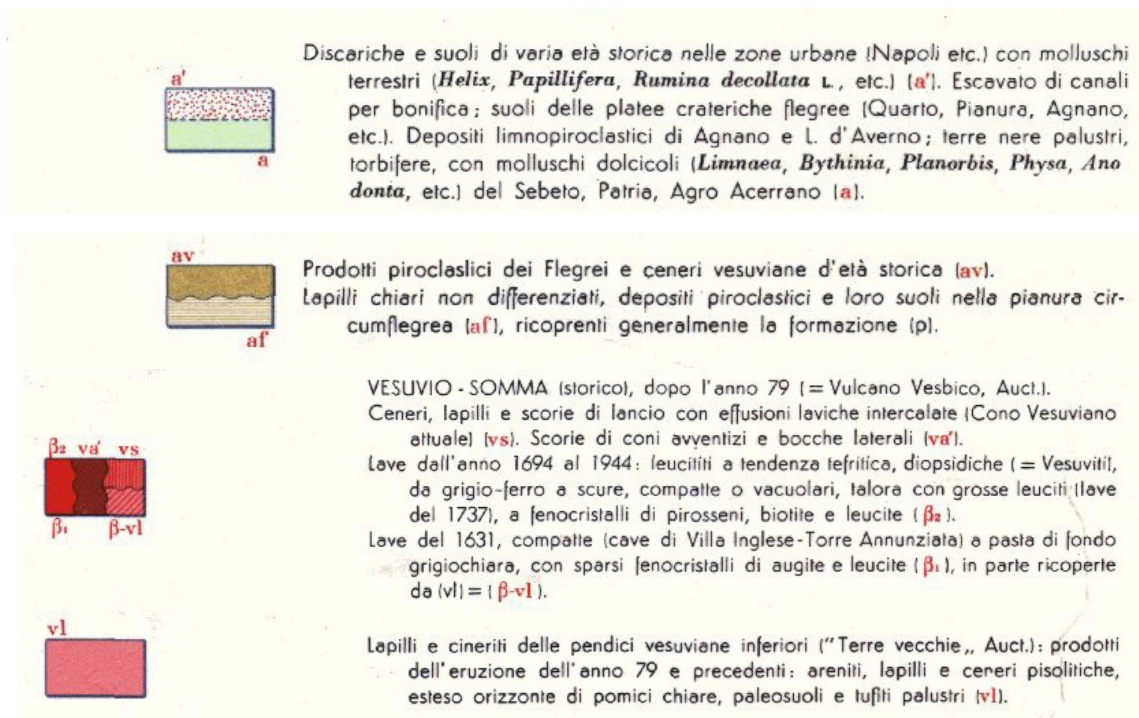
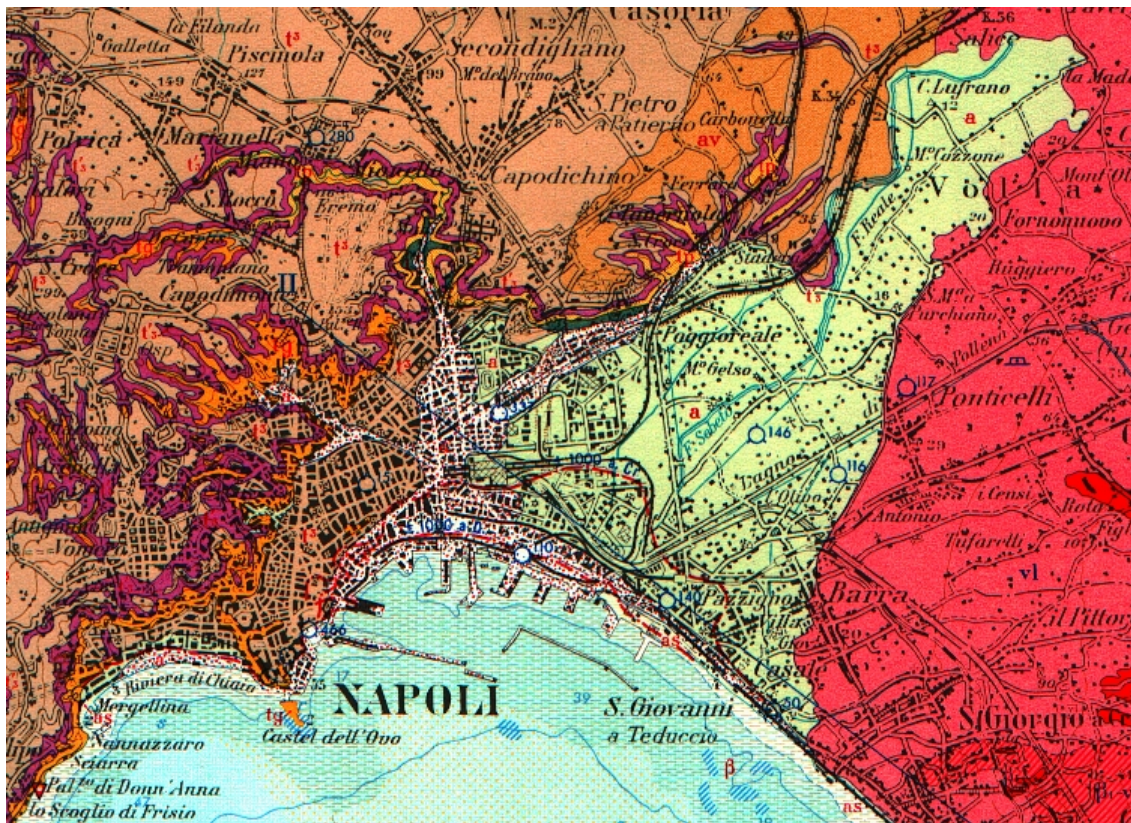


Figura 2: Stralcio foglio geologico n. 183-184 "Isola d'Ischia-Napoli" scala 1:100.000 e relativa legenda.

2.3 Idrogeologia ed idrologia

Come già detto nel precedente paragrafo, l'area di studio fa parte della Piana Campana al cui interno possono essere individuate differenti zone dotate di una certa continuità litostratigrafica e quindi assimilabili ad un'unica struttura idrogeologica di pianura (Civita, De Medici, de Riso, Nicotera, Nota d'Elogio, 1973).

Sulla base delle caratteristiche geologiche, si può affermare che gli elementi stratigrafici più salienti per la circolazione idrica sotterranea della zona occidentale della piana, quella cioè compresa tra M.te Massico ed il distretto dei Campi Flegrei, sono costituiti dall'alternanza di livelli a varia granulometria e ad andamento lenticolare dello spessore complessivo di alcune centinaia di metri, e dal substrato quasi impermeabile e notevolmente esteso di sedimenti argillosi-limosi ad essi sottostante.

La notevole eterogeneità litostratigrafica e granulometrica è causa di una circolazione idrica sotterranea che si realizza secondo lo schema delle "falde sovrapposte". I livelli acquiferi, quasi sempre in pressione, sono localizzati negli strati sabbiosi dotati di una maggiore continuità spaziale e di un grado di permeabilità relativa superiore a quello dei litotipi ad essi giustapposti.

Una concentrazione preferenziale dei livelli idrici si rinviene al di sotto della facies pipernoide dell'Ignimbrite Campana, ossia ad una profondità superiore ai 20 -25 m dal piano di campagna.

Nonostante l'individuazione di più orizzonti acquiferi, l'uniformità dei carichi idraulici, misurati in pozzi pescanti a diverse profondità, permette di riconoscere in sostanza l'esistenza di un'unica falda (Viparelli, 1967), situazione, quest'ultima resa possibile dalle numerose soluzioni di continuità degli strati meno permeabili e dai noti fenomeni di drenanza che interessano i livelli idrici.

Per quanto concerne, infine, l'alimentazione della falda di pianura, essa è principalmente riconducibile ai travasi dai massicci carbonatici che contornano la Piana Campana.

Come è possibile vedere nello schema idrogeologico di seguito riportato (figura 3), si possono distinguere tre zone con caratteristiche differenti:

1. Settore occidentale: con presenza di uno spessore del TGN superiore a 10 m, dove si ritiene che la falda freatica superficiale possa essere sufficientemente autonoma rispetto ad una circolazione idrica sotterranea più profonda ed a carattere regionale;
2. Settore centrale: caratterizzato dall'assenza di formazioni tufacee fino a una profondità di 80-90 m. In questo settore la falda è quasi certamente unica, sia pure localmente frazionata nei livelli a maggiore permeabilità.
3. Settore orientale: in cui il TGN è assente e il livello di riferimento è costituito dai Tufi Vesuviani con spessore maggiore di 3-5 m. La permeabilità è modesta ($1,3 \times 10^{-4}$ m/s) e quindi c'è una possibilità d'interscambio tra falda superficiale e falde profonde;

L'area oggetto di studi è ubicata in corrispondenza del settore "3", in cui il Tufo Giallo Napoletano è assente e il livello di riferimento è costituito dai Tufi Vesuviani.

E' possibile ipotizzare quindi che, nell'area d'interesse, vi sia uno scambio tra la falda superficiale e quella profonda (fenomeni di drenanza).

In questa zona è presente un'attiva circolazione idrica sotterranea. La struttura dell'acquifero è assai articolata: i materiali piroclastici e sedimentari che lo costituiscono presentano continue variazioni granulometriche sia in senso areale sia in verticale.

Conseguenza dell'eterogeneità granulometrica e delle caratteristiche di permeabilità dei terreni presenti, è la difficile individuazione dei livelli a bassa permeabilità con una continuità sufficiente a frazionare l'acquifero in più strati distinti. La falda tende pertanto a digitarsi in più livelli, corrispondenti ai materiali grossolani e variamente interconnessi, ma conservando sempre carattere d'unicità.

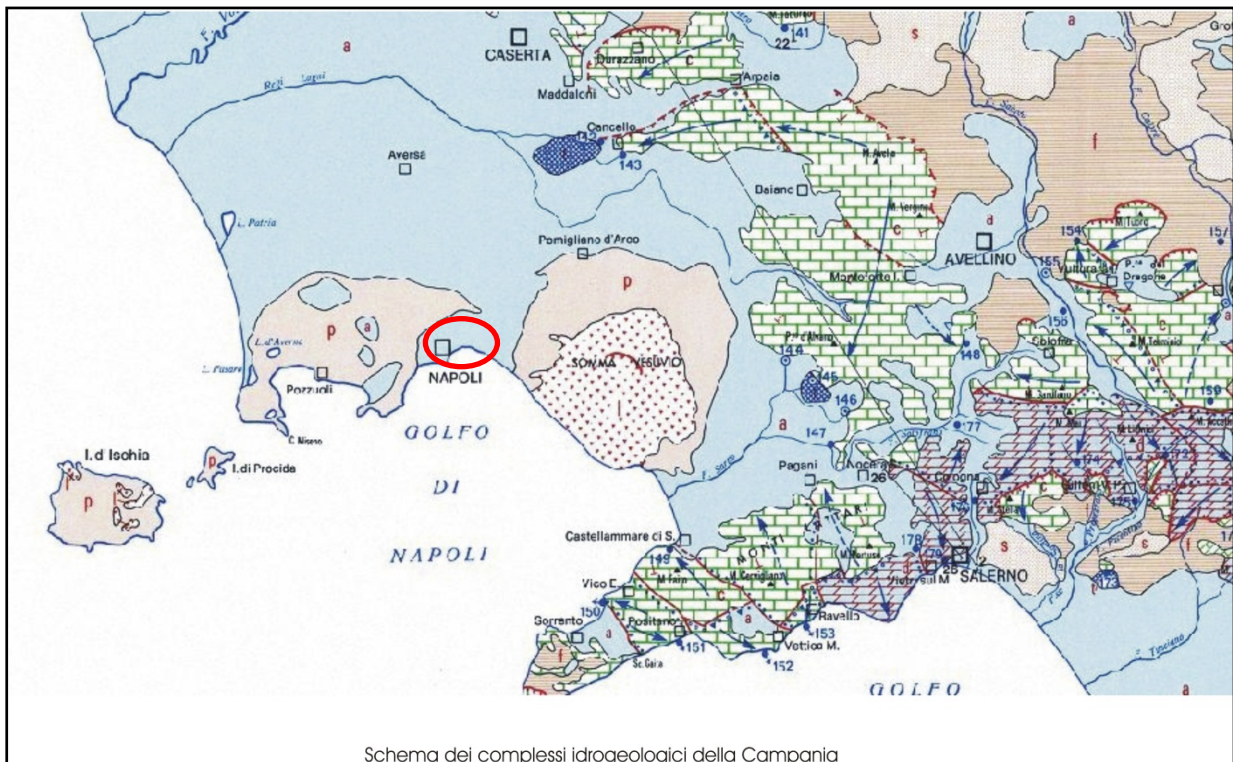
La soggiacenza attuale, nella maggior parte del territorio in esame, è inferiore ai 3-5 m dal piano campagna e quindi la falda è in grado di interagire fortemente con le opere in sottoterraneo. Negli ultimi anni si è evidenziato che le quote piezometriche hanno fatto registrare un certo innalzamento, soprattutto nell'area intorno alla Stazione Centrale. Tale innalzamento è dovuto probabilmente alla diminuzione dei prelievi legata alla riduzione delle attività industriali locali.

Il deflusso sotterraneo è, a grande scala, prevalentemente orientato da NE verso SO.

Per quanto riguarda l'aspetto idrogeochimico, l'acquifero dell'area presenta frequentemente elevate concentrazioni di Ferro e Manganese, dovuto principalmente alla bassa velocità di filtrazione nell'acquifero. Tale anomalia, inoltre, potrebbe essere correlata anche con la minore mobilitazione di acque di fondo, dovuta alla riduzione degli emungimenti in atto nell'area di interesse, registrata negli ultimi anni. Gli effetti provocati dagli emungimenti concentrati favoriscono, infatti, la mobilitazione delle acque circolanti alle maggiori profondità, a ricambio lento, e pertanto poco ossigenate: tali acque quindi, possono risultare particolarmente ricche in ferro ed in manganese.

Tuttavia per il manganese, oltre che per il ferro, non è da escludere una componente antropica.

Da quanto emerge dai dati bibliografici in possesso, localmente, la falda idrica superficiale dovrebbe seguire l'andamento generale dell'area. Non sono infatti noti motivi per i quali la falda dovesse avere qui un comportamento anomalo.



L E G E N D A

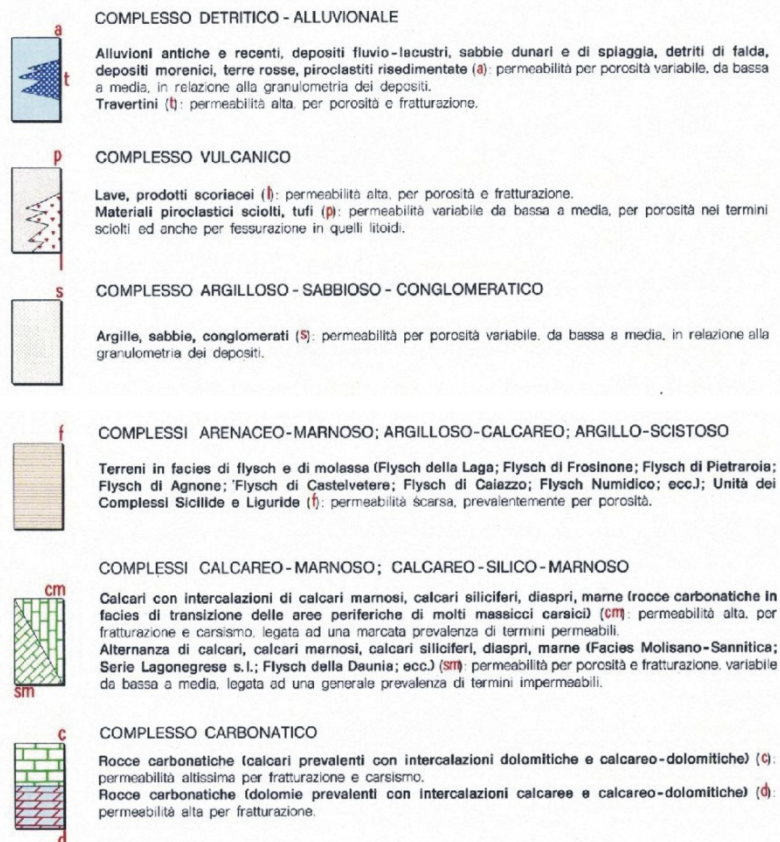


Figura 3: Schema dei complessi idrogeologici della Campania e relativa legenda

3.FLUSSO DELLE ATTIVITÀ

Sono state eseguite nell'area di interesse le attività riportate nel capitolato tecnico e di seguito elencate:

- Individuazione e verifica dello stato di n. 50 piezometri esistenti nell'area SIN e realizzati in passato da ARPA Campania;
- Ubicazione, in presenza dei tecnici Sogesid S.p.A., di n. 15 sondaggi, come da Capitolato;
- Esecuzione Indagine Georadar, in data 16 maggio 2012;
- Primo campionamento acque da n. 15 piezometri esistenti e misure dei parametri chimico fisici: PM8 –PM9-PM11- PM13-PM15 –PM20- PM37- PM27 –PM29 –PM30- PM34- PM36 – PM38 – PM18 –PM19;
- Bonifica Bellica sui punti di perforazione S11 e S12;
- Esecuzione prescavi, finalizzati all'esecuzione dei sondaggi;
- Esecuzione di n°15 sondaggi a carotaggio continuo, di cui n.3 spinti alla profondità di 40 m da p.c. e n. 12 spinti alla profondità di 30 m da p.c.;
- Definizione delle caratteristiche stratigrafiche ed idrogeologiche;
- Prelievo campioni di terreno per analisi geotecniche di laboratorio;
- Esecuzione di prove di permeabilità in foro tipo Lefranc;
- Esecuzione di Standard Penetration Test in foro;
- Rilievo piano altimetrico e georeferenziazione dei punti di perforazione;
- Secondo campionamento acque da n. 15 piezometri esistenti e misure dei parametri chimico fisici: PM8 –PM9-PM11- PM13-PM15 –PM20- PM37- PM27 –PM29 –PM30- PM34- PM36 – PM38 –PM18 –PM19;
- Esecuzione sismica a rifrazione/geoelettrica.

3.1 Individuazione piezometri ARPA Campania esistenti

Al fine di verificare la presenza e l'efficienza dei n. 50 piezometri installati nel passato da ARPA Campania nell'area SIN Napoli Orientale, nei giorni compresi tra il 19 ed il 22 aprile 2012 la scrivente ha perlustrato l'intera area SIN, constatando che, dei n. 50 piezometri indicati, n. 24 risultano non ispezionabili, in quanto danneggiati o non individuati rispetto alla posizione indicata sulla cartografia fornita dalla committenza. In allegato 1, si riporta la planimetria con ubicazione dei piezometri.

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva con la denominazione dei piezometri, la loro ubicazione mediante sistema di coordinate UTM e le considerazioni in merito allo stato di ciascuno, in seguito al sopralluogo effettuato.

Tabella 1

NAME	Indirizzo	Coord_X	Coord_Y	Note (osservazioni)	Profondità (m)	Soggiacenza da P.C.	Soggiacenza da B. P.
P01	Parallela a svincolo	442493,96	4522584,78	Occluso	10	?	?
P02	Strada Comunale Olivo	442684,392	4522265,99		10	5,58	5,4
P03	Pasquale Ciccarelli	442644,094	4521757,48		10	6,08	5,91
P04	Tavernola a Casavecchia	442089,907	4522070,38	Ripavimentazioni del marciapiede per ingresso autostradale	10	?	?
P05	Luigi Volpicella	441915,444	4521842,23	Ripavimentazioni del marciapiede	10	?	?
P06	Stefano Barbato	441735,091	4522052,79		10	1,715	1,520
P07	Delle Repubbliche Marinare	442032,026	4521411,46		10	2,510	2,280
P08	Luigi Volpicella	441489,078	4521585,31	Rotto pozzetto in mattoni, tombino non cementato	10	3,410	3,100
P09	Ferrante Imparato	441100,621	4521579,41		10	1,890	1,78
P10	Ravello	441365,94	4521403,08	Non trovato, ricoperto d'asfalto	10	?	?
P11	Francesco Parrillo	440295,751	4521480,08	Manca Tombino	10	2,790	2,6
P12	Strada Comunale Ottaviano	441113,789	4521165,31	Ricoperto	10	?	?
P13	Via Sorrento	441517,405	4521251,57		10	1,330	1,22
P14	Corso Nicolangelo Protopisani	441727,069	4520849,28		10	2,800	2,55
P15	Corso San Giovanni a Teduccio	441014,253	4520968,19	Manca Tombino	10	0,910	0,86
P16	Della Marina Giglio	440423,714	4521116,15	Non trovato, rifacimento marciapiede	10	?	?
P17	Strada Comunale Vigliena	440799,675	4520885,51	Non trovato, ricoperto d'asfalto	10	?	?
P18	Corso San Giovanni a Teduccio	441585,538	4520479,85		10	2,300	2,22
P19	Arenile di San Giovanni a Teduccio	441962,791	4519935,25		10	4,600	4,38
P20	Brecce a Sant'Erasmus	440324,508	4522208,67		10	0,345	0,321

Tabella 2

NAME	Indirizzo	Coord_X	Coord_Y	Note (osservazioni)	Profondità (m)	Soggiacenza da P.C.	Soggiacenza da B. P.
P21	Francesco Parrillo	440223,877	4521472,91	Non trovato	10	?	?
P22	Taverna delle Brecce	440284,601	4521511,59		10	3,06	2,92
P23	Reggia di Portici	439790,073	4521610,82	Asfaltato	10	2,52	2,41
P24	Emanuele Gianturco	439988,95	4522053,25	manca tappo ad espansione	10	1,9	1,59
P25	Emanuele Gianturco	440047,249	4522763,68	Piezometro distrutto, foro ritombato.	10	?	?
P26	S. Maria di Costantinopoli alle Moschee	439568,104	4522612,42		10	2,75	2,59
P27	Molise	439957,67	4522451,3		10	1,1	0,97
P28	Galileo Ferraris	440042,858	4522338,05	Occluso	10	?	?
P29	Corso Arnaldo Lucci	438817,029	4522277,18		10	2,54	2,49
P30	Incrocio: Via Carlo Celano/Via Sebeto.	438958,386	4522147,86		10	2,6	2,48
P31	Benedetto Brin	439432,372	4522083,31	ricoperto da cumuli di spazzatura	10	?	?
P32	Alessandro Volta	439488,519	4521785,73	Occluso	10	?	?
P33	Galileo Ferraris	439656,509	4522303,26	Assente	10	?	?
P34	Galileo Ferraris	439234,261	4522356,57		10	2,54	2,32
P35	Alessandro Volta	439380,773	4521857,64	Assente	10	?	?
P36	Nuova delle Brecce	441403,007	4522720,46		10	1,25	1,04
P37	Francesco Sponzillo	440494,848	4521682,64		10	2,58	2,33
P38	Ferrante Imparato	441031,393	4521937,52		10	2,570	2,445
P39	Traversa Fossitelli	442247,039	4522433,38		10	2,4	2,24
P40	Delle Industrie	441558,428	4522446,09		10	1,670	1,420
P41	Nuova delle Brecce	442394,561	4522866,37		10	1,85	1,65
P42	Ferrante Imparato	440992,031	4522415,72		10	1,210	1,07
P43	Ferrante Imparato	440912,996	4522853,53		10	0,945	0,815

Tabella 3

NAME	Indirizzo	Coord_X	Coord_Y	Note (osservazioni)	Profondità (m)	Soggiacenza da P.C.	Soggiacenza da B. P.
P44	Traccia a Poggioreale	440706,974	4524177,3		10	2,65	2,42
P45	Traccia a Poggioreale	440797,388	4523659,06		10	0,40	0,05
P46	Strada Vicinale Molino Vetere	442369,034	4523757,63	Installata pompa di rilancio per uso privato	10	3,12	2,95
P47	Strada Comunale Maranda	442574,629	4523704,32	Occluso e ricoperto da tappetino di asfalto	10	?	?
P48	Strada Comunale Tierzo	442318,674	4523354,25	Non presente tappo ad espansione	10	2,72	2,54
P49	Ferrante Imparato	440918,022	4522807,73	Ricoperto da asfalto	10	?	?
P50	Parallela ad Autostrada	442490,893	4522971,19	Occluso	10	?	?

3.2 Indagine Georadar

A valle dell'ubicazione dei n.15 punti di sondaggio, al fine di evitare di intercettare eventuali sottoservizi presenti nel sottosuolo durante la realizzazione delle perforazioni, la scrivente, come richiesto, ha effettuato una indagine georadar.

Il georadar, nell'applicazione sulle strutture, è, in generale, una tecnica che consente di rivelare in modo non distruttivo e non invasivo la presenza e la posizione di oggetti sepolti utilizzando il fenomeno della riflessione delle onde elettromagnetiche.

In questi ultimi anni l'utilizzo delle tecniche GPR ha avuto una sempre maggiore diffusione, in particolare in relazione al carattere non distruttivo della indagine e dalla relativamente semplice interpretabilità dei risultati.

La tecnologia è basata sullo stesso principio dei sistemi radar convenzionali, ma con alcune differenze significative:

- in un radar convenzionale l'onda elettromagnetica irradiata si propaga attraverso l'aria, mentre in questo tipo di utilizzo l'onda si propaga nel materiale che compone la struttura;
- i radar convenzionali possono rivelare bersagli a distanza di molti chilometri, mentre il radar opera generalmente a distanze di qualche decina di centimetri o nell'ordine dei metri;
- la risoluzione dei radar convenzionali è dell'ordine delle decine o centinaia di metri, mentre il georadar ha risoluzioni fino a qualche metro, in funzione della litologia e del contenuto di acqua nel sottosuolo, e comunque dalla potenza della antenne utilizzate.

dove c è la velocità dell'onda in aria, pari a m/s , ed $\epsilon = 103 \cdot \epsilon_r$ è la permittività relativa del materiale in cui l'onda si sta diffondendo. L'onda si diffonde verso il basso e se colpisce un oggetto o una superficie con caratteristiche elettriche e magnetiche diverse da quelle del mezzo in cui si sta diffondendo (Soil) parte dell'energia viene riflessa e torna verso la superficie.

La generazione e la ricezione dei segnali a radiofrequenza è operata da una o più antenne che vengono fatte scorrere sul materiale da indagare. I dati raccolti, opportunamente elaborati, sono memorizzati e rappresentati su una unità di controllo che genera anche gli impulsi necessari al funzionamento delle antenne. Eventuali oggetti presenti al di sotto delle superfici monitorate generano immagini radar ("o radargrammi") con caratteristiche forme iperboliche, come illustrato in Fig. 5.

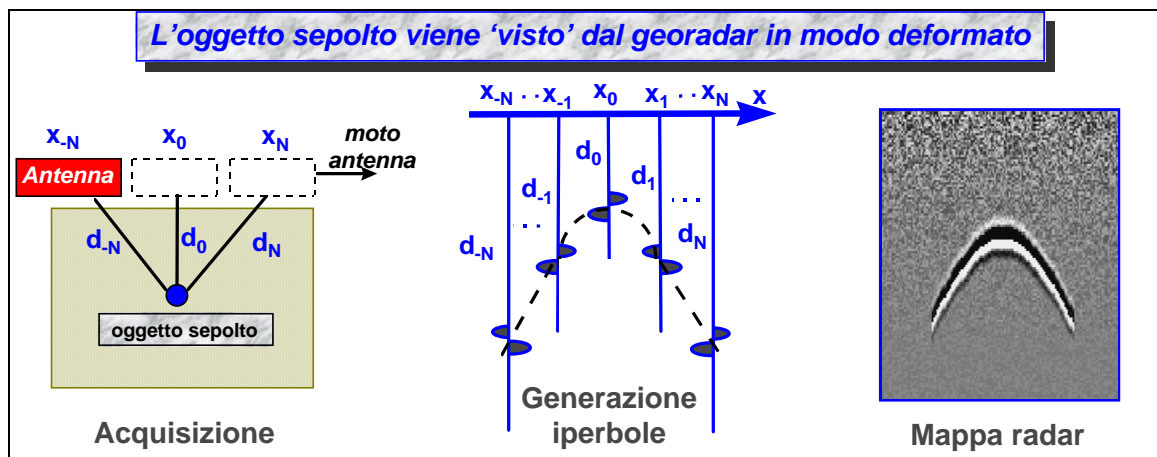


Figura 5: Principio di funzionamento del georadar

Tutti i mezzi reali assorbono le onde elettromagnetiche in misura dipendente dalle loro caratteristiche elettriche.

In generale, un mezzo omogeneo è definito, da un punto di vista elettrico, da una coppia di valori:

- costante dielettrica relativa (ϵ_r);
- conduttività (σ).

Da questi valori è possibile risalire al comportamento del mezzo nei confronti della propagazione delle onde elettromagnetiche.

Un trasmettitore (TX) genera un segnale di tipo impulsivo con una determinata frequenza di ripetizione. La successione di questi impulsi genera un segnale di durata dell'ordine dei nanosecondi che viene irradiato nel mezzo da un'antenna a larga banda.

La forma dell'impulso trasmesso è opportunamente calibrata in modo da ottenere una distribuzione spettrale di tipo gaussiano dove il valore centrale rappresenta la **frequenza caratteristica**, (o **frequenza centrale**) dell'antenna, che corrisponde alla frequenza dominante dell'impulso.

La frequenza centrale dell'antenna determina le caratteristiche di risoluzione e di massima profondità di esplorazione.

Il segnale elettromagnetico ricavato è caratterizzato da una serie di picchi. La loro ampiezza dipende principalmente da tre fattori:

- *natura del riflettore;*
- *natura del mezzo tra riflettore ed antenna;*
- *curva di amplificazione applicata.*

3.2.2 Descrizione del sistema georadar adottato

Di seguito, si riportano brevemente le caratteristiche principali del sistema georadar utilizzato, visibile nella fig. 6:

Unità di Controllo

- Unità di acquisizione bicanale con settaggio manuale dei parametri
- Laptop cf19

Unità di Alimentazione

- Unità di alimentazione
- Scheda di alimentazione

Antenne

- Antenna multiantenna multifrequenza 200- 600 MHz.

Software

- SW di acquisizione GrasWin2 WinSTRU



Figura6: Sistema radar adottato: Sistema RIS HI Mod one

3.2.3 Aspetti operativi

Dal punto di vista operativo i dati sono stati acquisiti attraverso l'esecuzione d'indagini Georadar con un sistema a multifrequenza 200/600 Mhz.

La prima antenna utilizzata consente di ottenere una ottimale risoluzione del segnale nei primi due metri di profondità con un'impostazione della durata di acquisizione di 60 ns. Questo dipende soprattutto dalle caratteristiche dielettriche del materiale indagato; ad esempio, se si è in presenza di un materiale altamente mineralizzato con presenza di acqua la penetrazione del segnale subisce delle modifiche. La seconda antenna a più alta frequenza consente di avere una risoluzione più alta superficiale.

Durante una scansione è possibile visualizzare una serie di riflessioni da punti adiacenti (tipicamente uno ogni 2 o 3 cm di risoluzione della scansione), che costituiscono l'immagine della sezione radar. In presenza di un oggetto sepolto (es. una frattura o una cavità) si ottiene una immagine radar con una caratteristica forma iperbolica che descrive l'anomalia sottostante.

In generale per le prove con il Georadar è molto importante la scelta del tipo di antenna, in quanto la profondità massima indagabile con un impulso Georadar dipende della frequenza del segnale e della resistività elettrica del terreno.

La scelta dell'antenna dipende quindi tanto dal sito quanto dallo scopo dell'indagine, in particolare dalla dimensione minima dell'oggetto da ricercare.

Un'antenna ad alta frequenza permette di ottenere un'ottima risoluzione anche su oggetti decisamente piccoli nei primi centimetri di profondità.

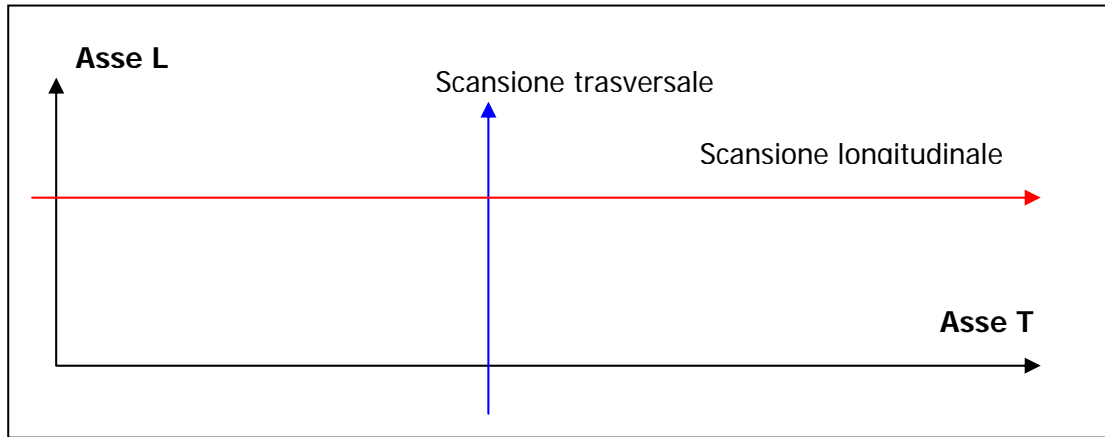
Un'antenna a bassa frequenza consente una profondità d'indagine maggiore a discapito della risoluzione nei primi strati indagati.

3.2.4 Finalità dell'intervento

Il giorno 16 maggio 2012, si è svolta un'indagine georadar finalizzata a verificare la compatibilità tra l'ubicazione delle perforazioni da realizzarsi per la campagna Bonifica Ordigni Bellici (BOB) e per l'indagine geognostica e la rete dei sottoservizi.

Schema adottato per le scansioni

Come ogni scansione radar la cosa importante è la scelta del sistema di riferimento.



Area di lavoro

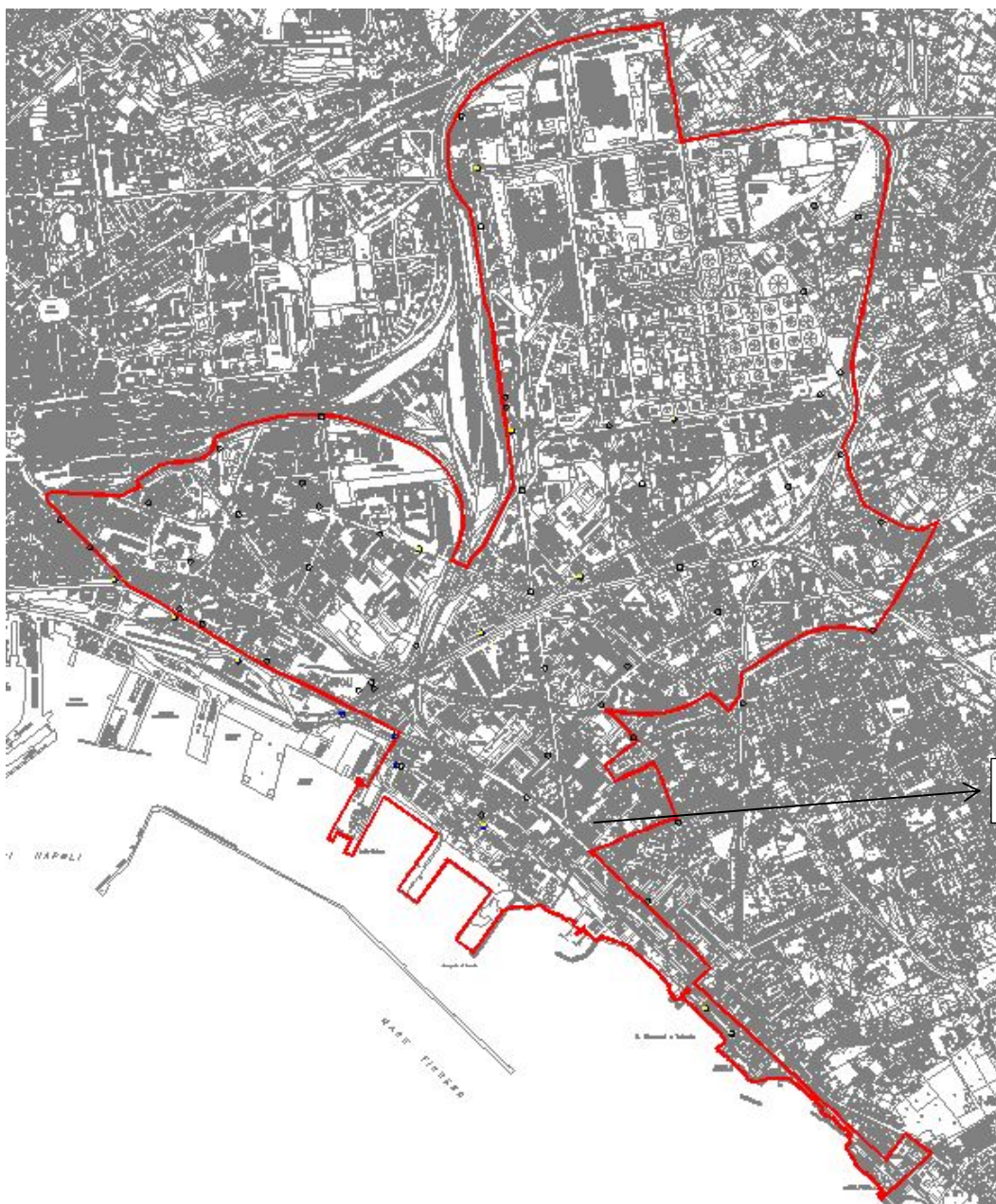


Figura 8: Visione globale dei sondaggi indagati

Tutti i sondaggi sono stati georeferenziati mediante l'utilizzo di una stazione totale in modo da avere le coordinate nel sistema di riferimento UTM 33 N

Tabella 4

Est Nord

S 1	439067.454	4522016.431	Via Vespucci
S 2	439357.242	4521832.829	Via A. Volta
S 3	439673.943	4521638.140	Via Marina
S 4	440799.593	4521762.677	Via Argine
S 5	440379.319	4521279.294	Via Marina dei Gigli
S 6	440526.103	4522135.406	Via G. Ferraris
S 7	440397.944	4521136.705	Stradone Vigliena
S 8	441267.099	4522029.816	Via Nuova delle Breccie
S 9	441703.230	4522766.534	Via Nuova delle Breccie
S 10	440778.850	4523955.713	Via D. De Roberto
S 11	441846.166	4519996.461	Arenile di Bagnoli
S 12	441963.984	4519876.331	Arenile di Bagnoli
S 13	440143.365	4521388.491	Via Gen. F. Sponsili
S 14	440799.969	4520851.113	Stradone Vigliena
S 15	440933.670	4522711.936	Via Imparato

Sistema di riferimento per le scansioni

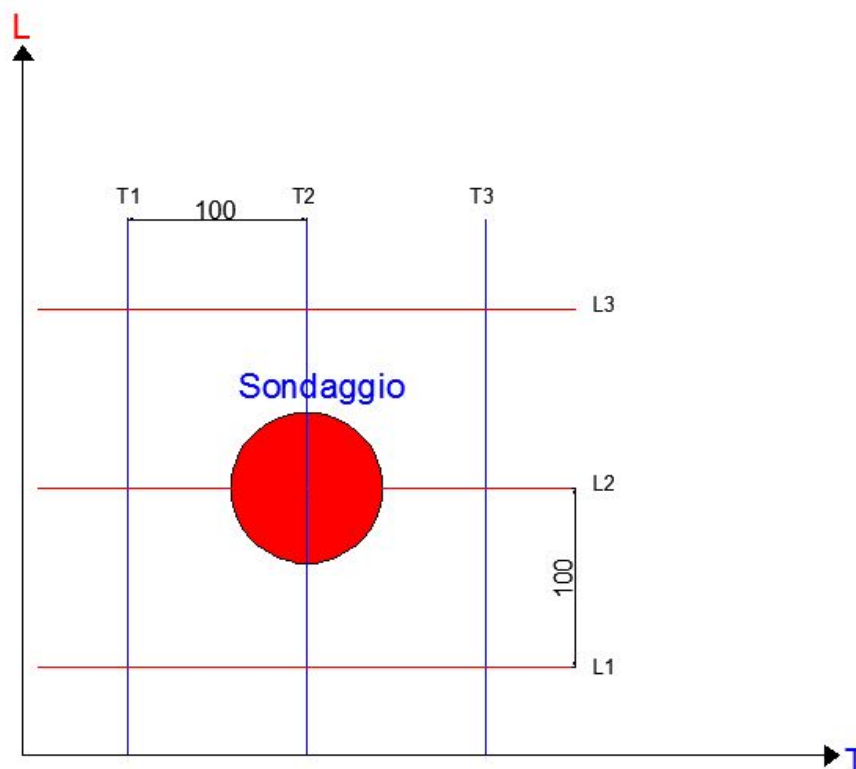


Figura 9: Posizionamento sull'area indagata della maglia utilizzata nell'indagine

In figura N°9 si riporta la maglia utilizzata sull'area in esame, in particolare con le linee blu ad indicare le linee trasversali e quelle in rosso le longitudinali.

Sull'area posizionata sui setti in oggetto si sono effettuate scansioni su una maglia (T,L), in modo tale da individuare le anomalie in entrambe le direzioni, ortogonali tra di loro.

Durante le Scansioni, Longitudinali e Trasversali, si è adottata la *tipologia Marker nella configurazione del Georadar*. Questo ha permesso una visualizzazione più attenta e precisa delle scansioni in riferimento anche alla tipologia dei terreni che caratterizzano il sottofondo delle strade investigate.

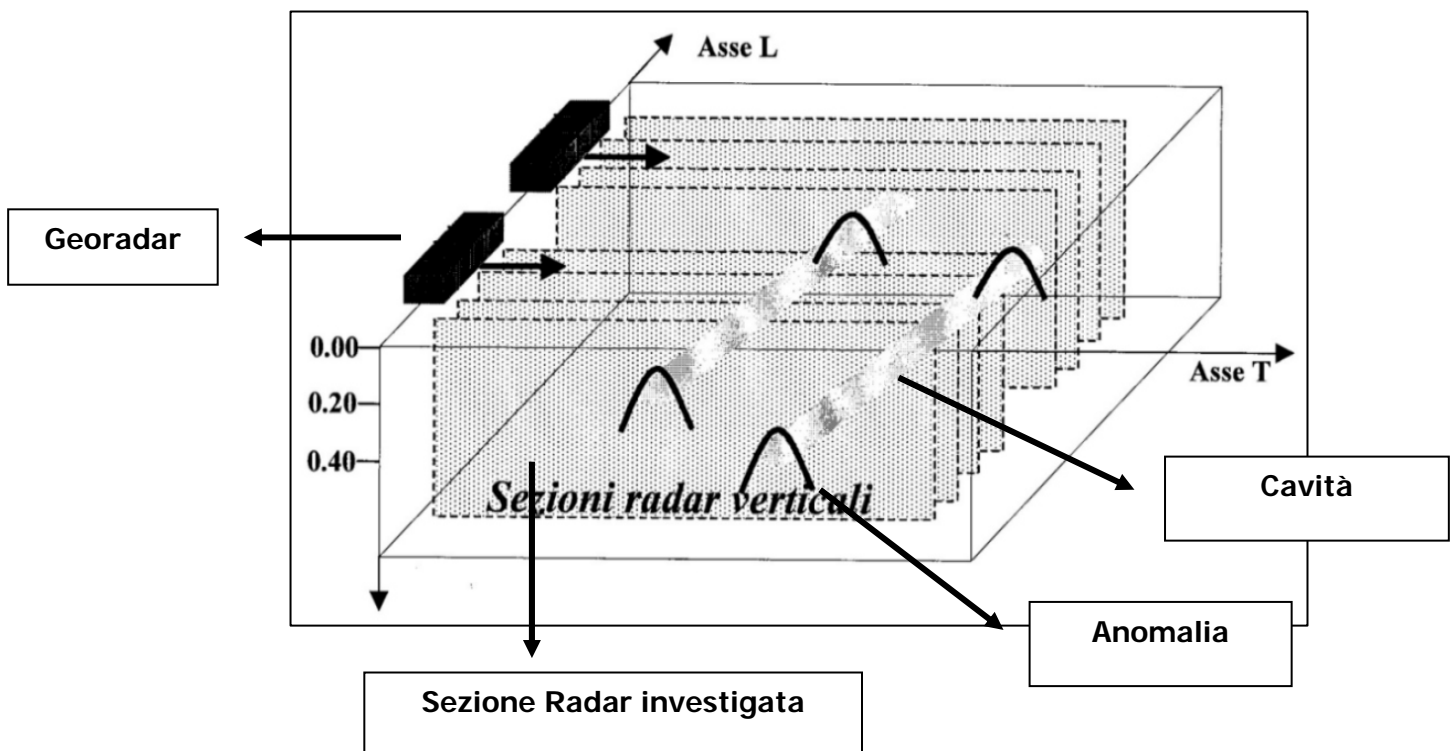


Figura 10– Esempio di piani investigati dalle scansioni radar

Nella fase di elaborazione, eseguita nei test preliminari, si sono verificate delle informazioni importanti, tra cui:

- il livello di penetrazione del segnale all'interno del terreno sottostante con le varie antenne;
- Lo spettro delle frequenze, per evidenziare la frequenza centrale ottimale.

Tutti questi studi preliminari permettono di scegliere nella fase di indagine l'utilizzo della frequenza più adatta dell'antenna da utilizzare, tenendo conto ovviamente della tipologia del problema in esame.

In fig. 11 si mostra come viene determinato il livello di penetrazione del segnale.

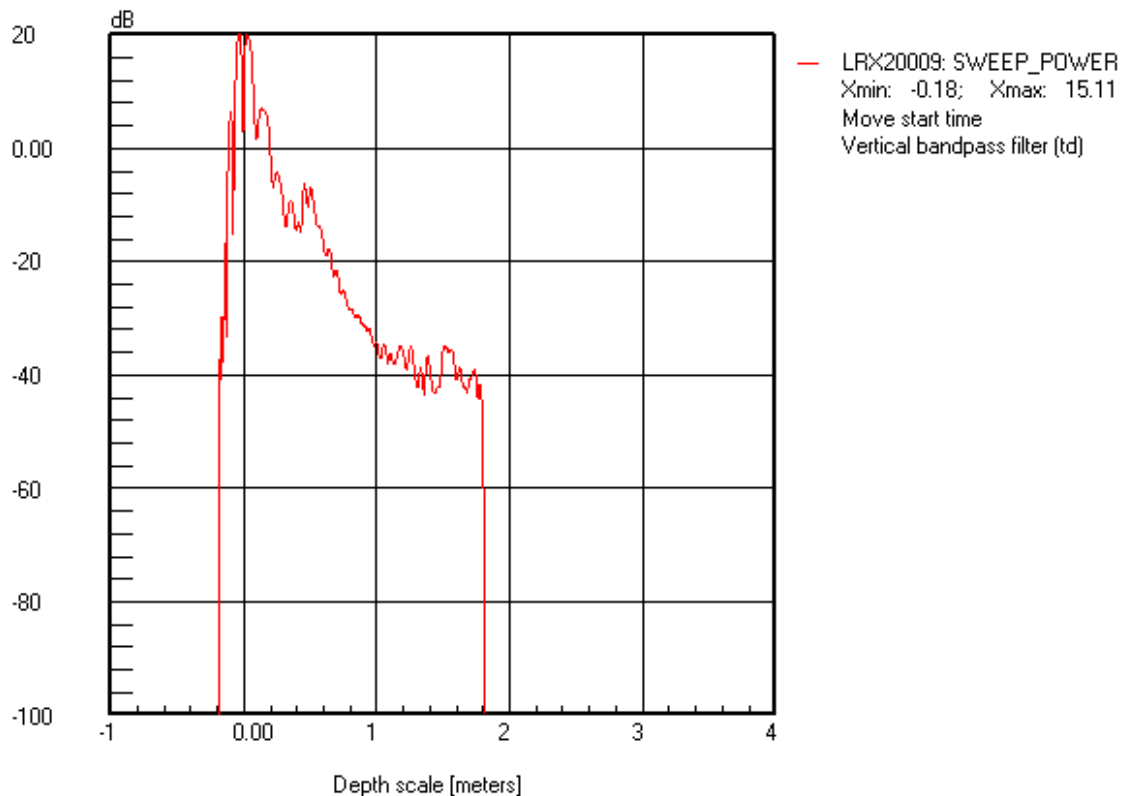


Figura 11: Analisi del livello di penetrazione con una 600Mhz

Dal diagramma della potenza (db-m), si evince che la penetrazione è ottima fino ad 1,5 metro di profondità .L'analisi di questo aspetto ci ha permesso di fare delle valutazioni sulla scelta delle antenne da utilizzare nelle zone dove sono state riscontrate le anomalie suddette.

Tale profondità corrisponde alla proiezione del punto di flesso della curva sull'asse delle x (z metri di profondità).

3.2.5 Radargrammi

Il radargramma è una sezione verticale ottenuta lungo la direzione di scansione. In particolare sull'asse delle x sono riportati i metri percorsi, mentre sull'asse delle y viene riportata la profondità visualizzata.

La profondità come già detto dipende dalle seguenti proprietà:

- Caratteristiche dielettriche del materiale;
- Contenuto di acqua;
- Frequenza dell'antenna utilizzata.

Nel caso specifico dell'indagine in esame, l'obiettivo è stato quello di verificare attraverso l'utilizzo di un'antenna multifrequenza il mezzo al disotto del piano di calpestio.

In questo modo è come se sezionassimo con dei piani paralleli alla direzione di scansione il mezzo indagato. La profondità di penetrazione dipende dalle caratteristiche dielettriche del terreno.

Per visualizzare l'andamento dei riflessi grammici è stato utilizzato un apposito software Greswin che ci consente un filtraggio per una visualizzazione migliore. In questo modo si ha la possibilità di poter vedere la presenza delle anomalie come sottoservizi, presenza di elementi strutturali e zone ad alto contenuto di acqua.

La campagna di indagine è partita dal sondaggio S1 disegnando prima una maglia (T,L);

Si è scelto un passo tra le T di 1 metro e tra le L di 1 metro.

Successivamente sono state eseguite scansioni su tutti i sondaggi in modo da verificarne l'interferenza della loro posizione con eventuali sottoservizi.

3.2.6 Elaborati

Di seguito sono riportati alcuni degli elaborati ottenuti dall'indagine radar ottenuti durante le verifiche di intercettazione dei fori dei sondaggi con gli eventuali sottoservizi.:

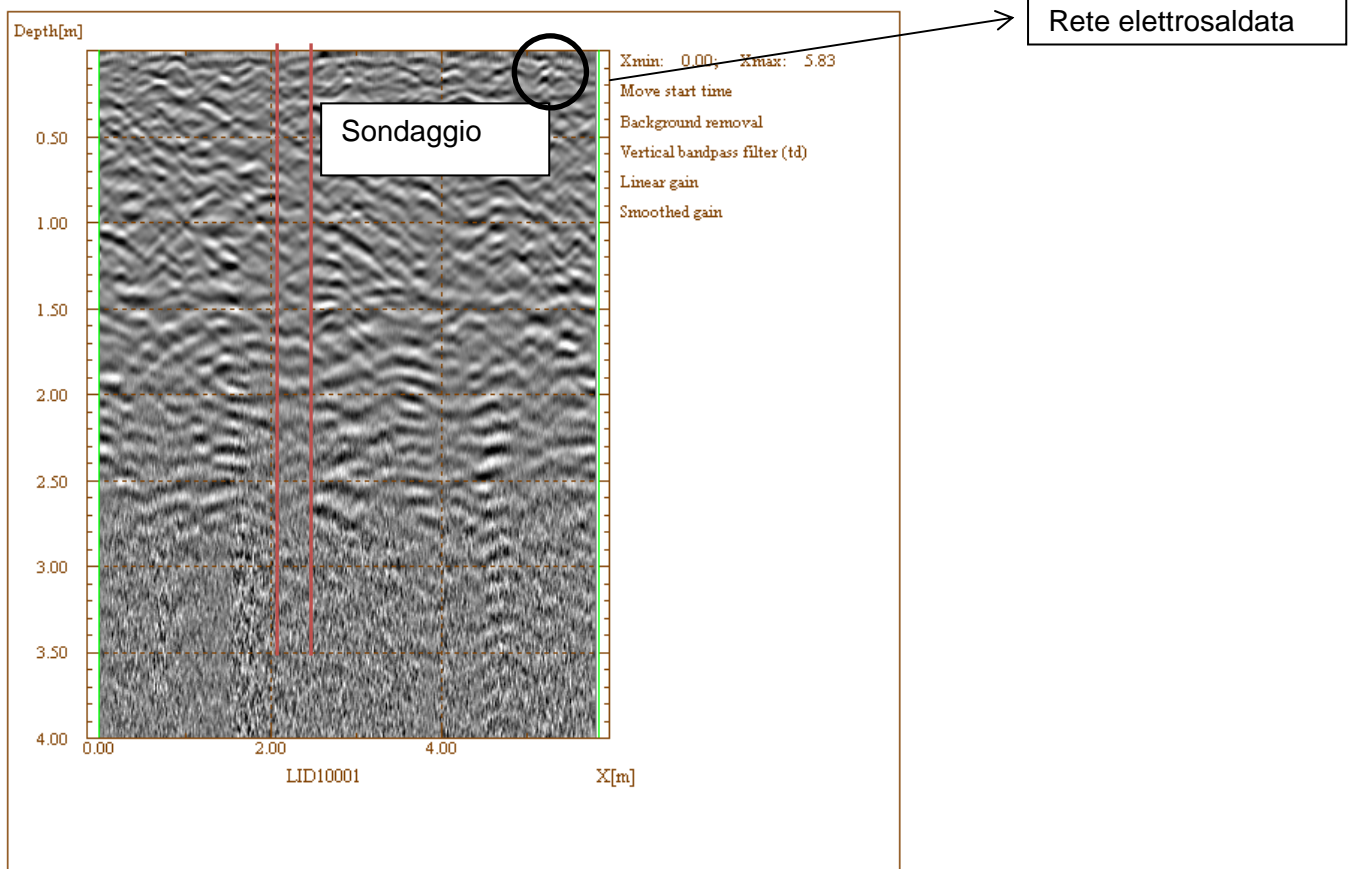


Figura 12: Radargramma sondaggio 1

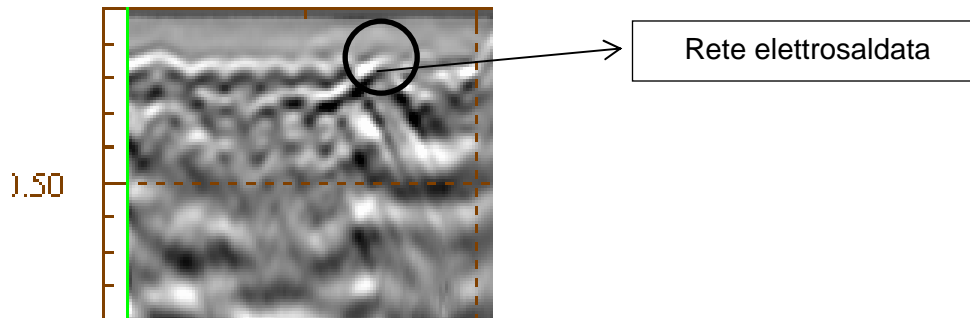


Figura 13: Particolare del Radargramma sondaggio S1

Il radargramma si riferisce a una scansione longitudinale L_1 eseguita nei pressi del sondaggio S1. In questa sezione longitudinale si riporta in rosso la posizione prescelta del sondaggio numero 1. Come si vede attorno a quest'ultima non si mettono in evidenza particolari anomalie che possono portare problemi di intercettazione. Quindi la posizione segnata è compatibile con le condizioni del sottosuolo in un campo di visibilità fino ai 2 metri di profondità.

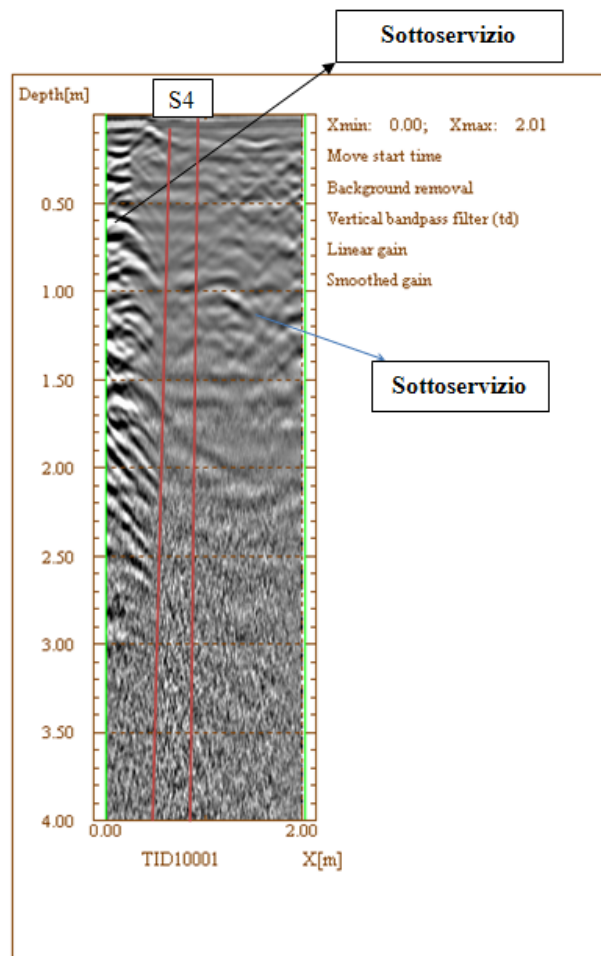


Figura 14: Radargramma sondaggio S4

Il radargramma, riportato in fig. 14, mette in evidenza la presenza di sottoservizi in prossimità della posizione prefissata del sondaggio N 4. In questo caso la scansione radar ci permette di capire dove riposizionare la perforazione evitando di intercettare i sottoservizi.

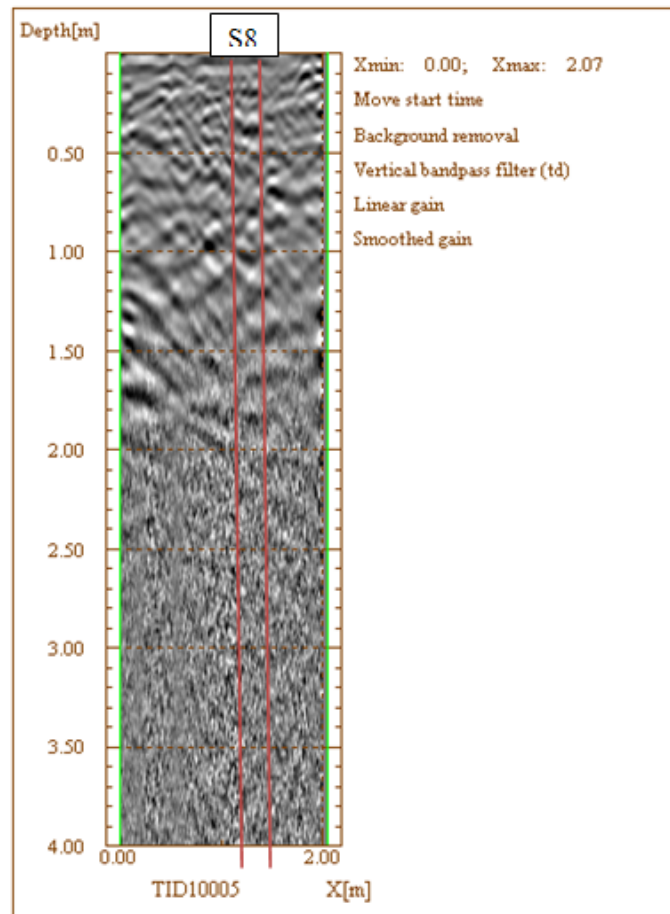


Figura 15: Radargramma T1 S 8

Il radargramma si riferisce a una scansione Trasversale posta a 1 metri dall'origine dal centro del foro di sondaggio S 8. Si nota che il livello di penetrazione dell'antenna da 600 Mhz è di circa 2 metri. Non si notano particolari anomali in range di profondità che possono interferire con la perforazione.

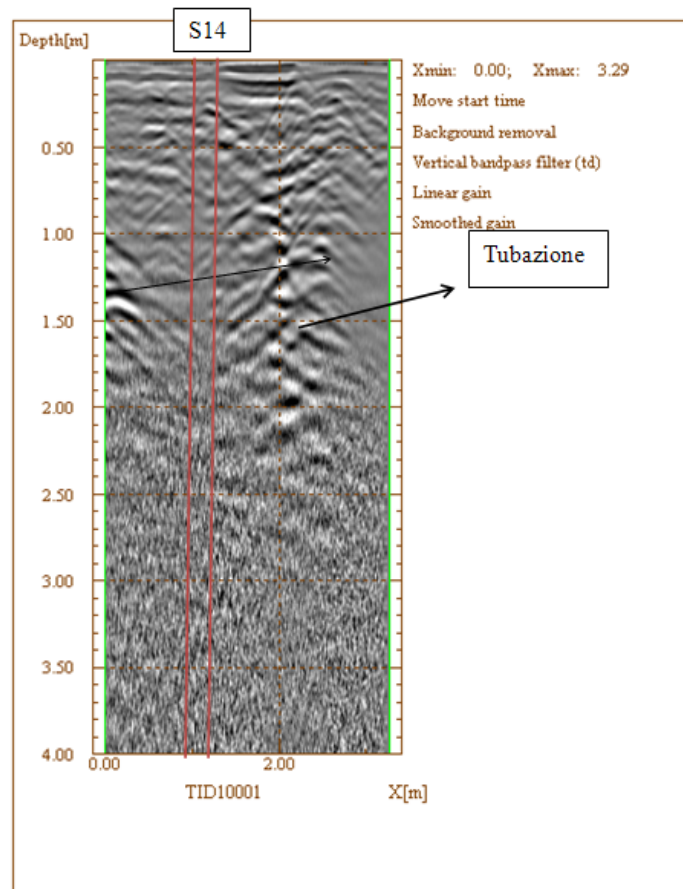


Figura 16: Radargramma con frequenza da 600 Mhz; S 14 scansione T₁

Il radargramma si riferisce a una scansione Trasversale sulla maglia realizzata presso il sondaggio S14. Nella sezione trasversale si notano due anomalie poste ai lati della posizione del sondaggio con un basso margine di sicurezza durante la perforazione. Questo ha messo in luce in cantiere la necessità di riubicare la perforazione e di verificarne comunque la nuova posizione mediante un'indagine georadar.

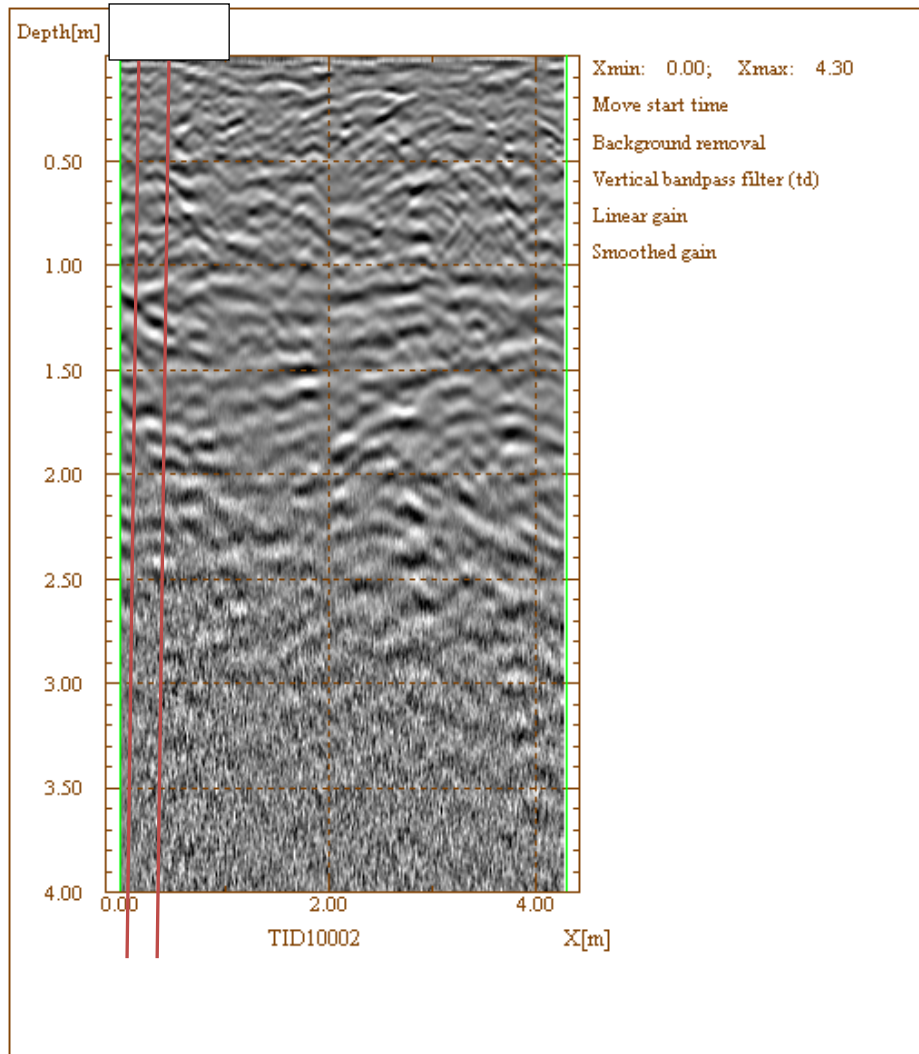


Figura 17: Radargramma con frequenza da 600 Mhz; scansione T2 sempre S14

Il radargramma si riferisce a una scansione Trasversale sempre il sondaggio S14 ma posta in una zona limitrofa. Si nota come non vi siano particolari anomalie che possono creare preoccupazione durante la fase di perforazione.

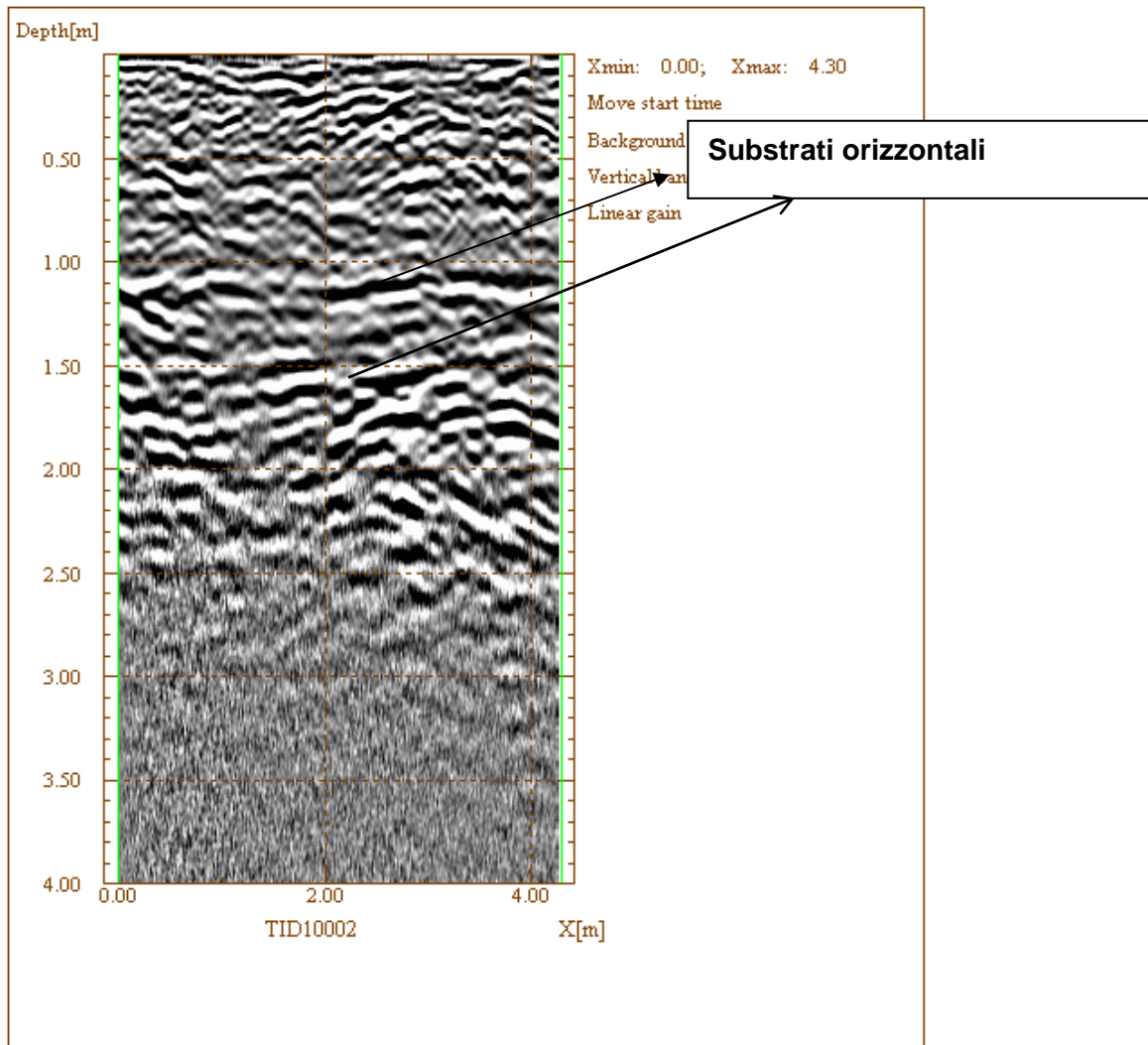


Figura 18: Radargramma con frequenza da 600 Mhz S15

Il radargramma di fig. 18 si riferisce al sondaggio n°15 dove non vengono messe in evidenza anomalie che possono intercettare la perforazione. Inoltre vengono visualizzati i substrati orizzontali del terreno sottostante.

3.2.7 Report fotografico



Figura 19 : Scansione presso sondaggio S3

Nella figura 19 viene riportata una foto scattata durante la fase delle indagini della campagna. Durante le fasi in cantiere si riesce a visualizzare la posizione dei tubi e quindi prendere in tempo reale le decisioni sul corretto posizionamento dei sondaggi.

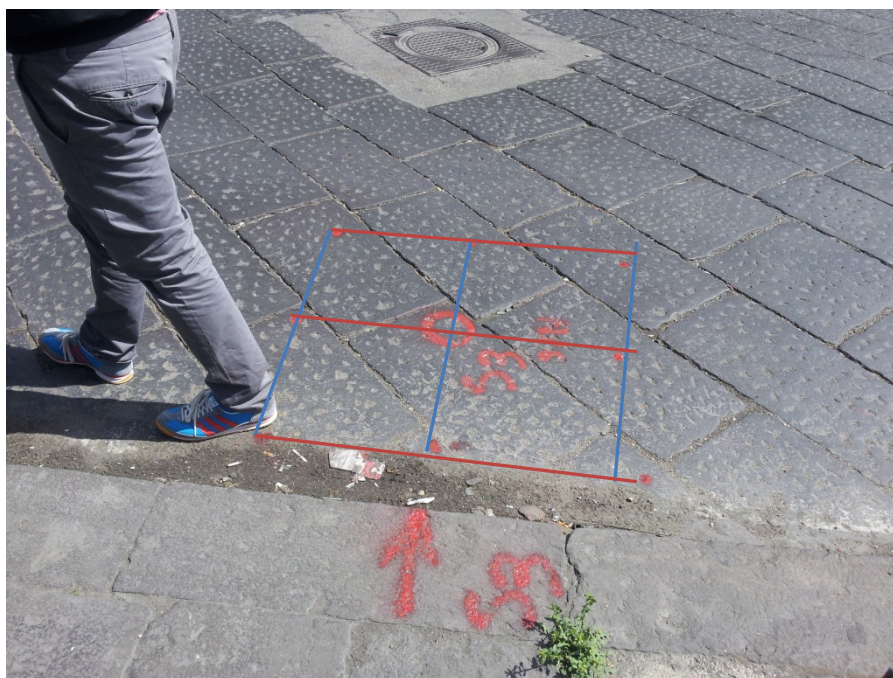


Figura20 : Sistema di riferimento adottato

Per ogni sondaggio si è adottato un sistema di riferimento come quello riportato in figura N°20. In particolare il sistema adoperato si basa su tre scansioni trasversali e tre scansioni longitudinali. In questo modo si è potuto analizzare la presenza di sotto servizi di circa 2 metri quadri attorno al foro di perforazione. Nel caso particolare vista la presenza di una tubazione nei pressi del foro presegnalato si è deciso di spostare l'ubicazione più vicino ai margini del marciapiede.



Figura 21 : Scansione presso sondaggio S1



Figura22 : Scansione presso sondaggio S3



Figura 23 : Scansione presso sondaggio S5

3.2.8 Conclusioni

In riferimento alla campagna proposta delle perforazione per il progetto BOB in esame si è deciso di verificare se la posizione dei sondaggi potesse essere compatibile con l'andamento dei sottoservizi.

Questo tipo di lavoro è stato condotto attraverso l'utilizzo del georadar che ha permesso un'analisi di campo. In cantiere si sono visionate le anomalie associabili a sottoservizi e si è deciso, in alcuni casi, di spostare il punto di perforazione in una zona più sicura.

Si precisa che il campo di visualizzazione del georadar con questo tipo di terreni arriva fino a una massima profondità di 2 metri.

4. BONIFICA ORDIGNI BELLICI (BOB)

L'area in cui sono state realizzate le perforazioni geognostiche ricade in un territorio oggetto di numerosi bombardamenti durante la Seconda Guerra Mondiale.

L'attività di Bonifica Bellica nasce dall'esigenza di garantire le maestranze a rischio da eventuali esplosioni derivanti dall'attivazione accidentale di ordigni bellici durante le attività di scavo. Essa è stata eseguita nel rispetto delle leggi dello Stato e dei regolamenti militari vigenti, secondo le prescrizioni dell'Amministrazione Militare territorialmente competente (nel caso in esame dal 10° reparto infrastrutture del Genio Militare di Napoli).

In allegato 9 si riporta tutta la documentazione inerente le attività di Bonifica Bellica:

- Relazione Tecnica
- Documentazione collaudo n.1
Verbale di constatazione n.181 del 10/08/2012
Dichiarazione di garanzia
- Documentazione collaudo n.2
Verbale di constatazione n.187 del 22/08/2012
Dichiarazione di garanzia

L'esito di tali attività è risultato negativo (nessun ordigno bellico ritrovato).

5. CAMPIONAMENTO ACQUE DI FALDA

A valle dell'individuazione dei piezometri danneggiati, la scrivente ha concordato con la committenza di effettuare una campagna di monitoraggio e campionamento delle acque di falda da alcuni piezometri. Si riportano di seguito le date di campionamento e i nominativi dei piezometri campionati:

- 18-19 giugno 2012: monitoraggio, campionamento acque e misura dei parametri chimico fisici dai piezometri: PM8 –PM9-PM11- PM13-PM15 –PM20- PM37- PM27 –PM29 –PM30- PM34- PM36 – PM38 –PM18 –PM19;
- 13-14 novembre 2012: campionamento acque dai piezometri: PM8 –PM9-PM11- PM13-PM15 – PM20- PM37- PM27 –PM29 –PM30- PM34- PM36 – PM38 –PM18 –PM19;
- 18-19-20 Febbraio 2013: campionamento delle acque di falda dai piezometri: PM8 –PM9-PM11- PM13-PM15 –PM20- PM37- PM27 –PM29 –PM30- PM34- PM36 – PM38 –PM18 –PM19- PM35- PM49 e PM42. Tali attività sono state presenziate da Sogesid S.p.A. e dai tecnici ARPA Campania, i quali hanno prelevato in contraddittorio n.2 campioni di acqua di falda dai piezometri PM11 e PM36.

Prima del prelievo d'acqua sotterranea, i piezometri sono stati adeguatamente spurgati mediante elettropompa sommersa, fino ad ottenimento d'acqua chiara e, in ogni caso, per un tempo non inferiore al ricambio di cinque volte il volume d'acqua presente all'interno del piezometro.

Le acque derivanti dalle attività di spurgo sono state opportunamente stoccate in serbatoi e successivamente, mediante ditte autorizzate, sono state inviate ad idoneo impianto di smaltimento.

Tutte le operazioni di prelievo dei campioni sono state effettuate mediante campionatori monouso sterili (bailers), ed eseguite nel rispetto delle procedure standard di controllo della qualità tese in particolare ad evitare episodi di contaminazione incrociata tra un punto di campionamento e l'altro.

I campioni sono stati raccolti in appositi contenitori in vetro ambrato da 1 Litro ed in Vials, opportunamente etichettati, sono stati conservati a bassa temperatura (4° C) fino alla consegna al laboratorio avvenuta entro 48 ore dal campionamento. La spedizione dei campioni è avvenuta con l'ausilio di corrieri specializzati.

Al fine di effettuare un controllo di qualità e verificare la precisione e l'accuratezza delle operazioni di campionamento ed analisi, è stato preparato un campione denominato Field Blank costituito da acqua distillata con la quale è stata sciacquata l'attrezzatura di campionamento e un Blind Duplicate con un duplicato delle acque prelevate dal piezometro PM20 e denominato PM1.

Per una chiara visione dei punti in cui è stato effettuato il campionamento, si riporta di seguito la tabella con l'indicazione dei nominativi dei piezometri e le rispettive coordinate.

Tabella 5

Denominazione	Indirizzo	Coord_X	Coord_Y
P08	Luigi Volpicella	441489,078	4521585,31
P09	Ferrante Imparato	441100,621	4521579,41
P11	Francesco Parrillo	440295,751	4521480,08
P13	Via Sorrento	441517,405	4521251,57
P15	Corso San Giovanni a Teduccio	441014,253	4520968,19
P18	Corso San Giovanni a Teduccio	441585,538	4520479,85
P19	Arenile di San Giovanni a Teduccio	441962,791	4519935,25
P20	Brecce a Sant'Erasmo	440324,508	4522208,67
P27	Molise	439957,67	4522451,3
P29	Corso Arnaldo Lucci	438817,029	4522277,18
P30	Incrocio: Via Carlo Celano/Via Sebeto.	438958,386	4522147,86
P34	Galileo Ferraris	439234,261	4522356,57
P36	Nuova delle Brecce	441403,007	4522720,46
P37	Francesco Sponzillo	440494,848	4521682,64
P38	Ferrante Imparato	441031,393	4521937,52

Sui campioni prelevati dai piezometri sono stati ricercati i seguenti parametri:

- Metalli: Alluminio, Antimonio, Argento, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo totale, Cromo esavalente, Ferro, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Manganese, Tallio, Vanadio, Zinco.
- Idrocarburi Totali come n-esano;
- Idrocarburi Policiclici aromatici: Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Dibenzo(a,h)antracene, Indeno(1,2,3-c,d)pirene
- composti alifatici clorurati cancerogeni e non: Clorometano, Cloruro di Vinile, 1,2-Dicloroetano, 1,1-Dicloroetilene) e non cancerogeni (1,1-Dicloroetano, 1,2 -Dicloroetilene.
- P.C.B.
- Composti organici aromatici: Benzene, Etilbenzene, Stirene, Toluene, para-Xilene.
- Fenoli clorurati e non : 2-Clorofenolo, 2,4-Diclorofenolo, 2,4,6-Triclorofenolo;
- MtBE.

In allegato 2 si riportano i certificati chimici di laboratorio.

5.1 Misure freaticometriche – Parametri chimico fisici

In ogni piezometro installato è stata effettuata la lettura piezometrica mediante l'utilizzo di una sonda freaticometrica. Successivamente, sono state valutate le caratteristiche chimico-fisiche mediante l'utilizzo di una centralina multiparametrica, in grado di valutare il pH, la conducibilità ($\mu\text{S}/\text{cm}$), la concentrazione di O₂ (mg/l), la Temperatura (°C) dell'acqua e il potenziale redox ORP.

Si riportano nella tabella successiva i parametri misurati in ciascun punto:

Tabella 6

Piezometro N°	pH	Conducibilità ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	O₂ (mg/l)	T (°C)	Potenziale RedOx (mV)
PM8	6.98	1.89	2.03	16.32	-32
PM9	7.11	2.60	1.88	17.01	-63
PM11	7.39	3.66	1.75	16.88	10
PM13	7.15	2.99	2.01	17.36	-12
PM15	7.12	2.59	2.65	17.56	-21
PM18	7.01	2.45	2.45	17.23	-56.0
PM19	7.02	1.75	1.22	15.62	-44.0
PM20	6.99	1.78	2.03	17.66	-5
PM27	7.02	1.67	2.29	16.01	-9
PM29	7.36	2.03	1.59	16.63	-15
PM30	7.11	1.62	1.66	17.01	-28
PM34	7.09	1.48	1.39	16.06	-14
PM36	7.63	2.99	2.06	16.33	-33
PM37	7.12	1.97	2.15	16.87	-29
PM38	7.37	2.87	2.03	17.33	-31

6. SONDAGGI GEOGNOSTICI

A valle del lungo iter burocratico per l'ottenimento delle autorizzazioni all'occupazione suolo pubblico da parte della IV e VI Municipalità del Comune di Napoli e dalla Capitaneria di Porto, in data 31 luglio 2012 la scrivente ha dato inizio alle attività di perforazioni geognostiche propedeutiche alla progettazione definitiva della "Messa in Sicurezza e bonifica delle acque di falda".

Sono stati realizzati n. 15 sondaggi a carotaggio continuo aventi profondità variabile tra i 30 e 40 m da p.c., mediante una sonda meccanica a rotazione, senza l'uso di fluidi di perforazione, con carotiere in acciaio del diametro di 101 mm ed è stata utilizzata una tubazione di rivestimento del diametro di 140 mm e 160mm.

Il materiale carotato è stato riposto in cassette catalogatrici in PVC con scomparti da 1.0 m, identificate e fotografate, per poter redigere la stratigrafia.

I dati sono stati riportati su appositi moduli compilati in campo durante l'esecuzione delle perforazioni, digitalizzati e riportati in allegato 3 "log stratigrafici".

Si riporta in allegato 1 la planimetria dell'intero SIN Napoli Orientale con l'ubicazione dei sondaggi realizzati.

6.1 Rilievo piano altimetrico e Georeferenziazione delle perforazioni

Ciascuno dei sondaggi realizzati in sito è stato ubicato mediante l'utilizzo di un GPS palmare *Leica Geosystem GS20 PDM (Professional Data Mapper)* che restituisce i dati in coordinate geografiche, convertite in coordinate UTM WGS84 mediante l'utilizzo di un apposito software.

A conclusione delle operazioni, a valle della messa in opera dei chiusini protettivi, si è provveduto ad eseguire un rilievo topografico di precisione mediante l'utilizzo di una stazione totale Leica mod TPS1200. Questa operazione ha permesso di riferire a caposaldi noti le coordinate e le quote dei bocca pozzi e dei piani campagna di ogni perforazione. Le coordinate sono restituite nel sistema UTM e in metri sul livello del mare.

Tabella 7

Denominazione	Profondità (ml)	Coordinate UTM Est	Coordinate UTM Nord
S1	30	439067.454	4522016.431
S2	30	439357.242	4521832.829
S3	30	439673.943	4521638.140
S4	30	440799.593	4521762.677
S5	40	440379.319	4521279.294
S6	40	440526.103	4522135.406
S7	40	440397.944	4521136.705
S8	30	441267.099	4522029.816
S9	30	441703.230	4522766.534
S10	30	440778.850	4523955.713
S11	30	441846.166	4519996.461
S12	30	441963.984	4519876.331
S13	30	440143.365	4521388.491
S14	30	440799.969	4520851.113
S15	30	440933.670	4522711.936

6.2 Prove in situ

Durante le attività di perforazione, al fine di individuare le caratteristiche geotecniche e idrogeologiche del sottosuolo investigato, sono state eseguite le seguenti prove:

- Prova di permeabilità tipo Lefranc;
- Standard Penetration Test (SPT).

6.2.1 Prove di permeabilità tipo Lefranc

Durante l'esecuzione dei sondaggi, come richiesto da Sogesid S.p.A., sono state eseguite a profondità quasi regolare, n.2 prove a circa -5.0 e -10.0 m. dal p.c.. Tale prova ha permesso di determinare il valore del coefficiente di permeabilità dei terreni al di sopra o al di sotto del livello della falda.

Esse vengono eseguite al fondo di un foro di sondaggio durante o alla fine della perforazione; è stata quindi realizzata una sezione filtrante al fondo del foro, sollevando per una lunghezza prestabilita la colonna di rivestimento o eseguendo un tratto di perforazione sotto la scarpa della colonna stessa. Tutto il tratto del foro non interessato dalla prova è stato rivestito con una tubazione, e particolare cura è stata posta per evitare la risalita dell'acqua all'esterno del tubo di rivestimento.

Le prove in esame sono state a carico idraulico variabile, misurando la variazione nel tempo del livello dell'acqua nel foro, dopo aver creato un temporaneo innalzamento della falda, riempiendo il foro d'acqua.

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva con le indicazioni delle profondità di esecuzione delle prove Lefranc, con i rispettivi coefficienti di permeabilità.

Tabella 8

Denominazione	Numero prova	Profondità prova (m)	Coefficiente di permeabilità media Km (m/s)
S1	1	5,50 - 6,0	8,83E-05
	2	9,50 - 10,50	1,09E-05
S2	1	5,0 - 6,0	4,25E-05
	2	9,50 - 10,50	2,06E-05
S3	1	5,0 - 6,0	4,01E-05
	2	9,50 - 10,50	1,85E-05
S4	1	6,50 - 7,50	4,22E-06
	2	10,70 - 11,70	2,64E-06
S5	1	5,50 - 6,0	2,22E-05
	2	10,0 - 10,50	8,75E-06
S6	1	5,0 - 6,0	4,67E-06
	2	9,0 - 10,50	1,84E-07
S7	1	5,50 - 6,0	2,40E-05
	2	10,0 - 10,50	1,07E-05
S8	1	5,50 - 6,50	2,11E-05
	2	9,50 - 10,50	7,05E-06
S9	1	4,0 - 4,50	2,88E-05
	2	9,50 - 10,50	3,90E-06
S10	1	5,0 - 6,0	7,50E-06
	2	10,0 - 11,0	1,15E-06
S11	1	4,0 - 5,0	4,50E-05
	2	10,0 - 10,50	1,19E-05
S12	1	6,0 - 7,50	1,56E-05
	2	9,0 - 10,50	1,36E-07
S13	1	5,50 - 6,0	7,16E-05
	2	10,0 - 10,50	8,31E-06
S14	1	5,50 - 6,0	6,69E-05
	2	10,0 - 10,50	2,57E-05
S15	1	5,0 - 6,0	1,91E-05
	2	11,0 - 12,0	9,60E-06

Da tali valori, si riscontra una permeabilità media ad una profondità media di 5.0 m dal p.c. all'interno del livello stratigrafico costituito da sabbia medio grossa di origine marina, di $K=3,40E-05$ m/s, ed una permeabilità media ad una profondità media di 10.0 m dal p.c. all'interno del livello stratigrafico, anch'esso costituito da sabbia medio grossa di origine marina, di $K=1,40E-04$ m/s.

Si riportano in allegato 5 le prove di permeabilità eseguite su ogni singolo sondaggio.

6.2.2 Standard Penetration Test (SPT)

La prova Penetrometrica Dinamica (SPT) consente di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione e consiste nel far cadere ripetutamente un maglio del peso di 63,5 Kg, da un'altezza di 760 mm, su una testa di battuta fissata alla sommità di una batteria di aste alla cui estremità inferiore è avvitata una punta conica di dimensioni standardizzate, registrando durante la penetrazione il numero di colpi (n.di colpi ogni 15 cm di avanzamento).

Di seguito, si riassumono in forma tabellare i risultati ottenuti dall'esecuzione delle prove in campo; i valori della Resistenza alla punta e dell'angolo di attrito sono stati valutati con l'ausilio di un software specialistico utilizzando le opportune correlazioni e, riportati in allegato 6.

Tabella 9

Denominazione sondaggio	Profondità prova m da p.c.	Numero di colpi N_c
S1	6.50/6.95	5-12-22
	18.50/19.95	11-22-26
	26.50/27.00	14-18-21
	29.50-30.00	12-17-23
S2	5.00/5.45	6-9-12
	15.50/15.95	7-12-15
	25.00/25.45	8-15-17
S3	5.50/5.95	7-10-15
	15.50/15.95	6-13-16
	25.00/25.50	9-16-18
S4	3.50/4.00	5-8-15
	15.50/15.80	18-25-32
	25.00/25.50	50/13 cm
S5	4.00/4.45	9-13-18
	8.00/8.45	12-24-20
	15.50/15.95	9-12-15
	23.00/23.45	15/21/28
	29.50/29.95	50/11 cm
	37.50/37.95	37-42-50/6 cm

Tabella 10

Denominazione sondaggio	Profondità prova m da p.c.	Numero di colpi N _c
S6	4.00/4.50	2-2-5
	9.00/9.45	15-21-24
	18.00/18.45	4-6-8
	29.00/29.45	12-25-36
	35.00/35.45	18-45-50/11 cm
S7	3.50/4.00	3-5-6
	8.00/8.50	7-15-17
	15.50/15.95	8-17-26
	26.00/26.50	50/12 cm
	30.50/31.00	50/4 cm
	37.00/37.50	50/15 cm
S8	2.50/2.95	4-5-5
	14.00/14.45	12-18-26
	25.00/25.50	50/4 cm
S9	9.00/9.45	9-14-25
	19.00/19.20	33-50/6 cm
	25.00/25.50	50/3 cm
S10	3.50/3.95	2-3-3
	9.50/9.95	8-11-15
	17.00/17.50	10-19-20
	25.00/25.45	7-9-12
S11	3.50/4.00	24-38-50/8 cm
	15.00/15.50	40-43-50/6 cm
	25.00/25.50	45-48-50/ 2 cm
S12	5.50/6.00	26-17-17
	14.50/15.00	38-43-50/12 cm
	25.00/25.50	30-38-50/5 cm

Tabella 11

Denominazione sondaggio	Profondità prova m da p.c.	Numero di colpi N _c
S13	6.50/7.00	6-13-17
	15.50/15.95	6-9-9
	25.50/25.95	9-13-19
S14	4.00/4.45	6-9-11
	15.50/15.95	10-17-22
	25.00/25.50	50/11 cm
S15	4.50/4.95	7-14-21
	9.50/9.95	4-8-16
	15.00/15.45	8-14-16
	22.50/22.95	14-25-50/7 cm
	28.50/28.95	30-50/11 cm

6.2.3 Slug Test

Al fine di definire al meglio le caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero, sono stati realizzati sui n.32 piezometri ARPA esistenti nell'area SIN gli slug test.

Tale prova è stata condotta creando una variazione del livello statico nel piezometro e misurando, in funzione del tempo, il conseguente recupero del livello originario nello stesso pozzo. Si tratta, perciò, di una prova eseguita in regime transitorio la cui finalità consiste nella determinazione della conducibilità idraulica dell'acquifero nelle immediate vicinanze del piezometro.

La prova è stata eseguita, producendo una brusca diminuzione di livello per sottrazione immediata di uno slug e monitorando la conseguente risalita che si crea per il flusso dall'acquifero verso il pozzo.

Si riportano nella tabella 12 i nominativi dei piezometri sui quali sono stete eseguite le prove con i rispettivi valori di permeabilità relativa. Mentre in allegato 7 si riporta l'elaborazione delle prove.

ID	Indirizzo	Coord_X	Coord_Y	Permeabilità relativa Kr (cm/s)
P02	Strada Comunale Olivo	442684,392	4522265,99	5.71x10 ⁻⁴
P03	Pasquale Ciccarelli	442644,094	4521757,48	7.67x10 ⁻⁵
P06	Stefano Barbato	441735,091	4522052,79	8.06x10 ⁻⁵
P07	Delle Repubbliche Marinare	442032,026	4521411,46	8.06x10 ⁻⁵
P08	Luigi Volpicella	441489,078	4521585,31	1.22x10 ⁻⁴
P09	Ferrante Imparato	441100,621	4521579,41	1.01x10 ⁻⁴
P11	Francesco Parrillo	440295,751	4521480,08	5.22x10 ⁻⁴
P13	Via Sorrento	441517,405	4521251,57	1.44x10 ⁻⁴
P14	Corso Nicolangelo Protopisani	441727,069	4520849,28	7.86x10 ⁻⁵
P15	Corso San Giovanni a Teduccio	441014,253	4520968,19	2.08x10 ⁻⁵
P18	Corso San Giovanni a Teduccio	441585,538	4520479,85	6.05x10 ⁻⁴
P19	Arenile di San Giovanni a Teduccio	441962,791	4519935,25	7.63x10 ⁻⁵
P20	Brecce a Sant'Erasmo	440324,508	4522208,67	4.83x10 ⁻⁴
P22	Taverna delle Brecce	440284,601	4521511,59	5.22x10 ⁻⁴
P24	Emanuele Gianturco	439988,95	4522053,25	7.88x10 ⁻⁵
P26	S. Maria di Costantinopoli alle Moschee	439568,104	4522612,42	5.24x10 ⁻⁴
P27	Molise	439957,67	4522451,3	2.02x10 ⁻⁵
P29	Corso Arnaldo Lucci	438817,029	4522277,18	1.47x10 ⁻⁴
P30	Incrocio: Via Carlo Celano/Via Sebeto.	438958,386	4522147,86	1.76x10 ⁻⁴
P34	Galileo Ferraris	439234,261	4522356,57	3.77x10 ⁻⁴
P36	Nuova delle Brecce	441403,007	4522720,46	1.25x10 ⁻⁵
P37	Francesco Sponzillo	440494,848	4521682,64	5.43x10 ⁻⁴
P38	Ferrante Imparato	441031,393	4521937,52	8.06x10 ⁻⁵
P39	Traversa Fossitelli	442247,039	4522433,38	1.81x10 ⁻⁴
P40	Delle Industrie	441558,428	4522446,09	1.44x10 ⁻⁴
P41	Nuova delle Brecce	442394,561	4522866,37	1.04x10 ⁻⁵
P42	Ferrante Imparato	440992,031	4522415,72	1.23x10 ⁻⁴
P43	Ferrante Imparato	440912,996	4522853,53	1.46x10 ⁻⁶
P44	Traccia a Poggioreale	440706,974	4524177,3	6.32x10 ⁻⁵
P45	Traccia a Poggioreale	440797,388	4523659,06	4.20x10 ⁻⁵
P46	Strada Vicinale Molino Vetere	442369,034	4523757,63	3.54x10 ⁻⁴
P48	Strada Comunale Tierzo	442318,674	4523354,25	1.19x10 ⁻⁴

6.3 Analisi geotecniche

In totale, sono stati prelevati n. 77 campioni di terreno, opportunamente sigillati ed etichettati, inviati in laboratorio per le analisi geotecniche, di cui:

- N. 47 prelevati in condizioni indisturbate mediante fustella Shelby per la determinazione di:
 - Analisi granulometrica per vagliatura e sedimentazione;
 - Contenuto d'acqua;
 - Peso unità di volume;
 - Determinazione dei limiti di Atterberg;
 - Prova di compressione edometrica;
 - Prova di compressione triassiale; laddove il materiale è risultato troppo fine per l'esecuzione di tale prova è stata effettuata una prova di taglio.
- N. 30 prelevati in condizioni disturbate, per la determinazione di:
 - Analisi granulometrica per vagliatura e sedimentazione;
 - Contenuto d'acqua;
 - Peso unità di volume;
 - Determinazione dei limiti di Atterberg;
 - Prova di permeabilità a carico costante.

Il laboratorio incaricato possiede la Certificazione Ufficiale – Settore “A” – Prove di laboratorio sulle terre, Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti – Decreto 0007474 del 27.07/2012, ai sensi del D.P.R. n. 380/2001, art. 59.

In tabella 12-14, sono schematizzate le profondità di prelievo dei campioni e la loro tipologia:

Tabella 13

Identificativo del Sondaggio	Denominazione campione (mt. dal p.c.)	Profondità Campione (m dal p.c.)	Tipologia di campione	Analisi granulometrica
S1	S1 C1	6.00-6.50	Indisturbato	Sabbia ghiaiosa, debolmente limosa ed argillosa
	S1 C2	10.00-11.00	rimaneggiato	Sabbia limosa
	S1 C3	18.00-18.50	Indisturbato	Sabbia con limo
	S1 C4	26.00-26.50	rimaneggiato	Sabbia limosa
	S1 C5	29.00-29.50	rimaneggiato	Sabbia limosa
S2	S2 C1	4.50-5.00	Indisturbato	Sabbia limosa
	S2 C2	7.50-8.00	Indisturbato	Sabbia debolmente ghiaiosa
	S2 C3	15.00-15.50	Indisturbato	Sabbia limosa
	S2 C4	21.50-25.00	rimaneggiato	Limo sabbioso
	S2 C5	29.00-29.50	rimaneggiato	Sabbia con ghiaia limosa
S3	S3 C1	5.00-5.50	Indisturbato	Sabbia limosa
	S3 C2	9.00-9.50	rimaneggiato	Sabbia limosa
	S3 C3	15.00-15.50	Indisturbato	Sabbia limosa
	S3 C4	25.00-25.50	Indisturbato	Limo con sabbia ghiaioso
S4	S4 C1	3.00-3.50	Indisturbato	Sabbia con limo ghiaiosa
	S4 C2	8.00-8.50	Indisturbato	Sabbia limosa
	S4 C3	15.00-15.50	Indisturbato	Sabbia limosa
	S4 C4	25.00-25.50	Indisturbato	Sabbia con limo debolmente ghiaiosa e argillosa
	S4 C5	29.00-29.50	rimaneggiato	Tufo
S5	S5 C1	3.50-4.00	rimaneggiato	Sabbia debolmente ghiaiosa
	S5 C2	7.50-8.00	Indisturbato	Sabbia
	S5 C3	15.00-15.50	Indisturbato	Sabbia limosa
	S5 C4	22.50-23.00	Indisturbato	Limo argilloso
	S5 C5	29.00-29.50	rimaneggiato	Sabbia con ghiaia limosa debolmente argillosa
	S5 C6	37.00-37.50	rimaneggiato	Sabbia con limo ghiaiosa, debolmente argillosa

Tabella 14

Identificativo del Sondaggio	Denominazione campione (mt. dal p.c.)	Profondità Campione (m dal p.c.)	Tipologia di campione	Analisi granulometrica
S6	S6 C1	3.50-4.00	Indisturbato	Sabbia
	S6 C2	8.00-8.50	rimaneggiato	Sabbia ghiaiosa e limosa
	S6 C3	17.50-18.00	Indisturbato	Sabbia limosa debolmente argillosa
	S6 C4	25.00-26.00	rimaneggiato	Limo con sabbia ghiaioso
	S6 C5	30.00-31.00	Indisturbato	Sabbia con ghiaia limosa
	S6 C6	37.00-38.00	Indisturbato	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa
S7	S7 C1	3.00-3.50	rimaneggiato	Sabbia ghiaiosa e limosa
	S7 C2	7.50-8.00	Indisturbato	Sabbia ghiaiosa
	S7 C3	15.00-15.50	Indisturbato	Sabbia con limo
	S7 C4	25.50-26.00	Indisturbato	Sabbia con limo deb. ghiaiosa ed argillosa
	S7 C5	29.50-30.00	rimaneggiato	tufo
	S7 C6	36.00-37.00	rimaneggiato	Sabbia ghiaiosa e limosa
S8	S8 C1	2.00-2.50	Indisturbato	Sabbia limosa deb. ghiaiosa
	S8 C2	9.00-9.50	Indisturbato	Sabbia
	S8 C3	13.50-14.00	Indisturbato	Sabbia debolmente limosa e ghiaiosa
	S8 C4	19.50-20.00	rimaneggiato	Sabbia con limo
	S8 C5	25.00-25.50	rimaneggiato	tufo
S9	S9 C1	8.50-9.00	Indisturbato	Limo con sabbia debolmente argilloso
	S9 C2	10.50-11.00	Indisturbato	Limo con sabbia deb. argilloso e ghiaiosa
	S9 C3	15.50-16.00	rimaneggiato	tufo
	S9 C4	20.00-20.50	rimaneggiato	Sabbia ghiaiosa e limosa, debolmente argillosa
	S9 C5	25.00-25.50	rimaneggiato	tufo
S10	S10 C1	3.00-3.50	Indisturbato	Limo sabbioso deb. argilloso
	S10 C2	9.00-9.50	Indisturbato	Limo sabbioso
	S10 C3	16.50-17.00	Indisturbato	Sabbia con limo deb. ghiaiosa
	S10 C4	24.50-25.00	rimaneggiato	Sabbia con limo deb. ghiaiosa
	S10 C5	29.50-30.00	rimaneggiato	Sabbia con limo deb. ghiaiosa

Tabella 15

Identificativo del Sondaggio	Denominazione campione (mt. dal p.c.)	Profondità Campione (m dal p.c.)	Tipologia di campione	Analisi granulometrica
S11	S11 C1	3.00-3.50	Indisturbato	Sabbia con ghiaia debolmente argillosa
	S11 C2	8.00-8.50	Indisturbato	Sabbia limosa
	S11 C3	17.00-17.50	rimaneggiato	Sabbia con limo e ghiaia
	S11 C4	24.50-25.00	Indisturbato	Limo con sabbia ghiaioso
	S11 C5	29.50-30.00	Indisturbato	Ghiaia con sabbia limosa
S12	S12 C1	5.00-5.50	Indisturbato	Sabbia limosa e ghiaiosa
	S12 C2	8.00-8.50	Indisturbato	Sabbia con limo
	S12 C3	15.50-16.00	rimaneggiato	Ghiaia con sabbia e limo debolmente argilloso
	S12 C4	24.50-25.00	rimaneggiato	Ghiaia con sabbia limosa
	S12 C5	29.50-30.00	rimaneggiato	Ghiaia con sabbia limosa
S13	S13 C1	6.00-6.50	Indisturbato	Sabbia debolmente limosa
	S13 C2	10.00-10.50	rimaneggiato	Sabbia debolmente ghiaiosa
	S13 C3	15.50-16.00	Indisturbato	Ghiaia con sabbia
	S13 C4	25.00-25.50	Indisturbato	Sabbia con limo debolmente argillosa
	S13 C5	29.50-30.00	rimaneggiato	tufo
S14	S14 C1	3.50-4.00	Indisturbato	Sabbia ghiaiosa
	S14 C2	9.00-9.50	Indisturbato	Sabbia con ghiaia debolmente limosa
	S14 C3	15.00-15.50	Indisturbato	Sabbia limosa
	S14 C4	24.50-25.00	Indisturbato	Sabbia con limo, ghiaiosa, debolmente argillosa
	S14 C5	29.00-29.50	rimaneggiato	tufo
S15	S15 C1	4.00-4.50	Indisturbato	Limo ghiaioso e sabbioso
	S15 C2	9.00-9.50	Indisturbato	Limo con sabbia
	S15 C3	14.50-15.00	Indisturbato	Limo con sabbia
	S15 C4	22.00-22.50	Indisturbato	Sabbia con limo, ghiaioso, deb. argilloso
	S15 C5	28.00-28.580	rimaneggiato	Sabbia con limo deb. ghiaiosa

Dalle analisi granulometriche eseguite sui campioni prelevati risulta che il sottosuolo investigato è costituito prevalentemente da sabbia, limosa e/o ghiaiosa, a volte con intercalazioni argillose.

Di seguito, si riportano le caratteristiche geotecniche determinate mediante analisi di laboratorio eseguite sui campioni di terreno prelevati in condizioni indisturbate, mediante fustella Shelby.

In allegato 4 si riportano i certificati di laboratorio.

Tabella 16: Risultati delle analisi geotecniche sui campioni indisturbati

ID campione		S1 C1	S1 C3	S2 C1	S2 C2	S2 C3	S3 C1	S3 C3	S3 C4	S4 C1	S4 C2
profondità di prelievo in m dal p.c.		6.00-6.50	18.00-18.50	4.50-5.00	7.50-8.00	15.00-15.50	5.00-5.50	15.00-15.50	25.00-25.50	3.00-3.50	8.00-8.50
Granulometria		Sabbia ghiaiosa, debolmente limosa ed argillosa	Sabbia con limo	Sabbia limosa	Sabbia debolmente ghiaiosa	Sabbia limosa	Sabbia limosa	Sabbia limosa	Limo con sabbia ghiaioso	Sabbia con limo ghiaiosa	Sabbia limosa
Umidità naturale	%	24.89	26.88	14.40	24.61	24.06	31.65	19.02	34.81	12.52	13.49
Peso di volume	KN/m ³	19.31	18.45	21.45	19.41	19.75	17.29	18.78	16.33	14.56	20.47
Peso dell'unità di volume secco γ_d	KN/m ³	15.46	14.54	18.75	15.58	15.92	13.13	15.78	12.11	12.94	18.03
Peso dell'unità di volume umido γ	KN/m ³	19.59	18.94	22.05	19.72	19.93	18.06	19.86	17.19	17.87	21.31
Peso specifico	KN/m ³	26.66	26.34	28.22	26.92	26.93	26.35	26.97	25.11	25.96	27.04
Indice dei vuoti		0.72	0.81	0.51	0.73	0.69	1.01	0.71	1.07	1.01	0.50
Porosità n	%	41.99	44.79	33.56	42.12	40.89	50.16	41.50	51.75	50.14	33.32
Grado di Saturazione S_r	%	93.47	88.97	82.01	92.83	95.49	84.48	73.73	83.09	32.96	74.44
Compressione edometrica	KPa	460.1		137.5	129.5		31.7			29.3	147.1
Compressione triassiale/ taglio diretto	KPa	c=0.1 KPa; $\phi= 35.3$		c=1.3 KPa; $\phi= 32.7$	c=0.1 KPa; $\phi= 36.0$		c=1.3 KPa; $\phi= 31.7$			c=7.9 KPa; $\phi= 37.7$	c=2.3 KPa; $\phi= 38.1$
LIMITI DI ATTERBERG											
Limite di liquidità	%	17.17	23.33	18.12	18.64	18.29	18.03	23.25	27.33	24.20	15.48
Limite di plasticità	%	15.38	19.50	16.48	17.09	16.18	16.33	20.22	22.04	18.94	10.38
Indice di plasticità	%	1.79	3.83	1.64	1.55	2.11	1.70	3.03	5.29	5.26	5.10
Limite di ritiro	%	n.d.	17.06	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	18.91	14.29	n.d.

Tabella 17: Risultati delle analisi geotecniche sui campioni indisturbati

ID campione		S4 C3	S4 C4	S5 C2	S5 C3	S5 C4	S6 C1	S6 C3	S6 C5	S6 C6
profondità di prelievo in m dal p.c.		15.00-15.50	25.00-25.50	7.50-8.00	15.00-15.50	22.50-23.00	3.50-4.00	17.50-18.00	30.00-31.00	37.00-38.00
Granulometria		Sabbia limosa	Sabbia con limo deb. Ghiaiosa e argillosa	Sabbia	Sabbia limosa	Limo argilloso	Sabbia	Sabbia limosa deb. argillosa	Sabbia con ghiaia limosa	Sabbia limosa deb. ghiaiosa
Umidità naturale	%	34.98	31.23	32.74	34.84	41.01	19.33	54.98	22.09	20.14
Peso di volume	KN/m ₃	19.31	18.01	19.02	17.65	17.48	19.90	16.82	19.96	19.60
Peso dell'unità di volume secco γ_d	KN/m ₃	14.31	13.72	14.33	13.09	12.40	16.68	10.85	16.35	16.32
Peso dell'unità di volume umido γ	KN/m ₃	18.62	18.43	18.77	18.13	17.54	20.32	16.48	19.82	19.94
Peso specifico	KN/m ₃	25.49	26.36	26.16	26.91	26.00	26.51	25.40	25.28	25.83
Indice dei vuoti		0.78	0.92	0.83	1.06	1.10	0.59	1.34	0.55	0.58
Porosità n	%	43.88	47.95	45.21	51.38	52.32	37.09	57.27	35.33	36.84
Grado di Saturazione S_r	%	100	91.13	100	90.51	99.10	88.63	100	100	90.93
Compressione edometrica	KPa			288.6			196.0			
Compressione triassiale/taglio diretto	KPa			c=1.9 KPa; $\phi=39.1$			c=2.1 KPa; $\phi=39.3$			
Permeabilità	cm/s				5.01×10^{-5}	2.05×10^{-6}				
LIMITI DI ATTERBERG										
Limite di liquidità	%	17.96	28.06	19.56	20.16	36.10	19.01	23.77	25.55	20.48
Limite di plasticità	%	13.57	19.03	18.40	16.72	25.65	15.79	15.62	20.04	17.62
Indice di plasticità	%	4.39	9.03	1.16	3.44	10.45	3.22	8.15	5.51	2.87
Limite di ritiro	%	n.d.	16.50	n.d.	n.d.	18.37	n.d.	n.d.	11.34	n.d.

Tabella 18: Risultati delle analisi geotecniche sui campioni indisturbati

ID campione		S7 C2	S7 C3	S7 C4	S8 C1	S8 C2	S8 C3	S9 C1	S9 C2	S10 C1
profondità di prelievo in m dal p.c.		7.50-8.00	15.00-15.50	25.50-26.00	2.00-2.50	9.00-9.50	13.50-14.00	8.50-9.00	10.50-11.00	3.00-3.50
Granulometria		Sabbia ghiaiosa	Sabbia con limo	Sabbia con limo debolment e ghiaiosa ed argillosa	Sabbia limosa deb. ghiaiosa	Sabbia	Sabbia debolment e limosa e ghiaiosa	Limo con sabbia debolment e argilloso	Limo con sabbia debolment e argilloso e ghiaioso	Limo sabbioso deb. argilloso
Umidità naturale	%	31.22	21.96	50.47	15.96	21.85	52.33	32.81	20.00	78.19
Peso di volume	KN/m ³	19.04	17.77	16.34	16.45	20.29	15.32	17.63	19.43	14.88
Peso dell'unità di volume secco γ_d	KN/m ³	14.51	14.57	10.86	14.18	16.65	10.06	13.27	16.19	8.35
Peso dell'unità di volume umido γ	KN/m ³	19.08	18.89	16.66	18.99	20.30	15.95	18.11	19.97	15.02
Peso specifico	KN/m ³	27.15	26.02	26.56	27.79	26.46	25.15	26.15	26.32	16.05
Indice dei vuoti		0.87	0.79	1.45	0.96	0.59	1.50	0.97	0.63	2.12
Porosità n	%	46.56	44.02	59.10	48.97	37.06	60.01	49.25	38.49	67.93
Grado di Saturazione S_r	%	99.23	74.11	94.58	47.12	100	89.45	90.15	85.80	98.04
Compressione edometrica	KPa	93.9			299.8	217				235
Compressione triassiale/taglio diretto	KPa	c=1.4 Kpa; $\phi=39.7$			c=2.5 Kpa; $\phi=32.5$	c=0.2 Kpa; $\phi=33.6$		c=9.1 KPa; $\phi=35.4$	c=9.8 KPa; $\phi=35.2$	c=10.3 KPa; $\phi=28.7$
Permeabilità	cm/s		4.55×10^{-5}	5.26×10^{-5}						
LIMITI DI ATTERBERG										
Limite di liquidità	%	19.68	21.12	17.67	18.12	18	16.44	27.31	31.73	69.26
Limite di plasticità	%	16.26	17.88	14.50	15.45	15.53	14.72	20.46	21.23	48.63
Indice di plasticità	%	3.42	3.23	3.17	2.67	2.46	1.72	6.85	10.50	20.63
Limite di ritiro	%	n.d.	11.46	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	16.44	17.19	39.24

Tabella 19: Risultati delle analisi geotecniche sui campioni indisturbati

ID campione		S10 C2	S10 C3	S11 C1	S11 C2	S11 C4	S11 C5	S12 C1	S12 C2	S13 C1
profondità di prelievo in m dal p.c.		9.00-9.50	16.50-17.00	3.00-3.50	8.00-8.50	24.50-25.00	29.50-30.00	5.00-5.50	8.00-8.50	6.00-6.50
Granulometria		Limo sabbioso	Sabbia con limo deb. ghiaiosa	Sabbia con ghiaia deb. argillosa	Sabbia limosa	Limo con sabbia ghiaioso	Ghiaia con sabbia limosa	Sabbia limosa e ghiaiosa	Sabbia con limo	Sabbia debolmente limosa
Umidità naturale	%	20.53	29.09	6.51	30.22	24.05	30.28	18.25	13.56	30.57
Peso di volume	KN/m ³	19.26	18.97	16.49	17.59	19.27	17.29	20.08	21.42	18.81
Peso dell'unità di volume secco γ_d	KN/m ³	15.98	14.70	15.48	13.51	15.53	13.27	16.98	18.86	14.40
Peso dell'unità di volume umido γ	KN/m ³	19.67	18.98	19.72	18.18	19.13	17.61	20.69	21.77	18.85
Peso specifico	KN/m ³	25.58	26.04	27.24	25.75	24.50	23.77	27.28	26.80	26.30
Indice dei vuoti		0.60	0.77	0.76	0.91	0.58	0.79	0.61	0.42	0.83
Porosità n	%	37.55	43.56	43.15	47.54	36.59	44.17	37.75	29.62	45.24
Grado di Saturazione S_r	%	89.08	100	23.81	87.56	100	92.77	83.71	88.03	99.25
Compressione edometrica	KPa	218.3		204.1	220.1			241.9	293.4	
Compressione triassiale/taglio diretto	KPa	c=8.0 KPa; $\phi=28.9$		c=2.9 KPa; $\phi=38.9$	c=6.2 KPa; $\phi=34.7$			c=3.6 KPa; $\phi=36.9$	c=9 KPa; $\phi=34.6$	c=2.6 KPa; $\phi=38.8$
LIMITI DI ATTERBERG										
Limite di liquidità	%	38.34	25.55	15.41	24.18	27.27	23.85	16.51	22.22	19.82
Limite di plasticità	%	22.81	18.83	11.03	13.63	20.81	18.10	12.72	18.41	17.61
Indice di plasticità	%	15.53	6.72	4.38	10.55	6.45	5.75	3.79	3.81	2.21
Limite di ritiro	%	20.29	16.81	n.d.	6.66	13.54	16.89	n.d.	10.96	n.d.

Tabella 20: Risultati delle analisi geotecniche sui campioni indisturbati

ID campione		S13 C3	S13 C4	S14 C1	S14 C2	S14 C3	S14 C4	S15 C1	S15 C2	S15 C3	S15 C4
profondità di prelievo in m dal p.c.		15.50-16.00	25.00-25.50	3.50-4.00	9.00-9.50	15.00-15.50	24.50-25.00	4.00-4.50	9.00-9.50	14.50-15.00	22.00-22.50
Granulometria		Ghiaia con sabbia	Sabbia con limo debolment e argillosa	Sabbia ghiaiosa	Sabbia con ghiaia deb. limosa	Sabbia limosa	Sabbia con limo, ghiaiosa, deb. argillosa	Limo ghiaioso e sabbioso	Limo con sabbia	Limo con sabbia	Sabbia con limo, ghiaioso, deb. argilloso
Umidità naturale	%	12.21	26.95	15.98	16.49	27.11	36.48	31.55	24.28	36.96	27.68
Peso di volume	KN/m ³	22.38	18.30	18.61	22.40	19.98	17.94	18.17	19.60	18.10	17.87
Peso dell'unità di volume secco γ_d	KN/m ³	19.94	14.42	16.05	19.23	14.93	13.15	13.81	15.77	13.21	14
Peso dell'unità di volume umido γ	KN/m ³	22.64	19.17	20.11	22.23	19.10	17.88	18.21	19.69	18.02	18.43
Peso specifico	KN/m ³	27.47	27.92	27.39	27.70	25.92	25.39	25.02	26.23	25.89	25.52
Indice dei vuoti		0.38	0.94	0.71	0.44	0.74	0.93	0.81	0.66	0.96	0.82
Porosità n	%	27.40	48.36	41.41	30.57	42.38	48.22	44.81	39.88	48.97	45.16
Grado di Saturazione S_r	%	90.59	81.94	63.15	100	97.40	100	99.13	97.92	100	87.46
Compressione edometrica	Kpa			169.8	255			390.5	114.4		
Compressione triassiale/taglio diretto	Kpa			c=1.6 Kpa; $\phi=37.4$	c=0.6 Kpa; $\phi=38.9$			c=8.6 Kpa; $\phi=28.7$	c=6.5 Kpa; $\phi=29.2$		
Permeabilità	Cm/s	1.01×10^{-3}	3.39×10^{-5}			6.15×10^{-5}	1.23×10^{-5}			7.69×10^{-5}	3.82×10^{-5}
LIMITI DI ATTERBERG											
Limite di liquidità	%	16.58	18.62	19.57	16.10	18.77	29.09	40.28	35.92	30	26.68
Limite di plasticità	%	14.46	16.52	16.53	11.90	14.63	21.77	30.01	18.43	22.53	20.94
Indice di plasticità	%	2.12	2.09	3.04	4.20	4.14	7.32	10.27	17.49	7.47	5.74
Limite di ritiro	%	n.d.	15.08	n.d.	n.d.	n.d.	17.30	20.87	14.57	16.93	18.07

Tabella 21: Risultati delle analisi geotecniche sui campioni RIMANEGGIATI

ID campione		S1 C2	S1 C4	S1 C5	S2 C4	S2 C5	S3 C2	S5 C1	S5 C5	S5 C6
profondità di prelievo in m dal p.c.		10.00-11.00	26.00-26.50	29.00-29.50	21.50-25.00	29.00-29.50	9.00-9.50	3.50-4.00	29.00-29.50	37.00-37.50
Granulometria		Sabbia limosa	Sabbia limosa	Sabbia limosa	Limo sabbioso	Sabbia con ghiaia limosa	Sabbia limosa	Sabbia debolmente ghiaiosa	Sabbia con ghiaia limosa debolmente argillosa	Sabbia con limo ghiaiosa, debolmente argillosa
Umidità naturale	%	11.81	30.52	23.70	33.73	10.15	15.73	14.24	18.76	13.29
Peso di volume	KN/m ³	19.65	18.28	17.77	16.42	19.46	21.19	23.18	19.71	21.17
Peso dell'unità di volume secco γ_d	KN/m ³	17.58	14.01	14.37	12.28	17.66	18.31	20.29	16.60	18.69
Peso dell'unità di volume umido γ	KN/m ³	21.01	18.63	18.89	17.51	21.10	21.52	22.79	19.63	21.70
Peso specifico	KN/m ³	27	26.46	26.65	26.31	27.16	27.18	27.23	23.99	26.96
Indice dei vuoti		0.54	0.89	0.85	1.14	0.54	0.48	0.34	0.45	0.44
Porosità n	%	34.89	47.05	46.08	53.34	34.97	32.64	25.49	30.83	30.70
Grado di Saturazione S_r	%	60.68	92.67	75.35	79.16	52.26	90	100	100	82.50
Compressione edometrica	Kpa	172.5					208.1			
Compressione triassiale/taglio diretto	Kpa	c=1.0 Kpa; ϕ = 33.9					c=1.7 Kpa; ϕ = 30.7			
Permeabilità	Cm/s		7.37×10^{-4}	1.48×10^{-4}	5.91×10^{-5}	1.54×10^{-4}			1.22×10^{-4}	5.08×10^{-5}
LIMITI DI ATTERBERG										
Limite di liquidità	%	17.74	21.64	17.44	33.86	18.25	17.38	18.65	20.96	22.09
Limite di plasticità	%	15.55	17.58	15.37	28.32	16.65	15.69	16.83	17.52	17.77
Indice di plasticità	%	2.19	4.06	2.07	5.54	1.60	1.69	1.83	3.44	4.32
Limite di ritiro	%	n.d.	n.d.	n.d.	21.42	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	15.17

Tabella 22: Risultati delle analisi geotecniche sui campioni RIMANEGGIATI

ID campione		S6 C2	S6 C4	S7 C1	S7 C6	S8 C4	S9 C4
profondità di prelievo in m dal p.c.		8.00-8.50	25.00-26.00	3.00-3.50	36.00-37.00	19.50-20.00	20.00-20.50
Granulometria		Sabbia ghiaiosa e limosa	Limo con sabbia ghiaioso	Sabbia ghiaiosa e limosa	Sabbia ghiaiosa e limosa	Sabbia con limo	Sabbia ghiaiosa e limosa, debolmente argillosa
Umidità naturale	%	13.10	29.75	8.91	14.47	26.14	21.00
Peso di volume	KN/m ³	18.57	19.06	20.56	21.49	19.39	19.45
Peso dell'unità di volume secco γ_d	KN/m ³	16.42	14.69	18.88	18.77	15.37	16.07
Peso dell'unità di volume umido γ	KN/m ³	20.00	18.66	22.06	21.37	18.37	19.48
Peso specifico	KN/m ³	25.84	24.63	27.90	25.50	22.14	24.59
Indice dei vuoti		0.57	0.68	0.48	0.36	0.44	0.53
Porosità n	%	36.46	40.35	32.34	26.40	30.55	34.63
Grado di Saturazione S_r	%	60.13	100	53.02	100	100	99.42
Prova taglio diretto				$c=3.5$ Kpa; $\phi=38.5$			
Prova edometrica	kPa			177.8			
Permeabilità	cm/s				3.80×10^{-5}	3.94×10^{-5}	3.74×10^{-5}
LIMITI DI ATTERBERG							
Limite di liquidità	%	16.91	33.50	18.72	17.05	21.43	20.78
Limite di plasticità	%	10.76	22.57	14.99	14.70	17.44	17.43
Indice di plasticità	%	6.15	10.93	3.73	2.35	3.99	3.35
Limite di ritiro	%	n.d.	19.70	9.94	n.d.	13.17	6.82

Tabella 23: Risultati delle analisi geotecniche sui campioni RIMANEGGIATI

ID campione		S10 C4	S10 C5	S11 C3	S12 C3	S12 C4	S12 C5	S13 C2	S15 C5
profondità di prelievo in m dal p.c.		24.50-25.00	29.50-30.00	17.00-17.50	15.50-16.00	24.50-25.00	29.50-30.00	10.00-10.50	28.00-28.50
Granulometria		Sabbia con limo deb. ghiaiosa	Sabbia con limo deb. ghiaiosa	Sabbia con limo e ghiaia	Ghiaia con sabbia e limo deb. Argilloso	Ghiaia con sabbia limosa	Ghiaia con sabbia limosa	Sabbia debolmente ghiaiosa	Sabbia con limo debolmente ghiaiosa
Umidità naturale	%	33.91	34.59	22.15	37.04	41.75	28.44	20.36	23.33
Peso di volume	KN/m ³	17.77	16.77	20.41	17.54	17.03	15.24	21.22	17.91
Peso dell'unità di volume secco γ_d	KN/m ³	13.27	12.46	16.71	12.80	12.02	11.87	17.63	14.52
Peso dell'unità di volume umido γ	KN/m ³	18.57	17.25	19.96	17.22	16.63	16.79	21.32	18.48
Peso specifico	KN/m ³	28.86	24.31	24.99	23.29	22.69	23.82	28.22	24.34
Indice dei vuoti		1.18	0.95	0.50	0.82	0.89	1.01	0.60	0.68
Porosità n	%	54.03	48.74	33.16	45.02	47.03	50.17	37.52	40.33
Grado di Saturazione S_r	%	84.91	90.18	100	100	100	68.61	97.54	85.68
Taglio diretto								c=1.1 Kpa; $\phi=38.5$	
Prova edometrica	KPa							137.6	
Permeabilità	cm/s	2.25×10^{-5}	3.46×10^{-5}	3.05×10^{-4}	1.29×10^{-4}	1.09×10^{-3}	1.09×10^{-3}		1.13×10^{-4}
LIMITI DI ATTERBERG									
Limite di liquidità	%	23.90	26.32	24.24	24.11	23.68	24.61	17.20	22.50
Limite di plasticità	%	18.74	18.99	19.02	20.27	19.58	20.62	15.47	18.45
Indice di plasticità	%	5.16	7.33	5.22	3.84	4.10	4.07	1.73	4.05
Limite di ritiro	%	16.91	14.29	10.53	16.98	15.11	17.39	n.d.	15.23

Tabella 24: Risultati delle analisi geotecniche sui campioni LAPIDEI (TUFO)

ID campione	Diametro (mm)	Lunghezza (mm)	Aea di carico (mm)	Massa (Kg)	Peso specifico (Kg/mc)	Carico di Rottura (KN)	Sigma di compres. (mpa)	Tipo di Rottura
S4-C5	70	100	3848.4	0.637	1655	31.50	8.19	Soddisfacente
S4-C5	70	100	3848.4	0.666	1731	32.75	8.51	Soddisfacente
S4-C5	70	100	3848.4	0.659	1712	31.63	8.22	Soddisfacente
S7-C5	70	100	3848.4	0.666	1731	31.71	8.24	Soddisfacente
S7-C5	70	100	3848.4	0.671	1744	32.57	8.46	Soddisfacente
S8-C5	70	100	3848.4	0.677	1759	31.64	8.22	Soddisfacente
S8-C5	70	100	3848.4	0.641	1666	32.74	8.51	Soddisfacente
S9-C3	70	100	3848.4	0.644	1673	33.67	8.75	Soddisfacente
S9-C3	70	100	3848.4	0.643	1671	31.54	8.20	Soddisfacente
S9-C5	70	100	3848.4	0.641	1666	32.71	8.50	Soddisfacente
S9-C5	80	100	5026.5	0.881	1753	25.01	4.98	Soddisfacente
S13-C5	80	100	5026.5	0.879	1749	27.47	5.47	Soddisfacente
S13-C5	80	100	5026.5	0.884	1759	29.61	5.89	Soddisfacente
S14-C5	80	100	5026.5	0.883	1757	25.64	5.10	Soddisfacente
S14-C5	80	100	5026.5	0.881	1753	24.71	4.92	Soddisfacente
S14-C5	80	100	5026.5	0.886	1763	25.64	5.10	Soddisfacente
Valori medi					1721		7.20	

6.4 Ricostruzione stratigrafica

Le indagini effettuate hanno permesso di indagare l'area fino ad una profondità massima di 40 m dal p.c. I terreni che costituiscono il substrato su cui insiste il sito sono costituiti in prevalenza da sabbie, limose e/o ghiaiose, di origine marina. Si può definire una stratigrafia generale dell'area così semplificata:

- Riporto e/o terreno vegetale, la cui profondità risulta molto variabile, in funzione dell'area di ubicazione del sondaggio; comunque, raggiunge la profondità massima di circa 4.0 m dal p.c.;
- Sabbia da grossa a medio fine, fino a circa 14.00 m dal p.c.;
- Sabbia fine, fino a circa 22.0 m dal p.c.
- Sabbia fine limosa e limo sabbioso fino a circa 25 m dal p.c.
- Materiale piroclastico, pomici e scorie vulcaniche fino a circa 28.0 m dal p.c.
- Tufo grigio napoletano, litoide e non, fino a circa 40.0 m dal p.c.

Le stratigrafie desunte dalle attività di perforazione hanno permesso di ricavare, attraverso l'interpolazione dei litotipi riconosciuti nei sondaggi realizzati, n° 3 profili geologici dell'area, le cui tracce sono riportate in planimetria in allegato 1.

Nelle sezioni NNE e SSW si osservano la progradazione del sistema laguna (limi) /duna (alternanze di sabbie eterometriche) chiuse da un fan detritico (sabbie grossolane eterometriche ed eterogenee); tale sistema sedimentario poggia sul substrato vulcanico di prodotti da caduta in parte alterati (cappellaccio tufaceo) e in parte diagenizzati (tufo litoide).

Nella sezione NW-SE parallela alla linea di costa, si individuano relitti di paleovalle costituiti da sedimenti sabbiosi grossolani, che tagliano il sistema dunare-lagunare costituito da alternanze di sabbie medie e fini. Tale sistema poggia sul substrato vulcanico di prodotti da caduta in parte alterati (cappellaccio tufaceo) e in parte diagenizzati (tufo litoide).

In allegato 3 si riportano le sezioni geologiche e i log stratigrafici di tutte le perforazioni.

6.5 Interpretazione dati idrogeologici

In ciascuno dei piezometri identificati è stata effettuata la lettura del livello piezometrico, al fine di individuare la profondità della falda.

La falda acquifera si attesta ad una profondità compresa tra 1.00 e circa 4.00 m dal p.c.; la profondità di falda si approfondisce man mano che ci si allontana dalla linea di costa.

In particolare, si segnala il rinvenimento di una falda in pressione intercettata durante la realizzazione del sondaggio S10, alla profondità di circa 25.00 m dal p.c., in corrispondenza di un livello a granulometria grossolana (pomici) limitato sia inferiormente che superiormente da livelli a granulometria più fine, quali sabbie limose e argillose (si rimanda al log relativo al sondaggio S10 per maggiori dettagli sulla litologia dei livelli intercettati).

7. GESTIONE RIFIUTI

La gestione dei materiali di scarto e d'uso è stata fatta nel rispetto delle norme ambientali e di sicurezza. Le carote estratte nel corso delle attività di perforazione sono state alloggiare in cassette catalogatrici e stoccate presso la sede operativa della Getea Italia s.r.l., in attesa di un riscontro della Committenza ed il successivo smaltimento.

Le acque di spurgo dei piezometri, così come quelle di lavaggio delle attrezzature, sono state raccolte in apposite cisterne in PVC e a seguito di caratterizzazione e attribuzione del C.E.R. adeguatamente smaltite da trasportatori autorizzati.

Si allegano i certificati relativi alla determinazione del CER e i formulari di smaltimento (allegato 8).

8. RISULTATI DELLE ANALISI CHIMICHE DI LABORATORIO

Nelle seguenti tabelle, sono riportati i risultati delle analisi chimiche di laboratorio effettuate sui campioni di acqua di falda prelevati dai piezometri individuati all'interno della perimetrazione del SIN in seguito ad un sopralluogo della scrivente.

Tali prelievi sono stati effettuati sia nella fase di magra della falda (giugno 2012) che nella fase di piena (novembre 2012).

I piezometri sono parte di una rete di monitoraggio delle acque di falda installata dall'ARPAC; alcuni dei piezometri indicati sulla planimetria fornita alla scrivente non sono stati rinvenuti a causa delle mutate condizioni dei luoghi in cui gli stessi erano stati installati (ripavimentazioni di marciapiedi e stradali, in particolar modo).

Oltre ai campioni prelevati dai suddetti piezometri, sono stati prelevati un campione denominato PM2, corrispondente al *Field Blank* preparato con le acque di lavaggio della strumentazione e un campione denominato *Blind Duplicate* con un duplicato delle acque prelevate dal piezometro PM20, e denominato PM1.

I risultati delle analisi chimiche di laboratorio sono stati confrontati con le CSC previste dalla tab. 2 allegato 5 al titolo V parte quarta del D. Lgs. 152/06.

Il *Field Blank* indica la correttezza delle operazioni di decontaminazione mentre la compatibilità tra le analisi del *Blind Duplicate* e quelle del PM20 indica la corretta esecuzione delle analisi.

Tabella 24: Risultati analisi chimiche sui campioni di acqua di falda PRELEVATI NEL GIUGNO 2012

ANALITI	CSC Tab.2 152/06	PM8	PM9	PM11	PM13	PM15	PM20	PM37	PM27	Unita Misura
Alluminio	200	13,5	29,2	20,3	17,7	14,1	11,6	35,2	10,6	ug/L
Antimonio	5	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	ug/L
Argento	10	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	ug/L
Arsenico	10	1,62	2,10	1,54	1,60	1,85	2,30	1,74	< 1,00	ug/L
Berillio	4	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
Cadmio	5	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	ug/L
Cobalto	50	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	ug/L
Cromo esavalente	5	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	ug/L
Cromo totale	50	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	ug/L
Ferro	200	< 10,0	12,3	4091	16,1	106	< 10,0	20,0	< 10,0	ug/L
Manganese	50	< 5,00	63,4	1205	217	392	< 5,00	157	< 5,00	ug/L
Mercurio	1	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
Nichel	20	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	ug/L
Piombo	10	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	ug/L
Rame	1000	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	20,0	ug/L
Selenio	10	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	ug/L
Tallio	2	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
Vanadio		< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	ug/L
Zinco	3000	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	24,2	ug/L
Idrocarburi totali (come n-esano)	350	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	ug/L

Tabella 25: Risultati analisi chimiche sui campioni di acqua di falda PRELEVATI NEL GIUGNO 2012

ANALITI	CSC Tab.2 152/06	PM8	PM9	PM11	PM13	PM15	PM20	PM37	PM27	Unita Misura
Benzo (a) antracene	0,1	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
Benzo (a) pirene	0,01	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
Benzo (b) fluorantene	0,1	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
Benzo (g,h,i) perilene	0,01	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
Benzo (k) fluorantene	0,05	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
Dibenzo (a,h) antracene	0,01	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
Indeno (1,2,3-c,d) pirene	0,1	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
∑ IPA	0,1	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	ug/L
Clorometano (Cloruro di metile)	1,5	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	ug/L
Cloruro di vinile (CVM)	0,5	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,066	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	ug/L
1,2-Dicloroetano (DCE)	3	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	ug/L
1,1-Dicloroetilene (Cloruro di vinilidene)	0,05	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	0,038	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
Policlorobifenili (PCB)	0,01	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
Benzene	1	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
Etilbenzene	50	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
Stirene	25	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
Toluene	15	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
para-Xilene	10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L

Tabella 26: Risultati analisi chimiche sui campioni di acqua di falda PRELEVATI NEL GIUGNO 2012

ANALITI	CSC Tab.2 152/06	PM8	PM9	PM11	PM13	PM15	PM20	PM37	PM27	Unita Misura
2-Clorofenolo	180	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
2,4-Diclorofenolo	110	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
2,4,6-Triclorofenolo	5	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
1,1-Dicloroetano	810	< 0,010	< 0,010	0,039	0,092	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	ug/L
1,2-Dicloroetilene	60	0,74	62,8	1,11	5,83	0,12	< 0,010	0,079	0,35	ug/L
Metiliterbutilene (MTBE)		0,35	10,4	0,63	< 0,10	0,15	< 0,10	0,64	< 0,10	ug/L

Tabella 27: Risultati analisi chimiche sui campioni di acqua di falda PRELEVATI NEL GIUGNO 2012

ANALITI	CSC Tab.2 152/06	PM29	PM30	PM34	PM36	PM38	PM18	PM19	Unita Misura
Alluminio	200	111	46,6	28,4	12,7	34,6	13,0	< 10,0	ug/L
Antimonio	5	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	ug/L
Argento	10	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	ug/L
Arsenico	10	2,14	< 1,00	1,74	1,25	1,36	2,23	1,65	ug/L
Berillio	4	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
Cadmio	5	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	ug/L
Cobalto	50	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	ug/L
Cromo esavalente	5	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	ug/L
Cromo totale	50	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	ug/L
Ferro	200	79,5	24,5	14,8	24,3	30,4	< 10,0	< 10,0	ug/L
Manganese	50	376	< 5,00	10,2	473	752	63,8	< 5,00	ug/L
Mercurio	1	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
Nichel	20	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	ug/L
Piombo	10	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	ug/L
Rame	1000	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	ug/L
Selenio	10	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	ug/L
Tallio	2	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
Vanadio		< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	ug/L
Zinco	3000	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	ug/L
Idrocarburi totali (come n-esano)	350	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	ug/L

Tabella 28: Risultati analisi chimiche sui campioni di acqua di falda PRELEVATI NEL GIUGNO 2012

ANALITI	CSC Tab.2 152/06	PM29	PM30	PM34	PM36	PM38	PM18	PM19	Unita Misura
Benzo (a) antracene	0,1	< 0,0010	0,0040	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	0,0050	< 0,0010	ug/L
Benzo (a) pirene	0,01	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	0,0070	< 0,0010	ug/L
Benzo (b) fluorantene	0,1	< 0,0010	0,0060	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	0,0060	< 0,0010	ug/L
Benzo (g,h,i) perilene	0,01	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
Benzo (k) fluorantene	0,05	< 0,0010	0,0070	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	0,0070	< 0,0010	ug/L
Dibenzo (a,h) antracene	0,01	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
Indeno (1,2,3-c,d) pirene	0,1	< 0,0010	0,011	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	0,011	< 0,0010	ug/L
Σ IPA	0,1	< 0,0020	0,025	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,025	< 0,0020	ug/L
Clorometano (Cloruro di metile)	1,5	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,035	< 0,010	< 0,010	< 0,010	ug/L
Cloruro di vinile (CVM)	0,5	0,066	< 0,010	< 0,010	8,37	0,042	0,033	< 0,010	ug/L
1,2-Dicloroetano (DCE)	3	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	ug/L
1,1-Dicloroetilene (Cloruro di vinilidene)	0,05	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
Policlorobifenili (PCB)	0,01	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
Benzene	1	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,87	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
Etilbenzene	50	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
Stirene	25	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
Toluene	15	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
para-Xilene	10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L

Tabella 29: Risultati analisi chimiche sui campioni di acqua di falda PRELEVATI NEL GIUGNO 2012

ANALITI	CSC Tab.2 152/06	PM29	PM30	PM34	PM36	PM38	PM18	PM19	Unita Misura
2-Clorofenolo	180	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
2,4-Diclorofenolo	110	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
2,4,6-Triclorofenolo	5	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
1,1-Dicloroetano	810	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,012	< 0,010	ug/L
1,2-Dicloroetilene	60	1,24	0,36	0,69	1,38	0,053	0,61	2,79	ug/L
Metiliterbutiletere (MTBE)		0,56	0,44	0,24	2,70	0,41	< 0,10	< 0,10	ug/L

Tabella 30: Risultati analisi chimiche sui campioni di acqua di falda PRELEVATI NEL NOVEMBRE 2012

ANALITI	CSC Tab.2 152/06	PM8	PM9	PM11	PM13	PM15	PM20	PM37	PM27	Unita Misura
Alluminio	200	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	ug/L
Antimonio	5	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	2,08	ug/L
Argento	10	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	ug/L
Arsenico	10	1,71	2,01	1,83	3,27	2,51	2,32	1,26	8,05	ug/L
Berillio	4	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,14	ug/L
Cadmio	5	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	ug/L
Cobalto	50	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	ug/L
Cromo esavalente	5	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	ug/L
Cromo totale	50	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	ug/L
Ferro	200	< 10,0	12,8	< 10,0	< 10,0	97,8	72,1	12,9	< 10,0	ug/L
Manganese	50	< 5,00	47,3	67,5	194	390	410	< 5,00	< 5,00	ug/L
Mercurio	1	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
Nichel	20	1,36	7,13	5,79	3,35	2,60	3,77	2,31	4,41	ug/L
Piombo	10	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	ug/L
Rame	1000	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	10,3	< 10,0	ug/L
Selenio	10	< 1,00	2,00	3,10	2,02	1,17	< 1,00	1,46	3,25	ug/L
Tallio	2	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
Vanadio		1,77	4,61	5,01	4,58	2,28	4,23	4,57	27,5	ug/L
Zinco	3000	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	81,2	< 10,0	ug/L
Idrocarburi totali (come n-esano)	350	132	13,5	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	ug/L

Tabella 31: Risultati analisi chimiche sui campioni di acqua di falda PRELEVATI NEL NOVEMBRE 2012

ANALITI	CSC Tab.2 152/06	PM8	PM9	PM11	PM13	PM15	PM20	PM37	PM27	Unita Misura
Benzo (a) antracene	0,1	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
Benzo (a) pirene	0,01	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
Benzo (b) fluorantene	0,1	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
Benzo (g,h,i) perilene	0,01	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
Benzo (k) fluorantene	0,05	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
Dibenzo (a,h) antracene	0,01	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
Indeno (1,2,3-c,d) pirene	0,1	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
Σ IPA	0,1	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	ug/L
Clorometano (Cloruro di metile)	1,5	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	ug/L
Cloruro di vinile (CVM)	0,5	< 0,010	2,43	0,30	0,070	< 0,010	0,022	0,017	< 0,010	ug/L
1,2-Dicloroetano (DCE)	3	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	ug/L
1,1-Dicloroetilene (Cloruro di vinilidene)	0,05	< 0,0010	0,26	0,48	0,11	< 0,0010	< 0,0010	0,11	0,011	ug/L
Policlorobifenili (PCB)	0,01	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
Benzene	1	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,14	< 0,10	< 0,10	ug/L
Etilbenzene	50	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
Stirene	25	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
Toluene	15	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,12	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
para-Xilene	10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L

Tabella 32: Risultati analisi chimiche sui campioni di acqua di falda PRELEVATI NEL NOVEMBRE 2012

ANALITI	CSC Tab.2 152/06	PM8	PM9	PM11	PM13	PM15	PM20	PM37	PM27	Unita Misura
2-Clorofenolo	180	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
2,4-Diclorofenolo	110	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
2,4,6-Triclorofenolo	5	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
1,1-Dicloroetano	810	< 0,010	0,080	6,46	0,14	0,074	< 0,010	0,041	< 0,010	ug/L
1,2-Dicloroetilene	60	0,10	84,3	0,97	6,89	0,59	0,54	0,14	0,45	ug/L
Metiliterbutilene (MTBE)		0,30	15,9	1,50	< 0,10	1,96	1,03	< 0,10	< 0,10	ug/L

Tabella 33: Risultati analisi chimiche sui campioni di acqua di falda PRELEVATI NEL NOVEMBRE 2012

ANALITI	CSC Tab.2 152/06	PM29	PM30	PM34	PM36	PM38	PM18	PM19	Unita Misura
Alluminio	200	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	ug/L
Antimonio	5	0,56	0,55	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	ug/L
Argento	10	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	ug/L
Arsenico	10	7,36	7,27	1,42	3,88	1,43	3,78	5,20	ug/L
Berillio	4	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
Cadmio	5	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	ug/L
Cobalto	50	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	ug/L
Cromo esavalente	5	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	ug/L
Cromo totale	50	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	ug/L
Ferro	200	< 10,0	< 10,0	30,8	< 10,0	22,0	< 10,0	< 10,0	ug/L
Manganese	50	240	234	< 5,00	401	412	61,5	< 5,00	ug/L
Mercurio	1	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
Nichel	20	6,63	6,10	7,75	4,23	3,23	2,00	3,54	ug/L
Piombo	10	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	ug/L
Rame	1000	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	ug/L
Selenio	10	2,90	2,97	3,76	6,42	3,33	1,46	1,56	ug/L
Tallio	2	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
Vanadio		15,6	15,1	4,07	4,92	3,02	4,24	3,95	ug/L
Zinco	3000	< 10,0	< 10,0	13,9	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	ug/L
Idrocarburi totali (come n-esano)	350	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	10,4	< 10,0	< 10,0	ug/L

Tabella 34: Risultati analisi chimiche sui campioni di acqua di falda PRELEVATI NEL NOVEMBRE 2012

ANALITI	CSC Tab.2 152/06	PM29	PM30	PM34	PM36	PM38	PM18	PM19	Unita Misura
Benzo (a) antracene	0,1	0,0086	0,0012	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
Benzo (a) pirene	0,01	0,0011	0,0014	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
Benzo (b) fluorantene	0,1	0,073	0,0084	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
Benzo (g,h,i) perilene	0,01	0,0040	0,0012	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
Benzo (k) fluorantene	0,05	0,0012	0,016	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
Dibenzo (a,h) antracene	0,01	0,0080	0,0033	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
Indeno (1,2,3-c,d) pirene	0,1	0,0046	0,012	< 0,0010	< 0,0010	0,0030	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
Σ IPA	0,1	0,083	0,038	< 0,0020	< 0,0020	0,0045	< 0,0020	< 0,0020	ug/L
Clorometano (Cloruro di metile)	1,5	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,058	< 0,010	< 0,010	< 0,010	ug/L
Cloruro di vinile (CVM)	0,5	0,059	0,061	0,016	20,4	0,10	0,037	0,021	ug/L
1,2-Dicloroetano (DCE)	3	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	ug/L
1,1-Dicloroetilene (Cloruro di vinilidene)	0,05	0,011	0,017	0,12	< 0,0010	< 0,0010	0,010	< 0,0010	ug/L
Policlorobifenili (PCB)	0,01	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	ug/L
Benzene	1	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
Etilbenzene	50	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
Stirene	25	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
Toluene	15	< 0,10	< 0,10	0,14	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
para-Xilene	10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L

Tabella 35: Risultati analisi chimiche sui campioni di acqua di falda PRELEVATI NEL NOVEMBRE 2012

ANALITI	CSC Tab.2 152/06	PM29	PM30	PM34	PM36	PM38	PM18	PM19	Unita Misura
2-Clorofenolo	180	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
2,4-Diclorofenolo	110	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
2,4,6-Triclorofenolo	5	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ug/L
1,1-Dicloroetano	810	< 0,010	0,012	0,051	0,28	< 0,010	0,020	< 0,010	ug/L
1,2-Dicloroetilene	60	1,34	1,32	0,14	1,81	0,021	0,64	3,42	ug/L
Metiliterbutiletere (MTBE)		0,42	0,41	< 0,10	27,3	0,16	< 0,10	< 0,10	ug/L

9. ANALISI DEI LIVELLI DI CONTAMINAZIONE

I risultati delle analisi chimiche di laboratorio eseguite sulla matrice “acqua di falda” hanno rilevato nella campagna di monitoraggio di giugno 2012, la presenza di analiti quali metalli (Ferro e Manganese), 1,2-Dicloroetilene, Cloruro di Vinile Monomero (CVM) in concentrazione superiore alla CSC ta. 2 allegato 5 al titolo V parte quarta del D. Lgs. 152/06.

In particolare, mentre il Ferro è stato rilevato nel solo PM11, il Manganese risulta piuttosto ubiquitario, essendo presente in gran parte dei piezometri campionati (PM9, PM11, PM13, PM15, PM37, PM29, PM36, PM38, PM18).

Per quanto riguarda gli altri analiti, il parametro 1,2-dicloroetilene è stato rinvenuto nel solo piezometro PM9 e il CVM nel solo PM36.

Invece nei delle analisi chimiche di laboratorio nella campagna di monitoraggio di novembre 2012, la presenza di analiti quali metalli (Manganese), 1,2-Dicloroetilene, Cloruro di Vinile Monomero (CVM) in concentrazione superiore alla CSC ta. 2 allegato 5 al titolo V parte quarta del D. Lgs. 152/06.

In particolare, il Manganese risulta essere presente nei piezometri (PM11, PM13, PM15, PM37, PM29, PM30, PM36, PM38, PM18).

Per quanto riguarda gli altri analiti, il parametro 1,2-dicloroetilene è stato rinvenuto solo nel piezometro PM9, il CVM nel PM9 e PM36, mentre il parametro 1,1 Dicloroetilene è stato rinvenuto nei piezometri PM9, PM11, PM13, PM34 e PM37.

10. PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE - INDAGINE GEOELETRICA

Nel periodo compreso tra il 27 e 28 dicembre 2012, al fine di definire le caratteristiche elettriche e sismiche dei litotipi ed individuare il bedrock tufaceo dell’area oggetto di indagine, al di sotto dei 30 metri di profondità, sono state effettuate n°7 prospezioni geoelettriche con misure multielettrodo di resistività e n°2 prospezioni sismiche a rifrazione.

Tali prospezioni sono state eseguite su:

- Corso Arnaldo Lucci;
- Via Benedetto Brin;
- Via Reggia di Portici;
- Via Parrillo - Via Reggia di Portici;
- Via Litoranea;
- Via Stradone Vigliena (proprietà privata – Tirreno Power);
- Via Innominata;
- Litorale di san Giovanni a Teduccio (parallela di stada Boccaperti).

I dati ricavati sono stati elaborati ed interpolati mediante software specialistici e riportati in maniera dettagliata in allegato 14.

Ta tali interpolazioni si evince che bedrock tufaceo risulta individuato a maggiori profondità nell'area di via Reggia di Portici, via Brin e Corso A. Lucci, mediamente tra 25 e 40 m circa, mentre risulta più superficiale nell'area di via Innominata – via Litoranea, come già evidenziata anche dalla sismica realizzata nello stendimento lungo la spiaggia di San Giovanni a Teduccio, mediamente 20-30 m.

11. SPERIMENTAZIONE PER BARRIERA REATTIVA

Al fine di individuare le cinetiche di reazione della barriera reattiva sono stati prelevati campioni di acqua significativi ai fini della sperimentazione in laboratorio, che consentiranno di determinare lo spessore finale che la barriera progettata dovrà avere affinché siano garantite, a valle idrogeologico, le CSC previste dalla norma.

Pertanto, sono stati prelevati i campioni:

- PM 18 – PM 19 in data 25 maggio 2012;
- PM 41 – PM C1 in data 20 luglio 2012;
- PM 41 in data 18 settembre 2012;

sui quali sono stati ricercati i seguenti parametri chimici: Alluminio, Antimonio, Argento, Arsenico, cadmio, cromo totale, ferro, manganese, nichel, piombo, rame, selenio, zinco, cloruri, solfati, solventi clorurati totali, idrocarburi totali, composti alifatici alogenati, idrocarburi policiclici aromatici, PCB, ed inviati al Dipartimento per le Tecnologie dell'Università degli Studi di Napoli Parthenope per la sperimentazione in colonna.

Successivamente è stato richiesto dal committente, al fine paragonare le concentrazioni degli analiti presenti all'interno della vasca di prova della PRB con il piezometro PM 41 all'interno del SIN Napoli Orientale, un ulteriore campionamento; pertanto in data 16 ottobre 2012 sono stati prelevati due campioni di acqua: uno denominato *PM 41 in laboratorio* e uno denominato *PM41*.

Si riportano in allegato 10 le analisi chimiche di tali campioni, mentre in allegato 11 vengono riportate le analisi chimiche delle acque in uscita dalle tre colonne in vetro denominate: Ferro zerovalente, Zeolite e Ferro zerovalente + Zeolite.

In tale allegato vengono riportate le due fasi: la prima con inizio il 24.09.2012 e non andata a buon fine in quanto le concentrazioni degli analiti in ingresso erano molto basse e, la seconda, con inizio il 26.10.2012 andata a buon fine, il cui esito è riportato nell'allegato 12, -"Relazione sulle attività sperimentali", redatta dall'Università degli Studi di Napoli Parthenope, Dipartimento per le Tecnologie.

In tale Relazione viene riportata anche la determinazione del coefficiente di ripartizione solido/liquido su n.5 campioni di terreno prelevati nei seguenti sondaggi realizzati:

- S9 ad una profondità tra 4.0 e 5.0 da p.c.
- S1 ad una profondità tra 6.0 e 7.0 da p.c.
- S2 ad una profondità tra 4.0 e 5.0 da p.c.
- S3 ad una profondità tra 3.0 e 4.0 da p.c.
- S5 ubicato ad una profondità tra 3.0 e 4.0 da p.c.

Su tali campioni di terreno, sono stati ricercati i seguenti parametri: alluminio, antimonio, argento, arsenico, cadmio, cromo totale, ferro, manganese, nichel, piombo, rame, selenio e zinco

In allegato 13, si riportano i rispettivi certificati chimici, mentre in allegato 14, si riporta il report fotografico di tutte le attività svolte.

Il Direttore Tecnico
Dr. Geol. Giovanni Caggiano
CAGGIANO
Albo N°
2229
della Regione Campania

