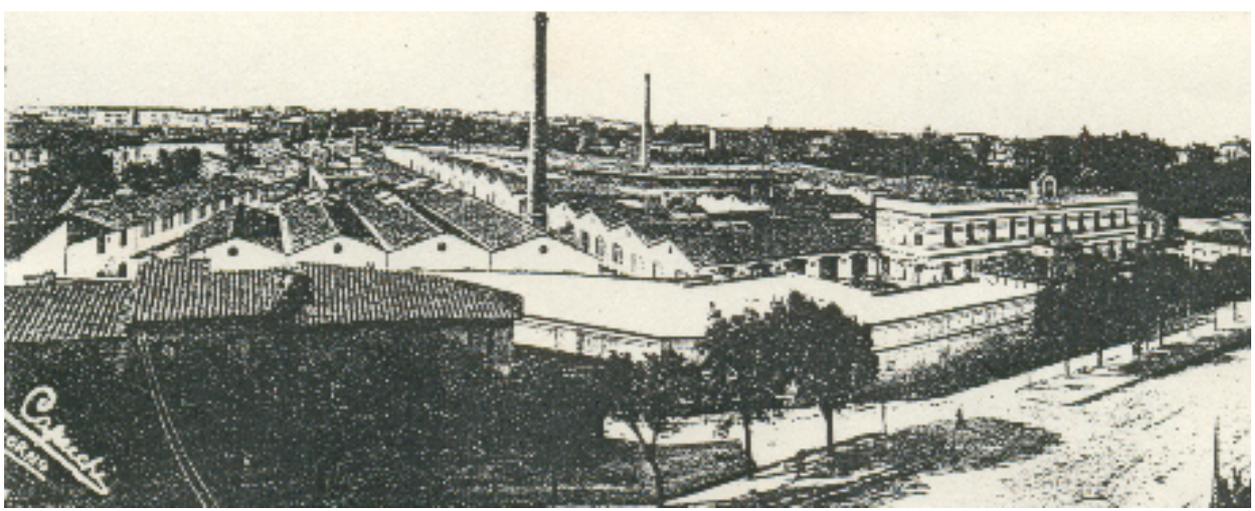


ACCORDO DI PROGRAMMA  
REALIZZAZIONE DEL NUOVO PRESIDIO OSPEDALIERO DI LIVORNO NELL'AREA EX PIRELLI

## **ALLEGATO E**

### Piano di caratterizzazione dell'area ex Pirelli-Sice



di: Comune di Livorno  
Livorno, 19 maggio 2020

- La trasgressione post-wurmiana (o “versiliana” secondo Blanc, 1937) che ha in parte demolito il terrazzo precedente raggiungendo il livello attuale del mare e depositando i suoi sedimenti al fondo di questo (depositi olocenici).

Studi geologici hanno individuato nella Piana di Livorno fino a n. 6 diverse unità stratigrafiche, indicate in Immagine 8, tutte del Pleistocene (Quaternario), e riconoscibili nei terrazzi.

I sedimenti pleistocenici, almeno nelle aree poste al margine settentrionale di nostro interesse, hanno spessori modesti e poggiano su un substrato di terreni argillosi del Pliocene o del Pleistocene Inferiore. La Via Firenze, ubicata pochi chilometri più a nord, marca il limite dell'affioramento della formazione delle Sabbie d'Ardenza il cui spessore, disomogeneo, diviene più importante procedendo verso ovest.

La spianata fa parte del “Terrazzo di Livorno” e ne costituisce un tratto del limite settentrionale. Questo terrazzo è stato modellato alla base da una trasgressione marina che ha rappresentato un evento ben individuabile nel Livornese, poiché segna l'inizio del Pleistocene Superiore (circa 230.000 anni fa); sopra l'abrasione si hanno sedimenti marini con spessori esigui mentre risulta maggiore lo spessore dei successivi depositi.

#### 4.4 GEOLOGIA DI SUPERFICIE DELL'AREA IN ESAME

La zona in oggetto si colloca sulla recente superficie terrazzata relativa agli episodi sedimentari di trasgressione marina verificati. Raramente si rinvenivano terreni naturali in affioramento data l'estesa antropizzazione dell'area, tuttavia in generale si può far riferimento alle formazioni comunemente associate all'episodio di più recente deposizione (età tardo quaternaria, Pleistocene superiore) del “Terrazzo di Livorno”, ossia alle “Sabbie di Ardenza” (q9), o Sabbie Rosso Arancio di Donoratico secondo la nomenclatura adottata nella cartografia da Mazzanti (1987) – si veda Immagine 11.

Tale formazione comprende depositi di natura continentale corrispondenti alle fasi epiglaciali di maggior ritiro del livello del mare e di più ampia continentalizzazione, caratterizzati da spessori variabili, difficilmente maggiori di 5/6 m, ed è costituita in prevalenza da sabbie molto fini di accumulo eolico e di colore rosso-arancio, anche se non è raro ritrovare livelli più limosi e passate di ghiaia.

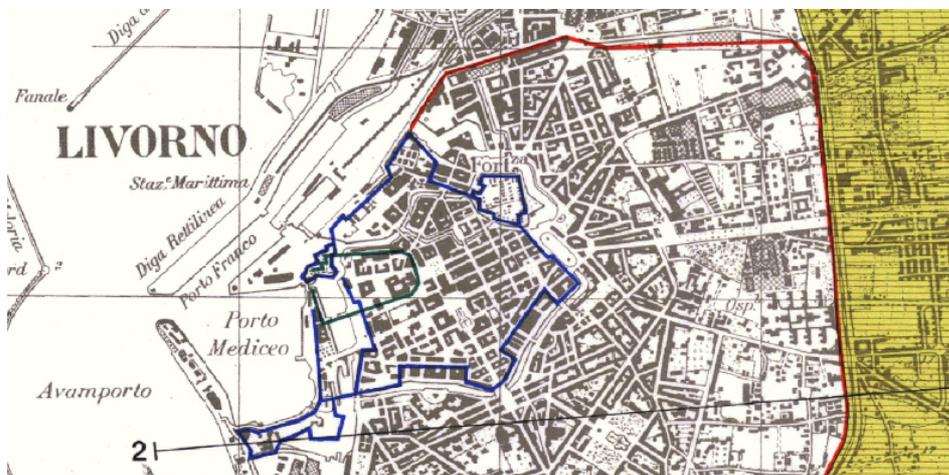


Immagine 11 - Stralcio carta Geologica di Livorno e Collesalveti, 1987

## 5 MODELLAZIONE GEOLOGICA

### 5.1 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA ED IDROGEOLOGICA

Nell'ambito della riqualificazione dell'area residuale della ex Pirelli, che prevede il recupero funzionale delle strutture presenti in quanto considerate simbolo di archeologia industriale, la stratigrafica dell'area è ricostruibile utilizzando dati provenienti da indagini condotte al contorno.

Le stratigrafie dei terreni nell'area di progetto sono state determinate con l'esame delle carote prelevate nel corso dei sondaggi ubicati, come indicato nella seguente planimetria dell'area in esame, immediatamente ad est ed a ovest – si veda Immagine 12.



#### Legenda

- Traccia sezione litostratigrafica
- Direzione di deflusso acque sotterranee
- Traccia Rfo Riseccoli (corso d'acqua sepolto)

Indagini eseguite per il Programma DOCUP  
 TOSCANA 2000-2006:

- ⊕ **S4<sup>DH</sup>** Sondaggio a carotaggio continuo a 30 m  
 (DH = Down Hole in foro)
- **ST2** Stendimento sismico a rifrazione

Indagini fornite da Azienda USL Toscana Nord  
 Ovest Livorno:

- ⊕ **S1** Sondaggio a carotaggio continuo a 35 m  
 (DH = Down Hole in foro)

Immagine 12 - Ubicazione indagini di riferimento per la ricostruzione litostratigrafia dell'area in esame

### 5.2 RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA

Dall'analisi dei dati emersi delle indagini di riferimento, l'assetto litostratigrafico dei terreni in oggetto può essere schematizzato come indicato nell'immagine 13 di pagina seguente.

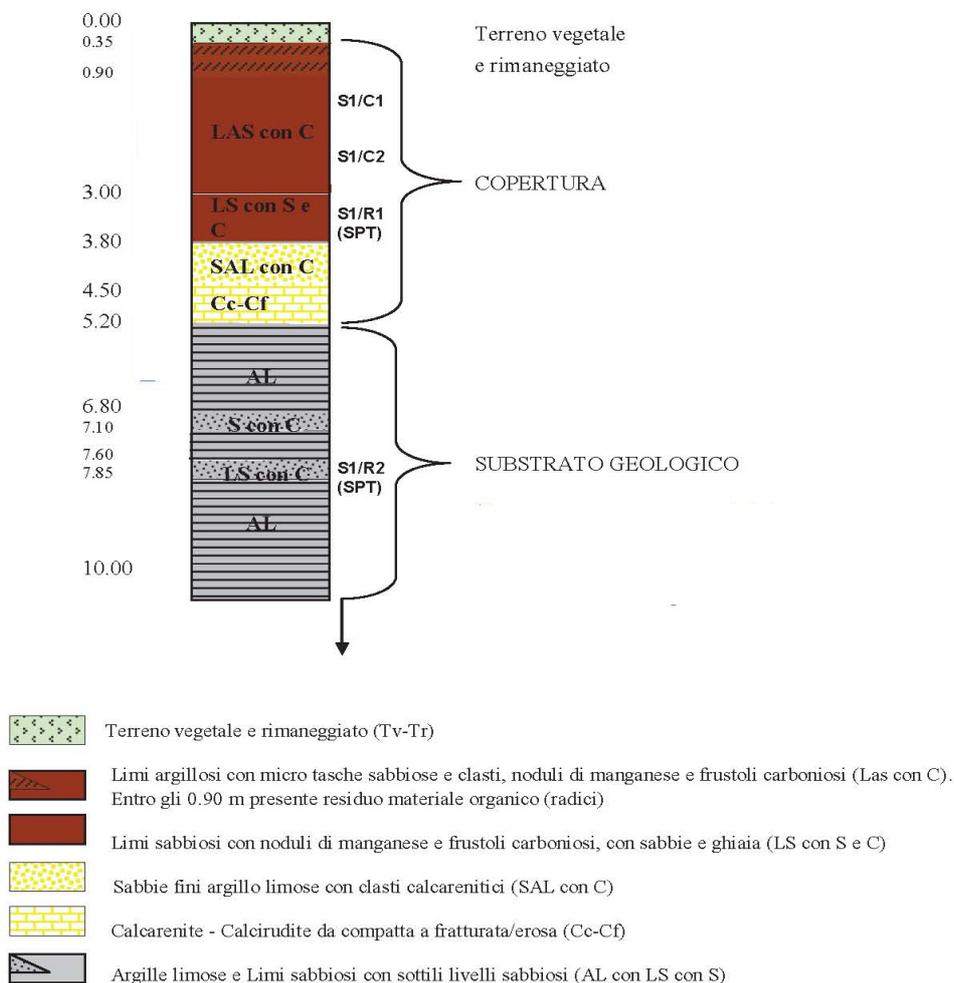


Immagine 13 - Log stratigrafico dei terreni in esame

Di seguito si riporta la sezione litostratigrafica interpretativa, ricostruita sulla base del sondaggio a carotaggio continuo "S4", spinto fino a 30 m di profondità (Indagine eseguita per il Programma DUCP) e dei sondaggi "S1" e "S2" spinti fino a 35 m di profondità ubicati come indicato nella precedente immagine 12 (Indagini fornite da Azienda USL Toscana Nord Ovest) – Immagine 14.

**SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA INTERPRETATIVA**

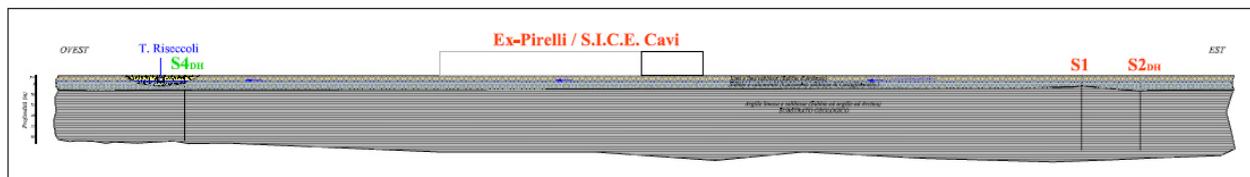


Immagine 14 – Sezione litostratigrafica interpretativa

### 5.3 ELEMENTI IDROGEOLOGICI GENERALI DI UN'AREA SIGNIFICATIVA

Dal punto di vista idrogeologico l'area della spianata è contraddistinta da un substrato pleistocenico, a netta prevalenza argilloso, che nel complesso risulta praticamente impermeabile e la circolazione idrica è confinata nel pacco di terreno più superficiale.

La falda superficiale, si intercetta nelle formazioni più permeabili ad una profondità di circa - 2,00/ -2.50 m ed è soggetta a variazioni stagionali.

Nella spianata gli acquiferi e la circolazione d'acqua sotterranea interessano uno spessore di terreno fino alla profondità massima di 5,00 – 6,00 metri da p.c.; oltre, e per notevoli spessori, si incontra la formazione argillosa impermeabile salvo i livelli sabbiosi al tetto che possono costituire acquiferi .

### 5.4 IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA APPLICATE ALL'INTERVENTO PROPOSTO

Per quanto concerne l'idrologia generale dell'area, non si riscontra alcun elemento idrologico che caratterizza la zona di interesse, entro distanze significative. Fino alla prima metà dell'800, il corso d'acqua principale che attraversava l'area, era il Rio Riseccoli; scorreva a circa 50 m a sud-ovest dell'area in studio ad oggi totalmente interrato (si veda TAVOLA UNICA – Ubicazione indagini e sezione litostratigrafica interpretativa).

Dal punto di vista *idrogeologico*, invece, nei terreni della copertura terrazzata, costituiti in prevalenza dalle "Sabbie di Ardenza", in corrispondenza dei livelli più porosi a matrice limosa e sabbio-limosa, ha sede un reticolo idrico sotterraneo con direttrici di scorrimento prevalentemente orientate secondo pendenze che degradano verso il mare.

In particolare, nei terreni in oggetto sembra esistere un deflusso idrico sotterraneo di buona entità poiché l'acquifero è costituito da coltri sabbiose di spessore rilevante confinate entro un esiguo livello di panchina superiore. Tali coltri, profonde circa -6/7 m da p.c., sono in contatto di ricarica con le paleoalluvioni del Rio Riseccoli, alimentate da circolazione proveniente dalle colline livornesi, il cui alveo sepolto si trova poco a sud della zona di intervento.

Dal punto di vista normativo, secondo il Piano Gestione Rischio Alluvioni – Distretto Appennino Settentrionale, l'area in esame ricade in classe di pericolosità P.I. 1 ( alluvioni rare di estrema intensità) – si veda immagine 15.

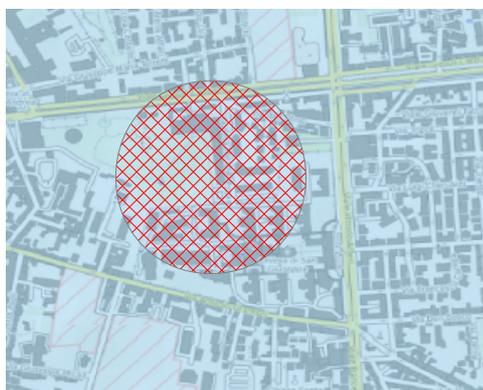
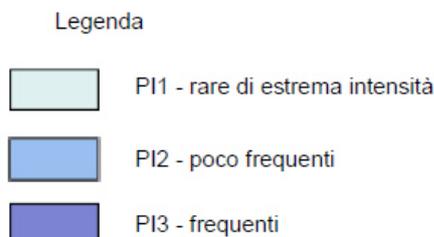


Immagine 15 – Stralcio carta pericolosità idraulica P.G.R.A.

Nella carta di pericolosità idraulica, tratta dal P.S. 2, l'area in esame risulta classe P.I.2. – si veda immagine 16.

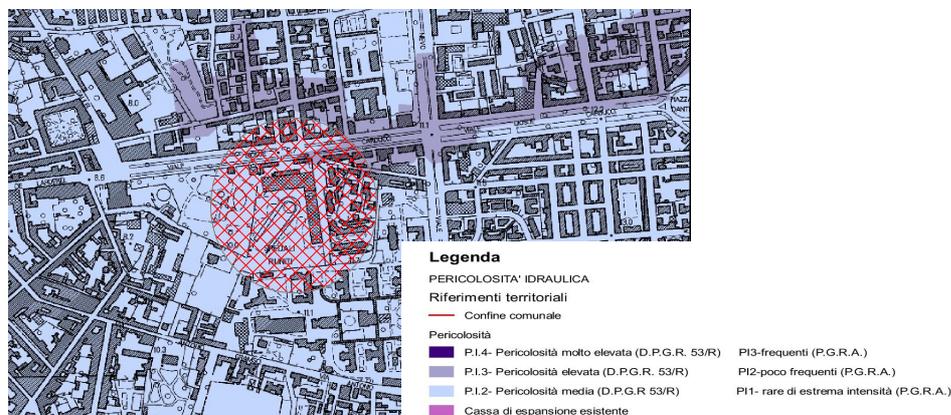


Immagine 16 – Stralcio Carta pericolosità idraulica (tratta dal P.S.2 del Comune di di Livorno)

## 6 POTENZIALI FONTI DI CONTAMINAZIONE

Da un'attenta osservazione dei luoghi e dalla lettura delle fonti storiche/cartografiche, è possibile riferire che presumibilmente:

- non sono presenti vasche, pozzi disperdenti e serbatoi interrati;
- le coperture degli edifici, peraltro fatiscenti e parzialmente crollate, sono tutte in laterizio;
- non è presente una centrale termica e/o impianti di riscaldamento dei locali;
- l'area è interessata da un traffico veicolare piuttosto intenso.

Allo stato attuale, considerato che il fronte dei capannoni (A) si affacciano su via della Meridiana, strada principale di accesso all'ospedale anche per i mezzi di rifornimento delle strutture ospedaliere, una possibile fonte di pressione ambientale che può aver interessato l'area è causato dallo scorrimento del traffico veicolare. Tale fenomeno può aver favorito il cosiddetto fall-out, cioè una possibilità di inquinamento diffuso della superficie dei terreni dovuto alle particelle rilasciate dalla strada.

### 6.1 POTENZIALI PERCORSI DI MIGRAZIONE DALLE SORGENTI DI CONTAMINAZIONE AI BERSAGLI INDIVIDUATI

In riferimento all'ubicazione dell'area in esame ed all'analisi delle attività che si sono svolte in passato e quelle attuali è possibile tradurre in sintesi i seguenti potenziali centri di pericolo o sorgenti di contaminazione causati da sversamenti accidentali sui terreni legati all'attività industriale pregressa ed all'attività di stoccaggio materiali da parte dell'Amministrazione Comunale.

In un intorno significativo si rilevano edifici sensibili quali scuole, ospedali ed aree a verde pubblico.

Riguardo alle acque sotterranee è presumibile affermare che, sempre a livello di potenzialità, potrebbero risultare contaminate per contatto con i terreni inquinati, oppure per eventuali perdite dalle linee fognarie presenti.

## 7 PIANO DI INDAGINI

Secondo quanto espressamente definito nell'Allegato 2 del D.Lgs. 152/2006 i principali obiettivi di un piano delle indagini sono:

- Verificare l'esistenza di inquinamento di suolo, sottosuolo ed acque sotterranee;
- Definire il grado e l'estensione volumetrica dell'inquinamento;
- Delimitare il volume delle aree di eventuale interrimento di rifiuti;
- Individuare le possibili vie di dispersione e migrazione degli inquinanti dalle fonti verso i potenziali ricettori;
- Ricostruire le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'area al fine di sviluppare il modello concettuale definitivo del sito;
- Ottenere i parametri necessari a condurre nel dettaglio l'analisi di rischio sito specifica;
- Individuare i possibili ricettori.
- I sondaggi da eseguire, avranno lo scopo di ricostruire la situazione stratigrafica attraverso la campionatura completa dei vari litotipi, così come di tracciare la situazione idrochimica dell'area. Dagli esiti del Piano di indagine sarà possibile tracciare un Modello concettuale definitivo.

### 7.1 INDAGINI DIRETTE: UBICAZIONE PUNTI DI CAMPIONAMENTO

La campagna geognostica di Indagine proposta prevede l'esecuzione di n° 6 sondaggi di tipo ambientale spinti fino a 10 m, di cui n° 4 attrezzati a piezometro per il controllo della falda acquifera.

Nella Tavola Unica "Ubicazione indagini e sezione litostratigrafica interpretativa" è indicata la posizione dei n° 6 sondaggi da realizzare, così come elencati nella seguente Tabella 1 : Sintesi dei punti di indagine.

Punto di indagine	Profondità di investigazione (m)	Prelievo di campioni di terreno (n.)	Prelievo di campioni d'acqua (n.)
<b>S1</b>	10,00	3	-
<b>S2Pz 1</b>	10,00	3	1
<b>S3</b>	10,00	3	-
<b>S4Pz2</b>	10,00	3	1
<b>S5Pz3</b>	10,00	3	1
<b>S6Pz4</b>	10,00	3	1
<b>Totali</b>	<b>60 m</b>	<b>n. 18</b>	<b>n. 4</b>

Tabella 1 - Sintesi dei punti di indagine

Si evidenzia che la superficie complessiva dell'area oggetto di caratterizzazione ambientale ammonta a circa 29.600 mq.

Nello specifico circa 19200 mq di superficie risulta pavimentata o interessata da coperture impermeabili mentre circa 10400 mq di superficie è a verde e quindi permeabile.

In riferimento all'ubicazione dei punti di indagine (si veda TAVOLA UNICA – Ubicazione indagini e sezione litostratigrafica interpretativa) si evidenzia che la zona maggiormente indagata risulta essere quella dei capannoni (A).

Al fine di verificare lo stato di contaminazione di tutta l'area di indagine sono stati posizionati due sondaggi, attrezzati a piezometro, nell'area a parco cercando di evitare l'area pavimentata adibita a pista di pattinaggio e quindi quasi ai margini ovest e sud dell'area ed in direzione del flusso di falda tali da poter essere rappresentativi di un cosiddetto "bianco".

Un altro sondaggio, attrezzato a piezometro, è stato posizionato all'interno del cortile dell'area adibita a servizi.

## 7.2 SELEZIONE DELLE “SOSTANZE INDICATRICI”

Al fine di permettere una completa caratterizzazione dell'area e soprattutto per stabilire la presenza di reali contaminazioni, in riferimento alla ricostruzione storica delle attività svolte nel sito ed al Modello Concettuale Preliminare predisposto, è stato individuato un set di analiti di ricerca.

Occorre precisare che il set proposto in relazione all'attività reale che si è protratta nel sito a nostro parere risulta ben più ampio tuttavia si rileva che per prevenire una potenziale contaminazione derivante dall'esterno si è ritenuto di allargare lo spettro di ricerca.

Per i **terreni** si intende eseguire il seguente screening chimico che dovrà riferirsi all'Allegato 5, Titolo V, parte IV, Tabella 1, colonna “A” del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.

PARAMETRO	ANALITI IN RICERCA
Caratteristiche fisiche	Umidità ed Analisi granulometrica su n° 9 campioni
Metalli pesanti	Cadmio
	Piombo
	Zinco
	Stagno
	Mercurio
	Rame
	Nichel
	Arsenico
	Cromo totale
	Vanadio

Idrocarburi policiclici aromatici	Pirene
	Benzo(a)antracene
	Crisene
	Benzo(b)fluorantene
	Benzo(k)fluorantene
	Benzo(a)pirene
	Indeno1,2,3cd pirene
	Dibenzo(a,b)antracene
	Benzo(ghi)terilene
	Dibenzo(a,e)pirene
	Dibenzo(a,l)pirene
	Dibenzo(a,i)pirene
	Dibenzo(a,h)pirene
	IPA sommatoria
BTEX	Benzene
	Toluene
	Etilbenzene
	Xilene
	Stirene
	Sommatoria organici aromatici
Idrocarburi	Pesanti C>12
	Leggeri C<12
in n° 3 campioni	Kd
in n° 3 campioni	FOC

Per le **acque sotterranee** si intende eseguire il seguente screening chimico che dovrà riferirsi all'Allegato 5, Titolo V, parte IV, Tabella 2 del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.

PARAMETRO	ANALITI IN RICERCA
Caratteristiche fisiche	PH, conducibilità, anioni e cationi
<b>Idrocarburi Totali</b>	<b>Composti alifatici clorurati cancerogeni e non cancerogeni da 39 a 53 Tab. 2 di cui all'All. 5, parte IV, del D. Lgs. 152/2006</b>

<b>BTEX</b>	<b>Benzene</b>
	<b>Toluene</b>
	<b>Etilbenzene</b>
	<b>Xilene</b>
	<b>Stirene</b>
	<b>Sommatoria organici aromatici</b>
<b>Idrocarburi policiclici aromatici</b>	<b>Pirene</b>
	<b>Benzo(a)antracene</b>
	<b>Crisene</b>
	<b>Benzo(b)fluorantene</b>
	<b>Benzo(k)fluorantene</b>
	<b>Benzo(a)pirene</b>
	<b>Indeno1,2,3cd pirene</b>
	<b>Dibenzo(a,b)antracene</b>
	<b>Benzo(ghi)terilene</b>
	<b>Dibenzo(a,e)pirene</b>
	<b>Dibenzo(a,l)pirene</b>
	<b>Dibenzo(a,i)pirene</b>
	<b>Dibenzo(a,h)pirene</b>
	<b>IPA sommatoria</b>
<b>Composti organo-alogenati</b>	
<b>Metalli pesanti</b>	<b>Cadmio</b>
	<b>Piombo</b>
	<b>Zinco</b>
	<b>Stagno</b>
	<b>Mercurio</b>
	<b>Rame</b>
	<b>Nichel</b>
	<b>Arsenico</b>
	<b>Cromo totale</b>
	<b>Vanadio</b>

<b>Su tutti i campioni</b>	<b>COD</b>
	<b>BOD5</b>

Si specifica che sarà eventualmente eseguito un quarto campionamento relativo al “materiale di riporto” superficiale in corrispondenza di ciascun carotaggio eseguito. Su tale materiale di riporto saranno eseguite analisi chimiche per la caratterizzazione del riporto ed esecuzione dei test di cessione necessari per assimilare tale materiale a terreno escludendone la natura di “rifiuto”.

In sintesi si propone l’esecuzione delle seguenti indagini chimiche:

- Per i terreni verranno prelevati n° 18 **campioni** (3 campioni ogni sondaggio alle seguenti profondità 0-1 m.; frangia capillare; campione intermedio (2 – 3 m) che saranno avviati ad analisi di laboratorio con il set individuato sopra.
- Per i terreni di riporto superficiali, se necessario, verranno prelevati n° 6 campioni (uno per ciascun sondaggio) per l’esecuzione dei test di cessione;
- Per le acque sotterranee verranno prelevati n° 4 campioni di acque.

### **7.3 MODALITA’ DI ESECUZIONE DEI SONDAGGI E DEI PIEZOMETRI**

#### **7.3.1 Realizzazione dei sondaggi a carotaggio continuo**

Le indagini dirette nel caso specifico consisteranno nell’esecuzione di n° 6 sondaggi geognostici a carotaggio continuo con tecnica di avanzamento “a secco” di cui n° 4 attrezzati a piezometro. I sondaggi a carotaggio continuo permettono di riconoscere le sequenze degli orizzonti stratigrafici in avanzamento verso la profondità, di prelevare i relativi tratti di “carota” e quindi di ottenere il materiale del suolo e del sottosuolo da avviare alle determinazioni analitico chimiche di laboratorio.

Il piezometro permetterà di riconoscere la presenza dell’acquifero/acquiferi, di monitorare le soggiacenze dei livelli e naturalmente di prelevare in maniera corretta le acque per la loro analisi chimica.

Durante questa fase della campagna geognostica saranno adottati tutti gli accorgimenti necessari ad evitare fenomeni di contaminazione indotta generata dall’attività di perforazione (trascinamento in profondità del potenziale inquinante o collegamento di livelli di falda a diverso grado di inquinamento).

Le operazioni di sondaggio verranno eseguite rispettando alcuni criteri di base essenziali al fine di rappresentare correttamente la situazione esistente in sito, in particolare:

- i sondaggi verranno condotti in modo da garantire il campionamento in continuo di tutti i litotipi oggetto delle perforazioni (cercando di riconoscere eventuali passaggi di interscambio geologico), garantendo il minimo disturbo del suolo e sottosuolo interessati;
- la modalità di estrazione dell’attrezzo di perforazione sarà eseguita con velocità molto bassa nel tratto iniziale per minimizzare l’effetto pistone;
- la composizione chimica e biologica del materiale prelevato non sarà alterata a causa di surriscaldamento, di dilavamento o di contaminazione da parte di sostanze e attrezzature utilizzate durante il campionamento;

Si riprenderà, quindi, la procedura a secco. Al termine di ogni operazione di avanzamento delle tubazioni di rivestimento, si deve procedere ad una manovra di ripulitura del fondo del foro prima di riprendere la perforazione.

Si metteranno in atto accorgimenti di carattere generale per evitare l'immissione nel sottosuolo di composti estranei, quali:

- a) rimozione dei lubrificanti dalle zone filettate con lavaggio mediante idropulitrice a vapore;
- b) utilizzo di olii vegetali per la lubrificazione della filettatura di aste e rivestimenti;
- c) utilizzo di utensili di perforazione (corone e scarpe) non verniciati;
- d) eliminazione di ogni perdita di olio dalle parti idrauliche dell'attrezzatura di perforazione;
- e) pulizia dei contenitori di stoccaggio dell'acqua di perforazione;
- f) pulizia di aste, rivestimenti e carotieri con impiego di idropulitrice a vapore ad alta pressione utilizzando acqua pulita, eventualmente con un opportuno solvente (noto), allo scopo di rimuovere qualsiasi residuo di precedenti perforazioni.

Il materiale, raccolto dopo ogni battuta, verrà estruso senza l'utilizzo di acqua e quindi disposto in un recipiente che permetta la deposizione delle carote prelevate senza disturbarne la disposizione stratigrafica e pertanto tutti i campioni estratti saranno sistemati, nell'ordine di estrazione, in adatte cassette catalogatrici distinte per ciascun sondaggio, sulle quali verranno indicati chiaramente e in modo indelebile i dati di riferimento: committente, località, numero di repertorio del sondaggio, profondità di riferimento.

Sarà annotata la descrizione del materiale recuperato, indicando colore, granulometria, stato di addensamento, composizione litologica, ecc. Tutto il materiale estratto deve essere esaminato e tutti gli elementi che lo caratterizzano devono essere registrati; in particolare sarà opportunamente segnalata la presenza nei campioni di evidenti contaminazioni.

Tutte le carote estratte saranno fotografate, complete delle relative indicazioni grafiche di identificazione. Le foto saranno eseguite prima che i campioni estratti alterino il colore per la perdita di umidità.

La descrizione stratigrafica sarà redatta da *Geologo senior* specializzato in problematiche di contaminazione ed inquinamento dei suoli e delle acque, la descrizione stratigrafica verrà compilata in modo tale da specificare, per ciascun intervallo di profondità sufficientemente omogeneo:

- spessore e frequenza di alternanze litologiche, variazioni della natura e del colore dei terreni attraversati;
- descrizione del materiale di riporto annotando la tipologia del materiale attraversato, eventuali colorazioni anomale, odorazioni, etc.;
- composizione granulometrica ad esame a vista (trovanti, ciottoli, sabbia, limo e argilla) indicando il diametro massimo dei grani ed elencando per prima la frazione prevalente e di seguito le eventuali altre frazioni secondo l'importanza percentuale;
- caratteristiche di consistenza dei terreni coesivi (privo di consistenza, poco consistente, mediamente consistente, molto consistente);

- la profondità di prelievo nel suolo verrà determinata con la massima accuratezza possibile, non al di sotto della soglia dei 10 cm.;
- prima di eseguire il campionamento e/o prova in sito, la quota di fondo sarà assicurata eseguendo una o più manovre di pulizia;
- i campioni prelevati saranno conservati e trattati con tutti gli accorgimenti necessari affinché non subiscano alterazioni;
- nell'esecuzione del sondaggio, sarà adottata ogni cautela al fine di non provocare la diffusione di inquinanti a seguito di eventi accidentali.

Per la perforazione, sarà impiegata attrezzatura del tipo a rotazione, con caratteristiche idonee all'esecuzione di perforazioni del diametro di almeno 200 mm. e della profondità di almeno 10 metri, sia in materiale lapideo che non lapideo.

La tecnica di perforazione deve prevedere l'impiego di una sonda a rotazione del tipo idraulico, che consenta di effettuare, anche in presenza di terreni eterogenei o fratturati, il prelievo continuo di campioni su tutta la lunghezza del foro (carote), con diametro minimo della carota di 85 mm.. Il carotaggio dovrà garantire un'elevata percentuale di recupero (90-100%). La sonda deve inoltre permettere l'apprezzamento e la localizzazione dei tratti aventi resistenza all'avanzamento difforme dalla media (con particolare riguardo agli eventuali vuoti, fratture, ecc.) ed avere la possibilità di avanzamento idraulico con regolazione manuale.

Durante la perforazione la velocità di avanzamento e la pressione sulle aste saranno mantenute costantemente sul minimo compatibile con il materiale attraversato al fine di non alterare lo stato e di ridurre i disturbi generati da velocità eccessiva o pressioni non idonee.

Le corone e gli utensili per la perforazione dei carotaggi verranno scelti di volta in volta in base alle necessità evidenziate, e saranno impiegati rivestimenti, corone e scarpe non verniciate.

Durante la perforazione, al fine di evitare che il terreno subisca surriscaldamento, la velocità di rotazione verrà sempre mantenuta su valori moderati in modo da limitare l'attrito tra suolo ed attrezzo campionario.

Al fine di evitare il trascinarsi in profondità di contaminanti di superficie, oltre che per evitare franamenti delle pareti del foro nei tratti non lapidei, la perforazione sarà eseguita impiegando una tubazione metallica provvisoria di rivestimento.

Tale tubazione provvisoria, verrà infissa dopo ogni manovra, fino alla profondità ritenuta necessaria per evitare franamenti del foro.

Saranno adottate modalità di infissione tali che il disturbo arrecato al terreno sia contenuto nei limiti minimi. Ad ogni manovra di avanzamento del carotiere, seguirà l'infissione del rivestimento per il mantenimento del foro. Si dovrà operare a secco anche per l'infissione del rivestimento e per la pulizia di fondo foro.

Solo in caso di assoluta necessità, qualora la consistenza del terreno impedisse il raggiungimento del fondo foro da parte del rivestimento, verrà consentita la circolazione temporanea di acqua pulita sino al superamento dell'ostacolo.

- caratteristiche di addensamento dei materiali incoerenti (sciolto, poco addensato, mediamente addensato, molto addensato);
- grado di arrotondamento e/o appiattimento e natura di ghiaia e ciottoli;
- grado di uniformità dei materiali (ben gradato, uniforme, etc.)
- caratteri strutturali e tessiturali,
- particolarità.

Le cassette verranno conservate in luogo chiuso e ivi immagazzinate per la conservazione.

### **7.3.2 Realizzazione dei piezometri**

Come già accennato in precedenza, per l'analisi e il campionamento delle acque sotterranee si prevede la messa in opera di n° 4 piezometri.

L'importanza del piezometro è duplice:

- da una parte sono necessari nella fase iniziale dell'indagine per la ricostruzione della superficie freatica/piezometrica, l'identificazione degli acquiferi presenti, l'analisi relativa alle loro oscillazioni (monitoraggio fisico-geometrico) e la verifica della sussistenza di gradienti idraulici;
- dall'altra parte possono essere propedeutici alla realizzazione di una rete significativa di punti di monitoraggio della qualità idrochimica delle falde presenti (monitoraggio qualitativo).

Questo implica che una volta definite le direzioni di flusso idrico sotterraneo, i piezometri destinati alla sorveglianza quali-quantitativa di zone potenzialmente contaminate potranno essere considerati come effettivi "pozzi di monitoraggio".

Nel caso dei piezometri valgono le norme di installazione descritte per scopi geo-applicativi, avendo l'accortezza di utilizzare piezometri realizzati con materiali compatibili con gli inquinanti presenti nel sito, con diametro tale da permettere il campionamento delle acque e con filtri di permeabilità adeguata in corrispondenza del livello dell'acquifero da controllare.

La tubazione utilizzata per la realizzazione del piezometro avrà un diametro esterno nominale di 3'(circa 100 mm.), con giunzione a manicotto esterno; la parete avrà uno spessore minimo di 5 mm.

La tubazione sarà finestrata, mediante microfessurazioni.

Dovrà essere realizzata in materiali plastici inerti dal punto di vista chimico e compatibili con gli inquinanti presenti nel sito; normalmente, sarà realizzata in PVC.

La larghezza delle microfessurazioni sarà tipicamente di 0,4 mm con spaziatura di 9 mm. mentre la chiusura di fondo tubo sarà eseguita mediante fondello cieco impermeabile.

Per la realizzazione del filtro a ridosso della zona finestrata del tubo sarà utilizzato ghiaietto siliceo, con granulometria uniforme e forme arrotondate.

In generale deve essere evitato l'impiego di filtri artificiali (ad esempio in tessuto) che possono dare problemi di intasamento e di interferenza con i contaminanti.

In corrispondenza del tratto di tubo cieco nella zona insatura, sarà formato un tappo impermeabile costituito da bentonite o miscela cemento-bentonite.

In generale, la tubazione del piezometro non dovrà sporgere dal piano di campagna e verrà installato un pozzetto di protezione, munito di chiusura tramite lucchetto.

Completata l'installazione della tubazione, si deve procedere alle operazioni di primo spurgo finalizzate a rimuovere il sedimento presente nel tubo finestrato, nei filtri e nel terreno immediatamente adiacente al sondaggio, al fine di assicurare la possibilità di prelevare campioni di acqua rappresentativi e privi di materiale in sospensione.

Le attività di spurgo devono prevedere la creazione di un flusso attraverso la sezione finestrata del tubo mediante una pompa. Le operazioni di spurgo devono proseguire fino ad ottenimento di acqua chiara e comunque per non meno di 2 ore (il tempo di spurgo è funzione delle caratteristiche di permeabilità dell'acquifero in esame).

La testa dei piezometri (o comunque un punto di riferimento facilmente accessibile ed identificabile) dovrà essere opportunamente quotato; sulla testa dovrà essere posto un segnale della quota di riferimento per le misure piezometriche ed inoltre sulla stessa dovrà essere collocata un'apposita targhetta indelebile e inamovibile riportante la quota altimetrica delle testa pozzo ed il codice univoco identificativo dello stesso.

#### Misure di soggiacenza della falda

Per la definizione della superficie della falda, sarà eseguita la misura di soggiacenza della falda, con precisione di almeno 1 cm., presso tutti i piezometri installati.

Il livello statico dell'acqua all'interno dei piezometri sarà misurato per mezzo di un freatometro e riferito al livello del mare.

### **7.3.3 Campionamento dei terreni**

#### Terreni

La scelta del campione e la sua conservazione costituiscono fasi critiche dell'indagine ambientale in situ ed il campionamento verrà effettuato con accortezza in quanto può condizionare il risultato analitico ancor di più della metodologia di analisi.

In particolare per i campioni da sottoporre ad analisi di laboratorio sarà cura del Responsabile delle indagini garantire che:

- a. non venga modificata la composizione chimica del campione sottoponendolo a riscaldamenti, lavaggi o contaminazioni provenienti dagli strumenti di perforazione;
- b. la posizione planimetrica e la profondità deve essere rilevata con precisione;
- c. il campione, dopo il prelievo e fino al momento della consegna al laboratorio di analisi, deve essere conservato opportunamente.

I campioni da portare in laboratorio per le analisi chimiche saranno privi della frazione dei 2 cm. che verrà scartata sul campo. Le analisi dei campioni saranno effettuate sulla frazione granulometrica passante al vaglio 2 mm. ed i risultati analitici con cui effettuare il confronto con i valori di concentrazione limite saranno riferiti al solo passante al vaglio 2 mm. e non alla totalità dei materiali secchi.

Il prelievo dei campioni verrà eseguito durante le fasi di perforazione. I campioni saranno prelevati immediatamente dopo la deposizione della carota nella cassetta catalogatrice e saranno contenuti in appositi contenitori, sigillati e univocamente siglati.

In tutte le operazioni di prelievo dovrà essere rigorosamente mantenuta la pulizia delle attrezzature e dei dispositivi di prelievo, che deve essere eseguita con mezzi o solventi compatibili con i materiali e le sostanze di interesse, in modo da evitare fenomeni di contaminazione incrociata o perdita di rappresentatività del campione.

Ogni campione di terreno da avviare ad analisi di laboratorio sarà prelevato in quantità significative e rappresentative di almeno 1-2 Kg. e conservato in appositi barattoli di vetro sigillati mediante tappi a tenuta.

In ogni contenitore sarà applicata un'etichetta indicante:

- designazione della località, committente ed esecutore;
- repertorio del sondaggio;
- tipo di campione e numero di ordine;
- profondità di prelievo;
- orientamento alto/basso nel caso di campioni indisturbati;
- data ed ora del prelievo.

Per quanto riguarda le analisi da condurre sui terreni ogni campione da avviare a determinazioni analitico-chimiche sarà suddiviso in due aliquote, una per l'analisi del laboratorio di parte della committenza o del richiedente, una a disposizione dell'Ente di controllo per l'esecuzione delle analisi in contraddittorio. Una eventuale terza aliquota potrà essere confezionata in contraddittorio sulla base di eventuali richieste dell'Ente di controllo.

Le aliquote ottenute saranno immediatamente poste in refrigeratore alla temperatura di 4°C e così mantenute durante tutto il periodo di trasporto e conservazione, fino al momento dell'analisi di laboratorio.

#### **7.3.4 Campionamento delle acque sotterranee**

Secondo le indicazioni del D.Lgs. 152/2006, si intende rappresentativo della composizione delle acque sotterranee il campionamento dinamico. Qualora debba essere prelevata la fase separata di sostanze non miscibili oppure si sia in presenza di acquiferi poco produttivi, può essere utilizzato il campionamento statico.

Nel caso in cui sia rinvenuto nel piezometro del prodotto surnatante in fase libera, si provvederà ad un campionamento selettivo del prodotto finalizzato alla sua caratterizzazione.

Il campione sarà prelevato in modo da ridurre gli effetti indotti dalla velocità di prelievo sulle caratteristiche chimico-fisiche delle acque, quali, ad esempio, la presenza di una fase colloidale o la modifica delle condizioni di ossidoriduzione che possono portare alla precipitazione di elementi solubilizzati nelle condizioni naturali degli acquiferi.

Il prelievo del campione di acque sotterranee verrà eseguito non prima che sia trascorso un tempo congruo dal termine della esecuzione del piezometro; al momento non è possibile stimare questo periodo che è funzione della natura e della potenzialità degli acquiferi che andremo ad indagare. Prima del prelievo di acqua sotterranea, il piezometro andrà adeguatamente spurgato, mediante una pompa centrifuga sommersa, avendo cura di rimuovere un volume di acqua pari almeno a circa 3 volte il volume del piezometro e fino al raggiungimento della stabilità nei valori dei principali parametri di qualità dell'acqua, misurati in linea sull'acqua effluente.

Il prelievo del campione dovrà avvenire immediatamente dopo l'operazione di spurgo. In generale, ove possibile, sarà data preferenza al campionamento di tipo dinamico, tuttavia occorre prevedere anche l'operazione di prelievo statico, dovuto al fatto che, soprattutto l'acquifero superficiale potrebbe avere delle difficoltà oggettive di ricarica.

Nel caso di campionamenti statici dovranno essere impiegati dispositivi di prelievo (bailer) monouso, nuovi e sigillati nelle confezioni originali, e corde di manovra anch'esse monouso, costituite da cavo in Nylon monofilo. Il campione di acqua sotterranea prelevata dovrà essere immediatamente trattata e confezionata in campo a seconda della natura e delle particolari necessità imposte dai parametri analitici da determinare. I metodi di conservazione devono essere tali per cui si mantenga la conservazione della qualità "chimica" del campione stesso.

Le analisi sui campioni d'acqua sotterranea saranno 1 per ogni piezometro.

Le analisi delle acque sotterranee dovranno essere eseguite sul campione tal quale, per ottenere la determinazione della concentrazione totale delle sostanze inquinanti.

Anche per quanto riguarda le analisi da condurre sulle acque sotterranee ogni campione da avviare a determinazioni analitico-chimiche sarà suddiviso in due aliquote, una per l'analisi del laboratorio di parte della committenza o del richiedente, una a disposizione dell'Ente di controllo per l'esecuzione delle analisi in contraddittorio. Una eventuale terza aliquota potrà essere confezionata in contraddittorio sulla base di eventuali richieste dell'Ente di controllo.

Le aliquote ottenute saranno immediatamente poste in refrigeratore alla temperatura di 4°C e così mantenute durante tutto il periodo di trasposto e conservazione, fino al momento dell'analisi di laboratorio.

## **8 CONCLUSIONI**

Al fine della validazione della campagna di indagine eseguita in contraddittorio con il competente Dipartimento Provinciale ARPAT, sarà elaborato un documento di sintesi in cui saranno riportati gli esiti del "Laboratorio di parte" e le relative conclusioni dalle quali si potrà evincere se il sito risulti contaminato o meno.

In assenza di contaminazione delle matrici suolo, sottosuolo ed acque sotterranee si potrà ritenere conclusa la procedura di bonifica mentre nel caso in cui sia riscontrata una evidenza di contaminazione sarà predisposta la relativa Analisi di Rischio sito specifica che terrà conto delle indicazioni progettuali da eseguirsi sul sito.