



COMUNE DI CAGLIARI

PROGETTO:

Proposta avente ad oggetto la progettazione, costruzione e gestione, in regime di concessione ed in condizioni di equilibrio economico-finanziario del nuovo stadio, ai sensi dell'articolo 1, comma 304, lettera b) della Legge n. 147 del 27 dicembre 2013



PROPONENTE:

Comune di Cagliari

Responsabile Unità Progetto Nuovo Stadio Sant'Elia
Responsabile Unico di Procedimento

Ing. Daniele Olla

TEAM DI PROGETTAZIONE:

progettazione architettonica 	progettazione strutture 	progettazione impianti tecnologici 	progettazione sicurezza antincendio 
integrazione prestazioni specialistiche 	specialista impianti sportivi 	opere di demolizione 	urbanistica e procedura V.I.A. 
consulenza acustica 	consulenza paesaggistica 	consulenza viabilistica 	consulenza ambientale 

FASE PROGETTUALE:

PROGETTO DEFINITIVO

TITOLO / DESCRIPTION:

Valutazioni in merito agli esiti del
monitoraggio acque di falda

REDATTO DA : PLC

CONTROLLATO DA : PLM

DATA 20/06/2022

SCALA --

COMMESSA	FASE	EMISSIONE	LIVELLO	DISCIPLINA	TIPO	PROGRESSIVO	REVISIONE
3053	D	AMB	0	IDR	RE	002	02

COMPANY WITH
MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV GL
= ISO 9001 =
= ISO 14001 =
= ISO 45001 =

COMMITTENTE:

Comune di Cagliari

PROGETTO:

***Realizzazione del nuovo stadio
"Sant'Elia" – Progetto Definitivo***

VALUTAZIONE IN MERITO AGLI ESITI DEL MONITORAGGIO ACQUE DI FALDA



Sede di Milano

via Paullo 11 – 20135 Milano

Tel. 0245473370

Fax. 0245473371

Web page: www.ambientesc.it

Altre sedi principali

Carrara (sede legale e operativa) Via Frassina, 21 - 54033 Carrara (MS) -
Tel. 0585/855624 - Fax. 0585/855617

Firenze Via di Soffiano, 15 - 50143 Firenze (FI) - Tel. 055/7399056 - Fax
055/7134442

Roma Via L. Robecchi Brichetti, 6 - 00154 Roma (RM) - Tel. 06/45678571

Taranto Via Matera, km 598/I - 74014 Laterza (TA) - Mob. 347/1083531

Premessa

Con il presente documento, **Ambiente spa** ha eseguito il mandato affidatole da **COMUNE DI CAGLIARI** con la diligenza richiesta.

Le elaborazioni ed i risultati illustrati nel presente documento, sono stati ottenuti ottemperando le normative vigenti e le regole riconosciute nel settore di operatività e sono basati sullo stato delle conoscenze all’atto di stesura del rapporto.

In riferimento a ciò Ambiente spa ha proceduto alla predisposizione della presente documentazione richiesta secondo le informazioni e le specifiche fornite dalla Committenza, la quale pertanto si assume ogni qualsivoglia responsabilità in ordine alla veridicità e correttezza delle stesse.

A tal fine, **Ambiente spa** considera che:

- *il committente, o i terzi da lui designati, hanno fornito tutte le informazioni corrette ed i documenti completi per l'esecuzione del mandato;*
- *il presente documento non verrà utilizzato in modo parziale;*
- *le elaborazioni ed i risultati conseguiti presenti nel seguente documento non verranno utilizzati per uno scopo diverso da quello convenuto o per altro oggetto, né saranno trasposti a circostanze modificate, senza essere stati riesaminati;*
- *nel presente documento con il termine “Committente” si intende **COMUNE DI CAGLIARI** che ha incaricato Ambiente spa per la redazione del presente documento.*

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	4
2	IL PROGETTO DEL NUOVO STADIO SANT’ELIA	5
3	BREVE DESCRIZIONE DELLE INDAGINI AMBIENTALI SVOLTE	7
3.1	DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ OPERATIVE DI ATTUAZIONE DELLA CAMPAGNA DI CARATTERIZZAZIONE	7
3.2	MODALITÀ DI CAMPIONAMENTO SUOLO SOTTOSUOLO.....	8
3.3	MODALITÀ DI CAMPIONAMENTO ACQUE DI FALDA	9
3.4	PROTOCOLLO ANALITICO SUOLO SOTTOSUOLO.....	9
3.5	PROTOCOLLO ANALITICO ACQUE DI FALDA	9
3.6	RILIEVO TOPOGRAFICO	10
4	ESITI DELLE INDAGINI AMBIENTALI SVOLTE.....	11
4.1	UBICAZIONE PUNTI DI INDAGINE E RILIEVO TOPOGRAFICO	11
4.2	ESITI STRATIGRAFICI	12
4.3	SOGGIACENZA DELLA FALDA.....	12
4.4	PARAMETRI CHIMICO FISICI ACQUE DI FALDA	13
4.5	ESITI ANALITICI SUOLO SOTTOSUOLO	13
4.6	ESITI ANALITICI ACQUE DI FALDA	13
5	CONSIDERAZIONE SUGLI ESITI DELLE INDAGINI AMBIENTALI SVOLTE	14

INDICE FIGURE

Figura 1 – Inquadramento territoriale. Cerchiata in rosso l’area in esame.....	5
Figura 2 – Ubicazione nuovo stadio in progetto.....	6
Figura 3 – Ubicazione punti di indagine definiti in sede progettuale.....	7
Figura 4 – Ubicazione punti di indagine realizzati.....	11
Figura 5 – Coordinate dei punti di indagine.....	12
Figura 6 – Soggiacenza della falda.....	13

1 INTRODUZIONE

Il presente documento viene redatto a seguito degli esiti delle attività di indagine ambientale preliminare di caratterizzazione delle matrici suolo e sottosuolo ed acque di falda svolte a supporto della progettazione del nuovo stadio di Cagliari; indagini svolte da Henge Heritage Engineering Geophysics cui si rimanda per un dettaglio sulle modalità ed esiti delle indagini eseguite.

Nello specifico, nel presente documento, vengono illustrati gli esiti sulla caratterizzazione delle acque di falda, argomentandoli in riferimento al contesto geologico/idrogeologico in cui si inserisce l’area di futura realizzazione del nuovo stadio.

A tal proposito nella predisposizione del presente documento, si è fatto riferimento ai seguenti documenti facenti parte degli elaborati progettuali:

- Relazione geologica – Realizzazione del nuovo stadio Sant’Elia – Progetto Definitivo.
- Carta uso del suolo Regione Sardegna;
- Carta geologica Regione Sardegna;
- Relazione sulle indagini ambientali redatta da Henge Heritage Engineering Geophysics

2 IL PROGETTO DEL NUOVO STADIO SANT’ELIA

Il nuovo stadio, il cui progetto come visibile in figura 2, è in parziale sovrapposizione con la struttura dello stadio dismesso nel 2017, e si ubicherà nel settore sud-orientale del comune di Cagliari, nel quartiere Nuovo Borgo Sant’Elia, in prossimità dell’attuale linea di costa rettificata artificialmente a seguito della graduale colmata di un tratto di mare basso compreso tra il promontorio di Sant’Elia e il porto di Cagliari.



Figura 1 – Inquadramento territoriale. Cerchiata in rosso l’area in esame



Figura 2 – Ubicazione nuovo stadio in progetto

Il Nuovo Stadio di Cagliari sarà costituito da diverse strutture e quindi in grado di ospitare eventi di ogni genere: manifestazioni calcistiche, eventi sportivi non calcistici, concerti, altri eventi d'intrattenimento non sportivi ed eventi aziendali (riunioni, conferenze, mostre). In questo modo l'uso giornaliero dello stadio verrà valorizzato al massimo.

Lo stadio sarà attivo sette giorni su sette, sia durante le partite o altri eventi sia nei giorni comuni.

3 BREVE DESCRIZIONE DELLE INDAGINI AMBIENTALI SVOLTE

Ai fini della caratterizzazione delle matrici ambientali suolo, sottosuolo ed acque di falda, sono state commissionate alla società Henge Heritage Engineering Geophysics l'esecuzione di una campagna di indagine, costituita da: n. 15 sondaggi verticali a carotaggio continuo da spingersi fino a 5 m da piano campagna, di cui n. 4 sono stati attrezzati a piezometro per la caratterizzazione della matrice acqua di falda.

L'ubicazione di detti punti, così come definita in sede progettuale, è illustrata nella figura seguente, mentre quella effettiva, definita sulla base delle condizioni logistiche di campo, è riportata nel capitolo 4.

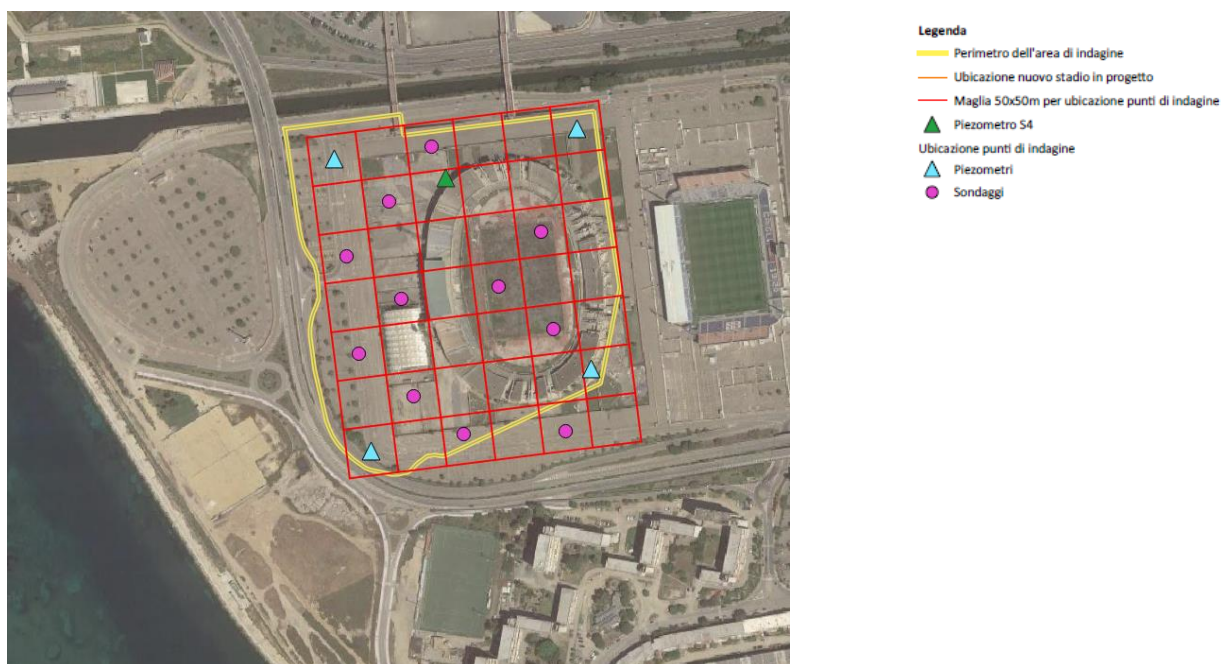


Figura 3 – Ubicazione punti di indagine definiti in sede progettuale

Gli obiettivi di tale indagine sono i seguenti:

- verifica della conformità per la matrice suolo alle CSC Tab. 1 Colonna B (siti a destinazione industriale/commerciale) del D.Lgs. 152/2006;
- verifica della conformità per la matrice acque di falda alle CSC Tab.2 del D.Lgs. 152/2006.

3.1 Descrizione delle modalità operative di attuazione della campagna di caratterizzazione

L'ubicazione di dette indagini, illustrata in fig. 3, è stata definita su considerazioni di tipo statistico mediante disposizione dei punti su base di una maglia regolare 50x50 m; tutti i punti sono stati ubicati, sempre entro il perimetro dell'area oggetto di indagine, all'interno di tale griglia in modo tale da coprire in maniera omogenea l'area di interesse.

In via preliminare i punti sono stati ubicati in posizione baricentrica all’interno delle maglie; l’ubicazione esatta dei punti di indagine è stata definita direttamente in campo da parte società Henge Heritage Engineering Geophysics, su base dei sottoservizi individuati e di condizioni logistiche riscontrate in loco.

La profondità di perforazione è stata definita sulla base dei valori di soggiacenza della falda, così come desunti dai documenti bibliografici analizzati, che evidenziano valori prossimi al piano campagna (1-2m da pc).

Per la perforazione dei sondaggi si è proceduto come di seguito indicato:

- Perforazione a carotaggio continuo da diam. 101 mm della profondità massima di -5.00 m da p.c.; in caso di necessità, utilizzo di eventuali rivestimenti provvisori a sostegno delle pareti del foro di 127/152 mm con infissione a secco a bassa velocità;
- Alesaggio del foro di sondaggio diametro 152 mm.

Il completamento a piezometro con tubo PVC da 3” è stato eseguito con:

- Lunghezza tubo in PVC 5.00 m, filettato M/F;
- Tubo finestrato lunghezza 4.00 m, con tappo fondo foro;
- Tubo cieco parte finale in testa lunghezza 1.00 m;
- Messa in opera di ghiaino calibrato da 2/4 mm da fondo foro sino a -1.00 m da p.c.;
- Messa in opera di palline di bentonite da -1.00 m sino a p.c.;
- Messa in opera di chiusino fuori terra (f.t.) in PVC, con cementazione della parte finale a contatto con il terreno, per evitare infiltrazioni di acqua superficiale.

3.2 Modalità di campionamento suolo sottosuolo

Il campionamento dei terreni è avvenuto contestualmente alla realizzazione delle carote. I campioni delle terre dei carotaggi da S1 a S10 sono stati prelevati direttamente in sito mentre per i carotaggi da S11 a S15 sono stati prelevati in laboratorio. Il campionamento è stato realizzato su top soil, primo metro (0 – 1 escludendo il top soil), metro centrale (2 – 3 m) e l’ultimo metro (4 – 5 m).

Prima di ogni campionamento è stato eseguito il lavaggio delle attrezzature di campo (paletta in acciaio e setaccio da 2 cm) con acqua distillata e asciugatura con carta assorbente. Il secchio di raccolta dei campioni è stato rivestito con una busta porta-campioni nuova. Per l’omogenizzazione e la quartatura i campioni sono stati sempre posizionati su telo in materiale plastico pulito.

Dalla carota senza lavorazioni è stata riempita una Vial da 40 ml con tappo in teflon per l’analisi in spazio di testa dei volatili. Si è quindi effettuata la setacciatura in campo del terreno con setaccio da 2 cm. Il materiale superiore è stato scartato in campo e il restante è stato omogenizzato, quartato e campionato al fine di ottenere un campione di circa mezzo litro posto in barattolo di vetro e mezzo litro posto in una busta in materiale plastico.

Le tre aliquote ottenute sono state etichettate e riposte in borsa frigo per il trasporto verso il laboratorio.

Il campionamento effettuato risulta in accordo con quanto previsto dalla norma ISO 5667/2009.

3.3 Modalità di campionamento acque di falda

Il campionamento delle acque è stato svolto ad una settimana di distanza dallo spurgo del piezometro.

Prima del campionamento è stata effettuata la pulizia con metodo Low-Flow EPA 540-S95-504 e si è proceduto alla verifica del livello di soggiacenza della falda. Durante le operazioni di campionamento sono stati rilevati i parametri di campo.

Il campionamento è avvenuto anche nel piezometro PzE, realizzato all’interno dell’area dello stadio durante pregresse attività di indagine, per il quale è stata determinata una profondità dello stesso pari a 20,90 m.

3.4 Protocollo analitico suolo sottosuolo

In accordo con le prescrizioni previste nel D.Lgs. 152/2006, le analisi chimiche di laboratorio sui campioni di suolo e sottosuolo sono state condotte sull’aliquota avente granulometria inferiore a 2mm e la concentrazione del campione è stata determinata riferendosi alla totalità dei materiali secchi, comprensiva anche dello scheletro.

Le analisi chimiche sono state effettuate mediante l’applicazione delle metodiche analitiche ufficialmente riconosciute e atte a garantire l’ottenimento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite.

Il protocollo analitico applicato è il seguente:

- Metalli;
- BTEXS;
- Idrocarburi policiclici aromatici (IPA);
- Idrocarburi C<12 e C>12;

Gli esiti analitici dei campioni di terreno sono stati confrontati con le CSC Colonna B Tab. 1 D.Lgs 152/2006 - siti a destinazione industriale/commerciale, al fine di verificare la conformità del sito in riferimenti alla destinazione d’uso.

3.5 Protocollo analitico acque di falda

Le analisi chimiche sono state effettuate mediante l’applicazione delle metodiche analitiche ufficialmente riconosciute e atte a garantire l’ottenimento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite.

Il protocollo analitico applicato è il seguente:

- Metalli;
- BTEXS;

- Idrocarburi C<12 e C>12;
- Solventi alifatici clorurati cancerogeni e non e solventi alifatici alogenati.

Gli esiti analitici dei campioni di terreno sono stati confrontati con le CSC Tab. 2 D.Lgs 152/2006 – acque di falda.

3.6 Rilievo topografico

Al termine delle attività è stato svolto il rilievo topografico dei punti di perforazione e delle teste pozzo dei piezometri; i risultati sono stati riportati in quote assolute nel documento redatto dalla società Henge Heritage Engineering Geophysics.

4 ESITI DELLE INDAGINI AMBIENTALI SVOLTE

L'indagine ambientale è stata realizzata dalla società Henge Heritage Engineering Geophysics in data 27-28 settembre e 13-14 dicembre 2021. In particolare, nelle date del 27 - e 28 Settembre 2021 sono stati realizzati i sondaggi a carotaggio S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10. In corrispondenza dei sondaggi S9 e S10, i fori sono stati attrezzati a piezometri denominati rispettivamente Pz1 e Pz2. Nelle date del 13 e 14 Dicembre 2021 sono stati realizzati i sondaggi S11, S12, S13, S14 e S15. In corrispondenza dei sondaggi S11 e S14, i fori sono stati attrezzati a piezometri denominati rispettivamente Pz3 e Pz4.

Di seguito si riportano, in sintesi, gli esiti ottenuti.

4.1 Ubicazione punti di indagine e rilievo topografico

Nella figura di seguito si riporta l'ubicazione effettiva dei punti di indagine realizzati in campo, definiti in funzione della logistica dei luoghi.



Figura 4 – Ubicazione punti di indagine realizzati

A seguito della realizzazione delle attività, l'impresa ha proceduto ad effettuare il rilievo topografico dei punti di indagine, riportato nella tabella di seguito.

NOME	WGS84		UTM 32 N		ROMA 40 GAUSS BOAGA		H
	LONG	LAT	EST	NORD	EST	NORD	
S1	009°08'07.023753000"	039°11'59.617792800"	511681.481	4338968.114	1511712.710	4338973.497	1.511
S2	009°08'07.398942600"	039°11'56.928380400"	511690.603	4338885.223	1511721.832	4338890.604	1.368
S3	009°08'04.740795000"	039°11'57.768453600"	511626.807	4338911.024	1511658.036	4338916.406	1.383
S4	009°08'00.158290200"	039°12'00.853357800"	511516.753	4339005.958	1511547.983	4339011.344	1.083
S5	009°08'00.727450800"	039°11'57.485898000"	511530.558	4338902.172	1511561.787	4338907.555	1.092
S6	009°08'01.246091400"	039°11'54.156134400"	511543.149	4338799.545	1511574.378	4338804.926	1.059
S7	009°08'03.599589600"	039°11'53.384844600"	511599.635	4338775.853	1511630.864	4338781.232	1.162
S8	009°08'02.138013600"	039°12'02.051518800"	511564.183	4339042.963	1511595.413	4339048.349	1.312
S9-Pz1	009°08'08.236986000"	039°12'02.679267000"	511710.439	4339062.532	1511741.668	4339067.917	1.195
S10-Pz2	009°08'08.907948600"	039°11'54.857128800"	511726.894	4338821.428	1511758.123	4338826.807	1.189
S11-Pz3	009°07'56.145067200"	039°12'02.557533600"	511420.418	4339058.351	1511451.648	4339063.739	1.300
S12	009°07'57.224493600"	039°11'58.413224400"	511446.495	4338930.634	1511736.736	4338753.036	1.131
S13	009°07'57.344416800"	039°11'55.214911200"	511449.516	4338832.046	1511477.725	4338936.019	1.174
S14-Pz4	009°07'58.499524800"	039°11'53.087402400"	511477.318	4338766.503	1511508.547	4338771.884	1.246
S15	009°08'08.011765200"	039°11'52.465116000"	511705.508	4338747.658	1511480.745	4338837.428	1.349

Figura 5 – Coordinate dei punti di indagine

4.2 Esiti stratigrafici

Le stratigrafie dei punti di indagine realizzati sono riportate nel report illustrativo degli esiti delle indagini redatto dall'impresa incaricata.

Le stratigrafie mostrano la seguente successione di orizzonti:

- Strato superficiale, compreso tra il piano campagna e una profondità variabile tra 0,5 e 2,2m: costituito da ciottoli eterometrici e sabbia fine, con presenza di resti vegetali;
- Strato profondo, fino alla massima profondità investigata (5m): costituito da sabbie fini, limi e argille poco addensate con elevato contenuto di sostanza organica vegetale marina. Rara presenza di ciottoli eterometrici.

Si evidenzia che durante le indagini non sono stati rilevati materiali di riporto.

4.3 Soggiacenza della falda

La falda acquifera in corrispondenza dell'area in esame è sub-superficiale ed è stata riscontrata in fase di indagine a una profondità variabile da circa 0,2 e 1m da piano campagna. Nella tabella seguente si riporta il rilievo della falda eseguito tra ottobre e dicembre 2021 dall'impresa incaricata delle indagini.

NOME	QUOTA ASSOLUTA FALDA [M S.L.M.]				SOGGIACENZA [M DA P.C.]			
	27/10	04/11	16/11	20/12	27/10	04/11	16/11	20/12
PzE	0.62	0.78	1.04	0.62	0.68	0.52	0.26	0.68
Pz1	0.41	0.53	0.70	0.24	0.79	0.67	0.50	0.96
Pz2	0.41	0.51	0.69	0.22	0.78	0.68	0.50	0.97
Pz3				0.17				1.13
Pz4				0.27				0.97

Figura 6 – Soggiacenza della falda

Sulla base delle quote piezometriche è possibile indicare una direzione della falda da NE a SW.

4.4 Parametri chimico fisici acque di falda

Durante il campionamento sono stati rilevati i parametri chimico fisici delle acque di falda campionate; i dati rilevati sono riportati nella tabella seguente.

Parametri	Pz1	Pz2	Pz3	Pz4	Pz E
pH	6,67	6,56	6,8	7,1	7,91
Temperatura	19,24	20,16	20	19,6	18,32
Ossigeno disciolto	2,23	1,89	2,06	2,2	2,37
Conducibilità a 20 °C	50,89	57,18	30,99	10	13,24
Potenziale redox	-406,1	-399,1	-398,2	-381	68,7
Torbidità	43	68	5,5	19,4	0

Dall'analisi della tabella sopra riportata si evincono condizioni tipiche di un ambiente anossico (valori bassi di ossigeno e potenziale redox negativo).

4.5 Esiti analitici suolo sottosuolo

Gli esiti analitici della campagna di indagine, comprensivi di tabella riassuntiva e certificati di laboratorio, sono allegati al report illustrativo delle indagini redatto dalla società Henge Heritage Engineering Geophysics.

4.6 Esiti analitici acque di falda

Gli esiti analitici sui campioni di acque di falda evidenziano alcune anomalie puntuali il cui significato è spiegato nel capitolo seguente:

- Arsenico: presente in concentrazioni da 5,54µg/l nel PZ4 a 28,72µg/l nel PZ1;
- Piombo: presente in concentrazioni da 5,06µg/l nel PZE a 17,08µg/l nel PZ4;
- Idrocarburi totali: presente in concentrazioni da 212,34µg/l nel PZ3 a 853,28 µg/l nel PZ2;
- 1,1 dicloroetano: presente in concentrazioni da 300,89µg/l nel PZ3 a 400,180µg/l nel PZ1.

5 CONSIDERAZIONE SUGLI ESITI DELLE INDAGINI AMBIENTALI SVOLTE

In riferimento agli esiti delle indagini svolte, si evidenzia quanto segue:

- matrice suolo e sottosuolo: dall’analisi delle stratigrafie si evince la presenza di uno strato superficiale di materiale di riporto geotecnico costituito da ciottoli eterometrici e sabbia fine, con presenza di resti vegetali che si sviluppa dal piano campagna fino ad una profondità variabile tra 0,5 e 2,2m da pc.; mentre al di sotto dello stesso fino alla massima profondità investigata uno strato costituito da sabbie fini, limi e argille poco addensate con elevato contenuto di sostanza organica vegetale marina e rara presenza di ciottoli eterometrici. Quest’ultimo strato costituisce il terreno naturale. Non sono state osservate alterazioni visive ed organolettiche. Gli esiti analitici sui campioni di suolo hanno evidenziato, per i parametri analizzati, la conformità alle CSC per destinazione d’uso del sito (Colonna B tab. 1 – siti a destinazione commerciale/industriale);
- Matrice acque di falda: dai rilievi piezometrici si evidenzia una falda superficiale la cui soggiacenza si attesta a profondità variabile da circa 0,2 e 1m dal piano campagna e direzione di flusso NE/SW. La falda si attesta in depositi costituiti da sabbie fini, limi e argille poco addensate con elevato contenuto di sostanza organica vegetale marina. I valori dei parametri chimico/fisici registrati durante i campionamenti evidenziano un ambiente tipicamente anossico, come si evince dalle concentrazioni di ossigeno (circa 2 mgO₂/l) e potenziale redox (negativo). Dal punto di vista chimico si sono registrate alcune anomalie puntuali e decontestualizzate dall’utilizzo specifico del suolo nell’area di interesse, per alcuni parametri, spiegabili in via preliminare con le condizioni geologiche e chimico fisiche locali: i metalli quali arsenico e piombo potrebbero essere presenti a causa della solubilizzazione in ambiente riducente; gli idrocarburi a causa dell’alto contenuto di sostanza organica nel sottosuolo.

In conclusione, le anomalie rilevate non sono da ritenersi, per il quadro chimico fisico del sito, preoccupanti, pertanto si conferma la bontà delle indagini eseguite nonché delle conclusioni raggiunte.

Potrebbe essere utile, al fine di meglio comprendere gli aspetti chimico/fisici del sito, eseguire maggiori approfondimenti di indagine.