

# Quadrifoglio Spa

Sede legale e amministrativa  
Via Baccio da Montelupo, 52  
50142 Firenze  
Tel. 055 73391 - Fax 055 7322106  
quadrifoglio@quadrifoglio.org  
quadrifoglio.spa@legalmail.it  
<http://www.quadrifoglio.org>



igiene è benessere

## IMPIANTO DI SELEZIONE E COMPOSTAGGIO DI CASE PASSERINI COMUNE DI SESTO FIORENTINO

### DOMANDA DI AUTORIZZAZIONE INTEGRATA AMBIENTALE

ai sensi dell'art. 29 del D.Lgs. 46/2014

Elaborato tecnico 10

PIANO DI INVESTIGAZIONE

Data Maggio 2015

Il Tecnico  
Ing. Franco Cristo

Il Proprietario/Gestore  
Direttore Generale  
Dott. Livio Giannotti

## INDICE

1.	PREMESSA .....	3
2.	INQUADRAMENTO DEL SITO.....	5
2.1.	Localizzazione ed accessibilità del sito.....	5
2.2.	Inquadramento urbanistico e vincoli .....	6
2.3.	Utilizzazione del sito .....	8
2.3.1.	Selezione meccanica dei rifiuti .....	8
2.3.2.	Produzione di frazione combustibile/CSS .....	8
2.3.3.	Produzione di frazione organica stabilizzata .....	9
2.3.4.	Produzione di ammendante compostato misto.....	9
2.3.5.	Processo di produzione ammendante compostato verde.....	9
2.3.6.	Processo di produzione di biomassa .....	9
3.	INQUADRAMENTO AMBIENTALE .....	13
3.1.	Caratteri ambientali del sito .....	13
3.1.1.	Geomorfologia .....	13
3.1.2.	Geologia.....	13
3.1.3.	Idrografia.....	15
3.1.4.	Idrogeologia .....	15
3.1.5.	Pericolosità geologica ed idraulica .....	17
3.2.	Caratteri litostratigrafici di dettaglio .....	18
3.3.	Caratteri idrogeologici di dettaglio.....	25
4.	INDAGINI SVOLTE SUL SITO DURANTE LA GESTIONE DELL'IMPIANTO.....	26
5.	FORMULAZIONE DEL MODELLO CONCETTUALE PRELIMINARE .....	29
5.1.	Sorgenti di contaminazione .....	29
5.2.	Percorsi di migrazione.....	30
5.3.	Bersagli.....	31
6.	PIANO DI INVESTIGAZIONE .....	32
6.1.	Suolo e sottosuolo .....	32
6.1.1.	Investigazione geologica.....	32
6.1.2.	Modalità esecutive dei sondaggi in profondità .....	34
6.1.3.	Modalità di campionamento dei terreni per le analisi chimiche .....	35
6.1.4.	Analisi chimiche da eseguire e metodiche di riferimento.....	36
6.2.	Acque di falda e superficiali.....	37

6.2.1. Investigazione geologica.....	37
6.2.1.1. Posa in opera di canna piezometrica a tubo aperto.....	38
6.2.2. Investigazione chimica.....	39
6.2.2.1. Modalità di campionamento delle acque .....	39
6.2.2.2. Analisi da eseguire e metodiche di riferimento .....	39
6.2.2.3. Modalità di formazione e pre-trattamento dei campioni di acqua per l'analisi....	40
6.3. Accettazione dei campioni .....	41
6.4. Definizione dei parametri sito-specifici di carattere geologico ed idrogeologico.....	41

## 1. Premessa

Alla cessazione dell'attività, così come previsto dalla normativa vigente, dovrà essere effettuato il ripristino dell'area, come indicato ed illustrato nell'*Elaborato tecnico 1 – Relazione tecnica*.

Tale piano di ripristino prevede, in sintesi, le attività di seguito elencate:

- allontanamento dei rifiuti e dei materiali presenti all'interno dell'impianto;
- rimozione dei macchinari utilizzati per le attività di recupero trattamento rifiuti, compresi i sistemi di captazione ed abbattimento delle emissioni, e loro idoneo smaltimento;
- pulizia delle aree di lavorazione e stoccaggio;
- pulizia delle reti di raccolta dei reflui e dei serbatoi di stoccaggio;
- smaltimento dei reflui provenienti dalle attività di lavaggio e pulizia;
- predisposizione, ai sensi della Parte IV del D. Lgs. 152/2006, di un Piano di indagini preliminari (*Piano di investigazione*) ai fini della caratterizzazione dello stato delle matrici ambientali, necessario per escludere od accertare la presenza di contaminazioni;
- valutazione dello stato delle strutture edilizie e della possibilità di riconversione ad altri usi.

Il presente Piano di investigazione, ricalca quello già presentato in ottemperanza alla prescrizione n. 5 dell'Allegato 2 dell'Istruttoria tecnica allegata all'Atto Dirigenziale n. 3334 del 08/09/2014 - cui è scaturita l'Autorizzazione Atto SUAP 41098/14-, che autorizza l'impianto ai sensi dell'art. 208 del D. Lgs. 152/2006.

Esso è teso ad accertare l'assenza di inquinamento a seguito della cessazione di tutte le attività di gestione rifiuti; quindi contiene una preliminare descrizione delle attività -che oggi si ipotizzano- da svolgere in campo ed in laboratorio, per la caratterizzazione ambientale del sito.

L'investigazione dell'area -area classificata dagli strumenti urbanistici vigenti con la destinazione d'uso di *polo funzionale*, cioè di aree ad elevata specializzazione funzionale per la produzione di servizi di rango sovracomunale - avrà caratteristiche non invasive (sondaggi a carotaggio continuo attrezzati a piezometri) e sarà finalizzata a verificare le condizioni stratigrafiche, litologiche ed idrogeologiche del sito, caratterizzando le eventuali fonti di inquinamento.

Le indagini avranno lo scopo di dimostrare, ai fini della futura utilizzazione dell'area (ad oggi non conosciuta), il rispetto o meno dei valori limite di legge previsti dalla normativa vigente nel suolo, nel sottosuolo e nelle acque sotterranee, con l'obiettivo di:

- verificare l'esistenza o meno di inquinamento di suolo, sottosuolo ed acque sotterranee;
- definire il grado e l'estensione dell'eventuale inquinamento;
- individuare le potenziali vie di dispersione e migrazione degli inquinanti, se presenti, 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'eventuale analisi di rischio sito specifica;
- individuare i possibili ricettori.

A tal fine saranno definiti:

- l'ubicazione e la tipologia delle indagini da svolgere sia di tipo diretto, quali sondaggi e piezometri, sia indiretto, come i rilievi geofisici;
- il piano di campionamento di suolo, sottosuolo ed acque sotterranee;
- il piano di analisi chimico-fisiche e le metodiche analitiche;
- la profondità da raggiungere con le perforazioni, assicurando la protezione degli acquiferi profondi ed evitando il rischio di contaminazione indotta dal campionamento;
- le metodologie di interpretazione e restituzione dei risultati.

Occorre ben sottolineare che, ad oggi, l'impianto risulta in piena attività e non vi è una prevista data di cessazione; il presente Piano di investigazione fa perciò riferimento, sia per quanto riguarda la configurazione impiantistica, sia per quanto attiene alle metodiche analitiche di analisi di seguito specificate, alla situazione attuale e vigente, suscettibile quindi di modifiche sulla base dell'eventuale variato quadro normativo, delle attività, e di tutto ciò che potrà influenzare le considerazioni sin qui fatte.

## 2. Inquadramento del sito

### 2.1. Localizzazione ed accessibilità del sito

L'area di Case Passerini in cui è situato l'impianto di selezione e compostaggio è posta sul territorio del Comune di Sesto Fiorentino, ai confini con i Comuni di Campi Bisenzio, ad ovest, e quello di Firenze, ad est.

Più precisamente, è racchiusa tra l'autostrada A-11 *Firenze-Mare*, o meglio tra la via privata di accesso all'impianto, ed il sistema delle opere di bonifica, costituito da diversi canali, tra i quali: il Canale Colatore ed il Fosso Reale, a sud, ed il Canale Gavine, ad est.

L'area si trova a circa 2,7 km dal centro di Sesto Fiorentino, a circa 8,7 km dal centro del Comune di Firenze, a circa 2,7 km dal centro del Comune di Campi Bisenzio ed ad 5,3 km dal centro del Comune di Calenzano.

A circa 3 km ad est dell'area oggetto di studio è presente l'aeroporto "Amerigo Vespucci".

A sud, subito oltre il Fosso Reale, è presente una zona produttiva (Osmannoro), costituita da numerosi edifici (in prevalenza uffici) e capannoni di medie dimensioni.

L'area in esame è attraversata da una serie di infrastrutture di interesse, fra le quali due grandi direttrici stradali nazionali:

- A1 (E35), Autostrada del Sole, appartenente al sistema viario di grande comunicazione (D.M. 20.07.83 e D.M. 04.06.86) ed identificata nel PIT come grande direttrice nazionale Dorsale Centrale di collegamento N-S, a distanza, comunque, di circa 1,5 km;
- A11 (E74), Autostrada Firenze-Mare appartenente al sistema viario di grande comunicazione (D.M. 20.07.83 e D.M. 04.06.86) ed identificata nel PIT come grande direttrice di collegamento E-W tra la dorsale e la tirrenica, a breve distanza dagli edifici dell'impianto e confinante con il suo resede.

Per quanto concerne il sistema infrastrutturale ferroviario l'area è attraversata, a nord, dalla tratta Firenze-Prato-Pistoia.

In particolare, per quanto riguarda l'accessibilità attuale all'impianto, la zona è raggiungibile attraverso l'autostrada *Firenze-mare* A-11, tramite l'uscita Sesto Fiorentino. Dall'uscita di Sesto Fiorentino si transita in Via dell'Osmannoro e da qui, attraverso il sottopasso autostradale, si arriva al polo impiantistico di Case Passerini.



**Figura 1 - Immagine aerea del sito**

Dall'analisi delle strutture urbane presenti nel contesto territoriale interessato, si deduce che l'area ha vocazione monofunzionale con prevalente destinazione produttiva, come evidenziabile dalla morfologia del tessuto urbano esistente.

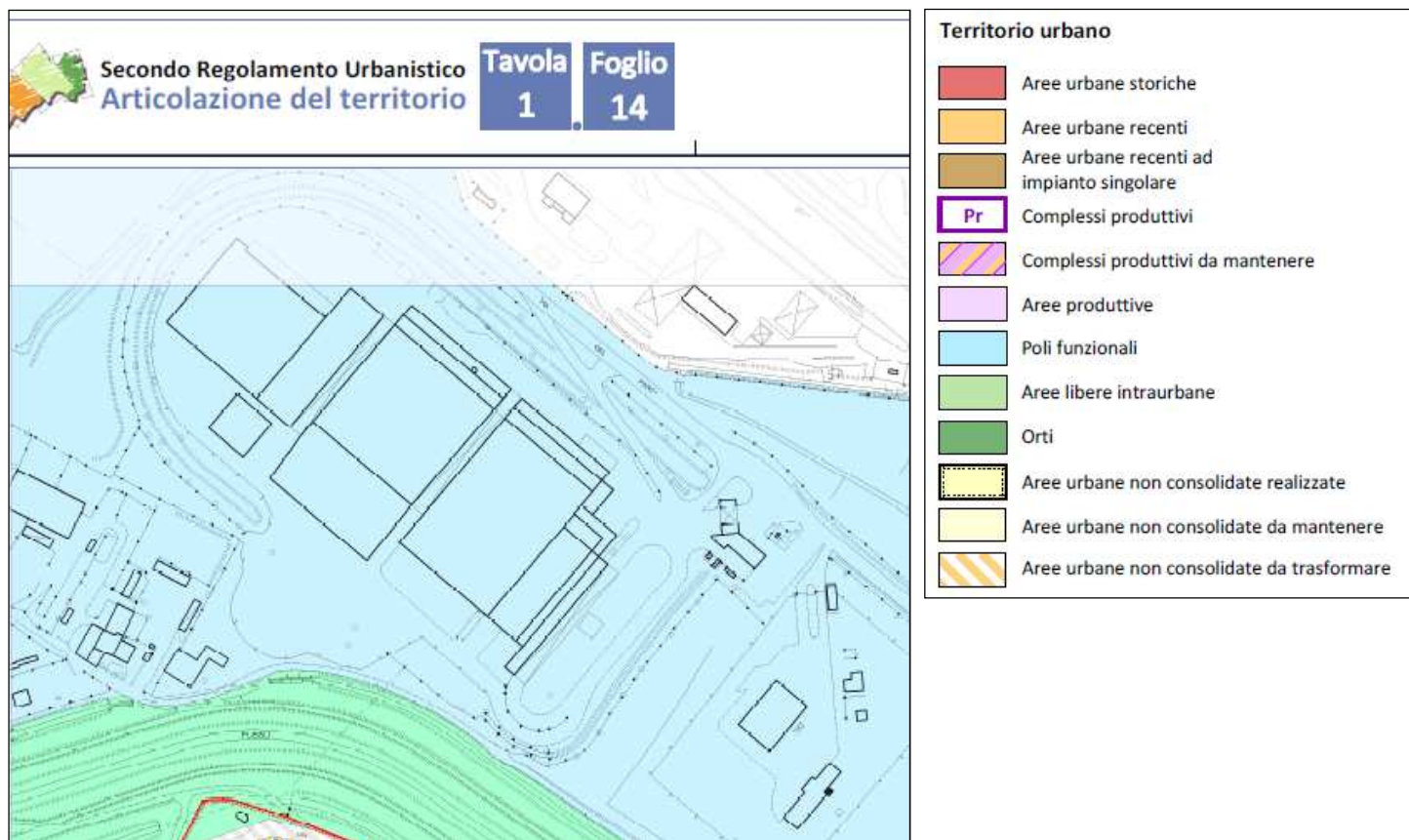
Non esistono significativi insediamenti abitativi in prossimità dell'area in oggetto ed, inoltre, la presenza umana risulta non permanente, ma legata a fenomeni di pendolarità, temporaneità e mobilità in relazione alle attività economiche ivi presenti.

## **2.2. Inquadramento urbanistico e vincoli**

Gli strumenti di pianificazione urbanistica del Comune di Sesto Fiorentino, costituiti dal Piano Strutturale e dal Regolamento Urbanistico, collocano l'area di Case Passerini all'interno del sub-sistema denominato "Poli funzionali".

Sono considerati come poli funzionali, aree di rilevante estensione territoriale, coincidenti con uno o più isolati, la cui organizzazione morfologica è strettamente finalizzata allo svolgimento di un'unica funzione e che, per tale ragione, rappresentano singolarità chiaramente individuabili all'interno del tessuto urbano. Il destino urbanistico di tali ambiti è legato indissolubilmente alla funzione esclusiva in essi esercitata, facente capo, in genere, ad un unico soggetto – pubblico o privato.

In tutti i casi individuati, si tratta di elementi di rilevanza sovracomunale (università, aeroporto, impianto di selezione e compostaggio, ecc.), nei quali sono erogati servizi di rango sovracomunale e, come tali, costituenti capisaldi della rete dei sistemi territoriali funzionali individuati dal PIT.



**Figura 2 – Articolazione del territorio –estratto dal secondo Regolamento Urbanistico**

L'area su cui sorge l'impianto in oggetto è inoltre caratterizzata dai vincoli di seguito riassunti:

- ◆ Vincolo paesaggistico: l'area oggetto di studio è soggetta a tale vincolo in base al Decreto Ministeriale del 20 Maggio 1967. Il decreto, infatti, impone la “... dichiarazione di notevole interesse pubblico della fascia di terreno di 300 metri di larghezza da ogni lato dell'Autostrada Firenze-mare nei comuni di Firenze, Sesto Fiorentino, Campi Bisenzio e Prato ...”;
- ◆ Aree protette: l'area impiantistica di Case Passerini ricade in un'area alla periferia delle “Zone umide della Piana fiorentina”;
- ◆ Vincolo idraulico: l'area in cui è posto l'impianto ricade all'interno della perimetrazione del PAI, in classe di pericolosità P.I.2.

Catastalmente, la particelle di proprietà Quadrifoglio, sulle quali ricade l'impianto di selezione e compostaggio sono la 592 e quota parte della 593, appartenenti al Foglio di mappa n. 46 del Comune di Sesto Fiorentino.



## 2.3. Utilizzazione del sito

Il sito di Case Passerini è destinato - tra l'altro - all'impianto di selezione e compostaggio, che effettua i processi di seguito riassunti, e rappresentato nelle seguenti figura 3 e figura 4.

Tutte le lavorazioni avvengono in aree dotate di pavimentazione impermeabile (in asfalto o cemento) e di rete fognaria interna di raccolta (vedi fig. 5).

L'impianto è infatti servito da una doppia rete fognaria interna così distinta:

- la rete delle acque potenzialmente contaminate, che raccoglie sia le acque di processo sia le acque meteoriche dilavanti le superfici caratterizzate da un oggettivo rischio di trascinamento di sostanze pericolose, od in grado di determinare effettivi pregiudizi ambientali in virtù delle attività che vi si svolgono;
- la rete delle acque non contaminate, che raccoglie sia le acque meteoriche provenienti dalle coperture, sia quelle dilavanti le superfici che non presentano rischio di trascinamento di sostanze pregiudizievoli per l'ambiente.

La prima rete collette le acque raccolte ad un grande pozzetto intermedio e da questo, mediante il rilancio con pompa, al sistema di serbatoi interrati di stoccaggio di capacità complessiva di 1180 m<sup>3</sup>.

La seconda rete fognaria invece collette le acque raccolte nel recapito finale, costituito dai corsi d'acqua superficiali del reticolo idrografico della piana.

### 2.3.1. Selezione meccanica dei rifiuti

Il rifiuto -urbano e speciale derivante da attività di trattamento di rifiuti presso altri impianti- conferito all'impianto è scaricato nella fossa rifiuti e da qui, previa miscelazione, avviato alle linee di selezione meccanica per essere sottoposto ad operazioni di triturazione, deferrizzazione e vagliatura, finalizzate alla produzione di rifiuto combustibile (*frazione combustibile/CSS*).

### 2.3.2. Produzione di frazione combustibile/CSS

Il materiale di sopravaglio ottenuto nel processo di vagliatura viene: o indirizzato direttamente, senza l'effettuazione di nessun'altra operazione, alle presse per il confezionamento in balle per il successivo allontanamento ad impianti di recupero; oppure sottoposto ad ulteriore deferrizzazione, successiva raffinazione ed infine confezionato in balle tramite presse ed avviato ad impianti di recupero esterni. Nel caso si rendesse necessario un'ulteriore raffinazione del materiale, in particolare per rimuovere eventuali materiali pesanti presenti, può essere inviato ad un separatore aeraulico e quindi, previa un'ulteriore separazione magnetica, alle presse imballatrici.

Lo stoccaggio del balle rifiuto combustibile è effettuato in aree dedicate, all'interno di specifici reparti.

Il materiale di sottovaglio, invece, viene sottoposto a deferrizzazione e quindi inviato al processo di biostabilizzazione accelerata in biocelle per la produzione di frazione organica stabilizzata, oppure allontanato direttamente *talquale* ad impianti esterni di trattamento.

### **2.3.3. Produzione di frazione organica stabilizzata**

Il materiale di sottovaglio proveniente dalla selezione meccanica, viene deferrizzato e poi inviato al reparto di compostaggio, depositato in attesa di essere immesso in biocella, dove subisce il processo di biostabilizzazione per la produzione della frazione organica stabilizzata, successivamente inviata a smaltimento.

### **2.3.4. Produzione di ammendante compostato misto**

All'impianto sono altresì conferiti rifiuti organici provenienti dai circuito delle raccolte differenziate. Tali rifiuti sono scaricati e messi in riserva nell'area dedicata, da dove, previa miscelazione, sono avviati alla triturazione, per la preparazione della *miscela di compostaggio*, ed immessi in biocella per la biostabilizzazione accelerata.

Terminato il processo di biostabilizzazione, il materiale viene sottoposto a vagliatura, nel reparto di raffinazione, ed a maturazione, per ottenere poi l'ammendante compostato misto, stoccato nell'apposito reparto, nell'attesa della cessione di vendita.

### **2.3.5. Processo di produzione ammendante compostato verde**

I rifiuti vegetali conferiti sono scaricati nella piazzola esterna (*piazzola sud*), stoccati, selezionati, triturati ed avviati - nella maggior parte - ai processi di maturazione e vagliatura per la produzione dell'ammendante compostato verde.

### **2.3.6. Processo di produzione di biomassa**

Con la presente istanza è stata richiesta l'autorizzazione ad una ulteriore attività, che prevede il recupero di biomassa vergine dallo stoccaggio derivante dalla cernita dell'attività di produzione dell'ammendante compostato verde, mediante ulteriore cernita e pulizia del materiale da destinare a recupero energetico in impianti esterni.

L'attività sarà svolta nella *piazzola sud* esterna.



LEGENDA	
1A	Trituratore primario 1
1B	Trituratore primario 2
1C	Trituratore primario 3
2	Tramoggia di alimentazione pressa
3	Pressa 3
4A	Separatore magnetico
4B	Separatore magnetico
4C	Separatore magnetico
5A	Vaglio 2
5B	Vaglio 3
5C	Vaglio 1
6	Deferrizzatore
7A	Raffinatore 1
7B	Raffinatore 3
7C	Raffinatore 2
8A	Pressa 2
8B	Pressa 1
9	Separatore magnetico
10	Separazione ceramica
11	Addensatrici
12	Trituratore rifiuti organici
13	Tramoggia di alimentazione impianto raffinazione
14	Vagliatura primaria raffinazione rifiuti organici
15	Vagliatura secondaria raffinazione rifiuti organici
16	Accumulo acque di processo provenienti dagli scrubbers e riutilizzate per bagnatura biocelle
17	Vaglio mobile rifiuti vegetali
18	Trituratore mobile rifiuti vegetali
19	Scrubbers biofiltro emissione E8
20	Biofiltro emissione E8
21	Scrubbers emissione E9
22	Biofiltro emissione E10

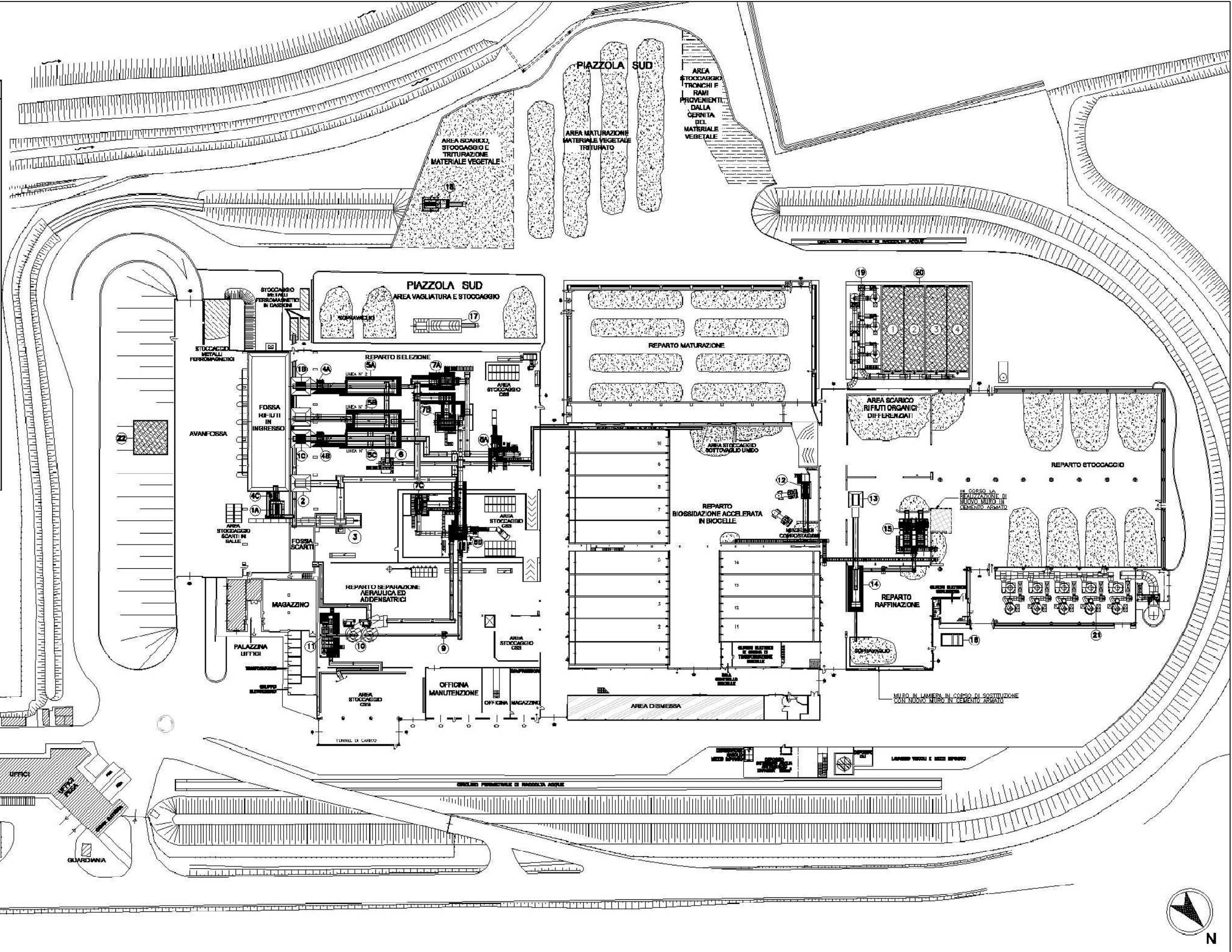


Figura 4 – Planimetria di dettaglio impianto



### **3. Inquadramento ambientale**

#### **3.1. Caratteri ambientali del sito**

##### **3.1.1. Geomorfologia**

La zona in oggetto è situata, dal punto di vista geomorfologico, su un'area pressoché pianeggiante con modeste variazioni altimetriche e quota media di circa 36 m.s.l.m..

L'assetto morfologico naturale risente degli effetti prodotti dall'attività antropica che si esplicano, fra l'altro, in una vasta rete di canali artificiali di bonifica che, sfruttando le modeste pendenze disponibili, si immettono nei collettori principali.

L'idrografia superficiale è, nell'immediato intorno dell'area in oggetto, rappresentata dai canali artificiali di bonifica, tra i quali il Fosso Reale ed i suoi colatori, sinistro e destro, che, intercettando le acque provenienti dalla colline a nord, hanno consentito la bonifica di estese superfici.

La morfologia pianeggiante dell'area non determina problematiche afferenti alla pericolosità morfologica come testimoniato anche dalla carta della "Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante" dell'Autorità di Bacino, dalla quale risulta come la zona in oggetto non sia inclusa nelle aree con pericolosità geomorfologica.

##### **3.1.2. Geologia**

L'area in esame si trova nella zona di pianura ubicata a S-W di Sesto Fiorentino e corrispondente ad un bacino lacustre di età Villafranchiana Superiore.

Questo bacino si originò a seguito della fase tettonica distensiva che interessò, dal Miocene Superiore, vaste zone dell'Appennino settentrionale e che portò alla formazione di profonde depressioni ad andamento N-S, sulle quali si impostarono vari bacini lacustri quali il Mugello, il Casentino e la pianura di Firenze-Prato-Pistoia.

Dal punto di vista geologico, quindi, l'area in oggetto fa parte di quest'ultimo bacino.

In conseguenza del primo sprofondamento (legato al sistema di faglie NW-SE) si ebbe un accumulo di sedimenti portati dai vari immissari nel paleo alveo del lago; in seguito alla attivazione del sistema di faglie NE-SW si ebbe un innalzamento del bacino di Firenze ed uno svuotamento nel bacino di Pistoia-Prato.

Nella pianura fiorentina, così prosciugata, si impiantò un reticolo fluviale confluyente nel lago di Pistoia-Prato, che diede origine a depositi grossolani, che si vennero a sovrapporre ai depositi più tipicamente lacustri.

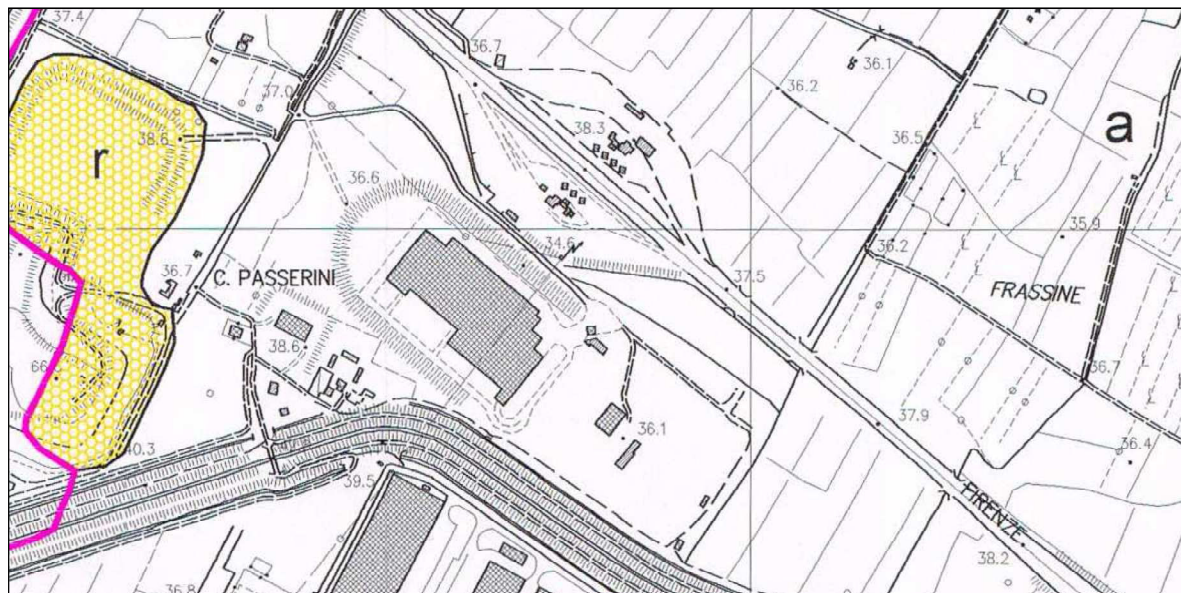
Nel bacino di Pistoia-Prato continuò invece la sedimentazione lacustre fine al suo riempimento.

In seguito, nella pianura così unificata Pistoia-Prato-Firenze, si venne a sviluppare un reticolo idrografico facente capo al collettore principale rappresentato dal fiume Arno, che distribuí le alluvioni piú grossolane nelle aree di Firenze e Scandicci.

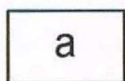
In seguito, la diminuzione dell'apporto grossolano da parte dei fiumi, determinò la sedimentazione finale dei depositi argillosi, limosi e sabbiosi piú recenti, corrispondenti agli attuali terreni affioranti.

Tutto il complesso dei depositi alluvionali fluviali e fluvio-lacustri, poggia sul substrato roccioso costituente il fondo ed i fianchi dell'antico lago; le rocce che lo costituiscono appartengono alle stesse formazioni geologiche che affiorano sulle colline circostanti.

Nella figura seguente è riportato uno stralcio della carta geologica tratta dal Piano Strutturale del Comune di Sesto Fiorentino, per un intorno significativo in rapporto alla zona in oggetto.

**RIPORTO**

discariche, riporti ed accumuli di origine antropica

**ACCUMULO DI FRANA****COPERTURE DETRITICHE****DEPOSITI ATTUALI DI ORIGINE FLUVIALE****ALLUVIONI**

depositi fluviali costituiti da sedimenti a granulometria variabile da argille e limi a sabbie e ghiaie. (Olocene)

**Figura 6 – Carta geologica dell'area estratta dal Piano strutturale del Comune di Sesto Fiorentino**

### **3.1.3. Idrografia**

Per quanto riguarda l'idrografia superficiale, immediatamente a Sud dell'impianto scorre il Fosso Reale, ed i suoi colatori, sinistro e destro; in quest'ultimo confluiscono parte delle acque superficiali provenienti dall'abitato di Sesto Fiorentino e dai rilievi retrostanti.

Ancora più a Sud si trova il Canale Macinante che, insieme al Fosso Reale, confluisce nel fiume Bisenzio, affluente in destra idraulica del fiume Arno.

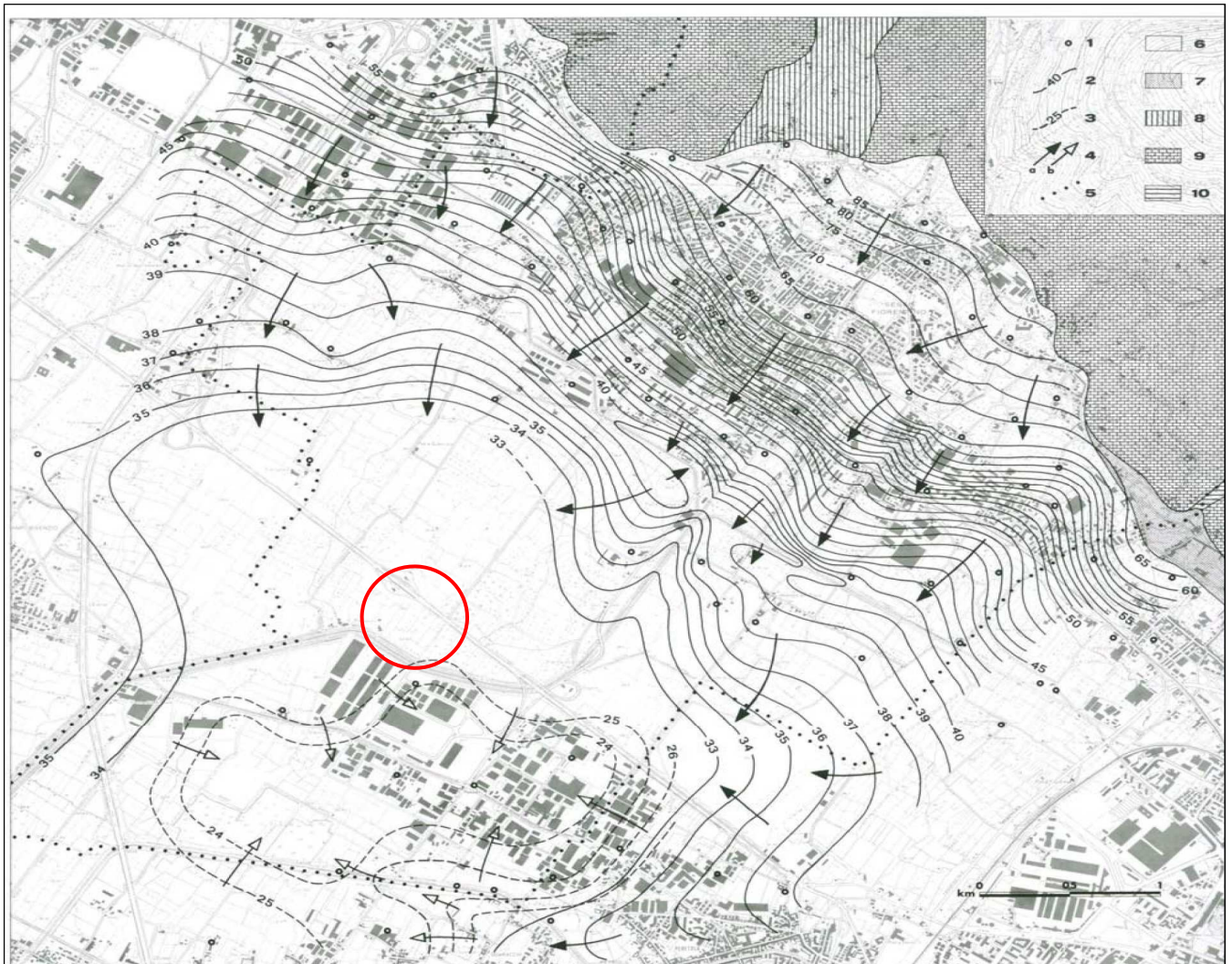
### **3.1.4. Idrogeologia**

L'idrogeologia dell'area è condizionata dall'evoluzione sedimentaria che ha interessato il bacino di sedimentazione e quindi la distribuzione relativa dei sedimenti a diversa granulometria.

Il livello freatico è a pochi metri di profondità e l'andamento delle linee di flusso della falda segue la pendenza regionale, con direzione prevalente da NE verso SW, quindi verso l'area di pianura.

Procedendo verso il centro della pianura le ghiaie e le sabbie cedono il passo ai limi ed alla argille determinando un contrasto di permeabilità che fa risalire il livello freatico tanto che nella stagione umida si determina una situazione in cui l'acqua di falda affiora. Questo alto livello freatico non corrisponde più ad un acquifero di interesse idrogeologico essendo solo il livello di saturazione nel suolo argilloso – limoso e, come si può vedere nella figura 7, le isofreatiche sono interrotte in corrispondenza del centro della pianura, dove la falda diventa praticamente improduttiva, sostituendole con le isopieze degli acquiferi profondi in pressione. La superficie piezometrica indica un flusso centripeto verso l'Osmannoro, dove avviene lo sfruttamento da parte delle industrie degli acquiferi profondi.





1: pozzi di misura del livello idrico. 2: isofreatiche m.s.l.m.. 3: isopiezometriche. 4: direzioni di flusso dell'acqua; a, falda freatica; b, falda in pressione. 5: limite comunale. 6: depositi alluvionali recenti. 7: depositi lacustri. 8: formazione di Sillano (Cretaceo sup.). 9: formazione di M. Morello (Eocene). 10: complesso caotico (Giurassico – Cretaceo).

**Figura 7 – Carta piezometrica della Piana di Sesto Fiorentino (da Pranzini, 2008)**

Per quanto riguarda la vulnerabilità degli acquiferi, la *Carta del grado di protezione degli acquiferi del Valdarno Medio*, evidenzia una maggiore vulnerabilità (minor grado di protezione) per quanto riguarda la fascia alta della pianura dove sono ubicati i conoidi alluvionali entro i quali l'acquifero si trova a poca profondità, preservato da un terreno di copertura piuttosto permeabile. Altamente vulnerabili sono anche i depositi alluvionali recenti dell'Arno ove le ghiaie acquifere sono poco profonde e protette dal solo limo di esondazione a dominante sabbiosa.

La parte centrale della Piana, dove è ubicato l'impianto di selezione e compostaggio di Case Passerini presenta invece bassa vulnerabilità poiché la prima falda è protetta da un consistente spessore di argilla e limo.

Per quanto riguarda la qualità delle acque sotterranee, essa dipende sia dalle caratteristiche naturali legate alle rocce serbatoio che dall'inquinamento; per quanto riguarda il primo aspetto in

alcune zone della Piana le acque sotterranee presentano elevate concentrazioni di ferro e manganese, legate all'ambiente riducente delle antiche paludi.

Acque di pozzi profondi presentano talora elevate concentrazioni di cloruri probabilmente dovuti alla risalita di acque profonde molto mineralizzate. Per quanto riguarda l'inquinamento le tipologie di inquinanti più diffusi nella Piana sono i solventi clorurati (trielina e simili) e i composti azotati.

### 3.1.5. Pericolosità geologica ed idraulica

La Carta della Pericolosità Geologica, di supporto al Regolamento Urbanistico di Sesto Fiorentino, è stata redatta tenendo conto della situazione morfologica, geologica, idrogeologica e litotecnica dell'area.

La carta indica la zona come appartenente alla classe G2a (pericolosità medio-bassa), che corrisponde, da un punto di vista geomorfologico, ad un'area con fenomeni non in atto, segno di una passata dinamica morfologica, o di ordine più modesto.

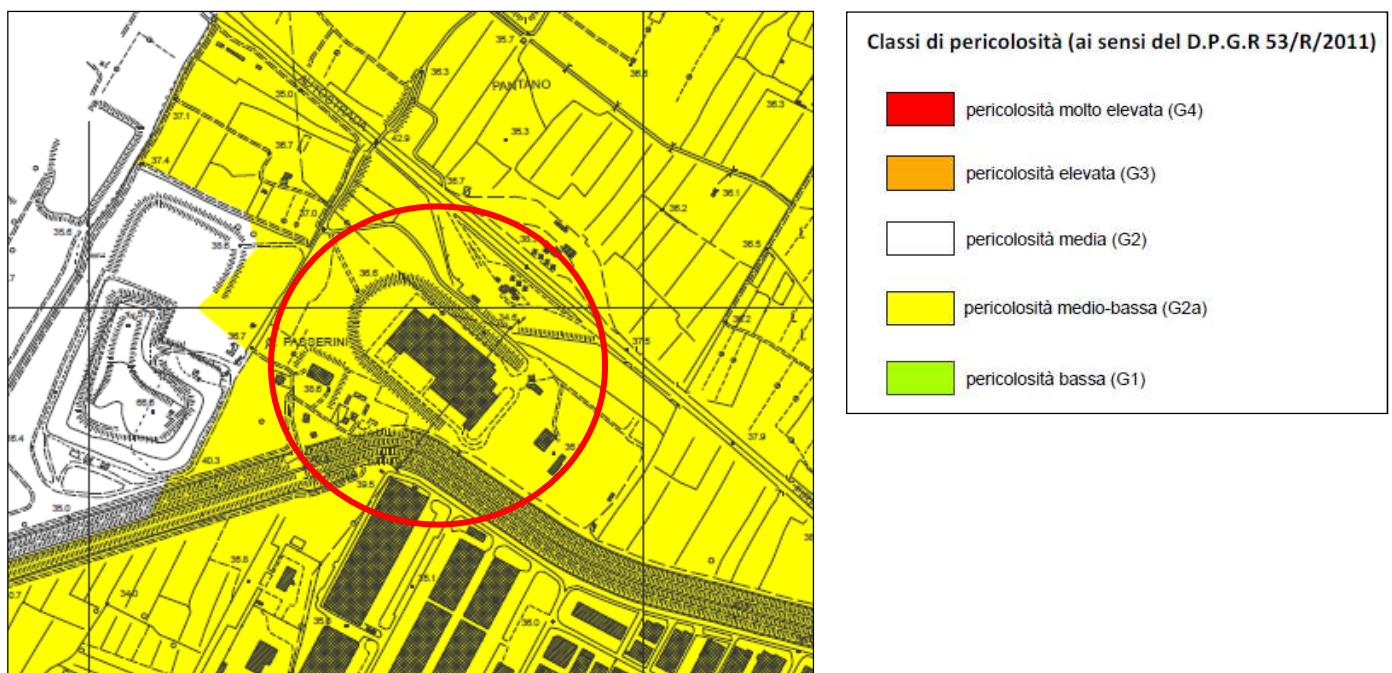
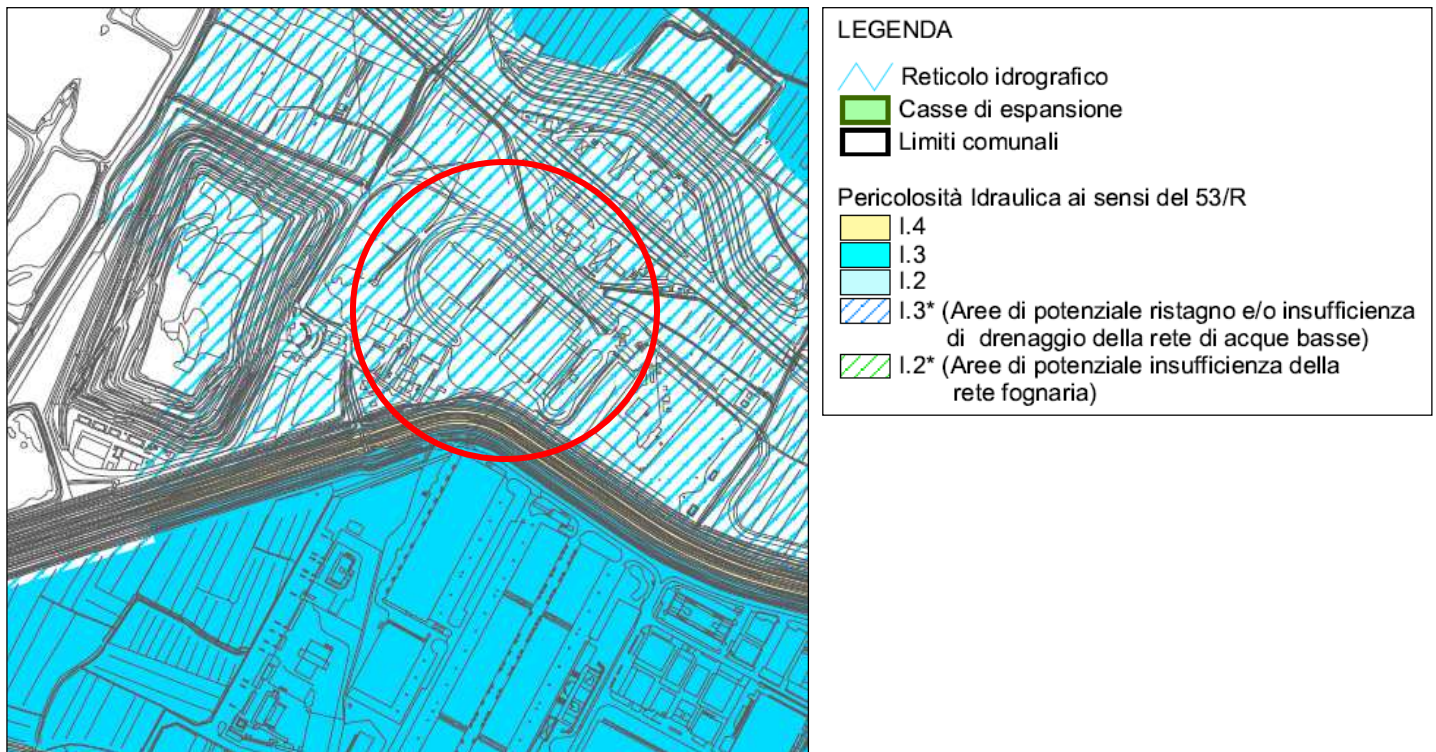


Figura 8 – Carta della pericolosità geologica estratta dal secondo Regolamento urbanistico

Da un punto di vista idraulico, invece, la Carta della Pericolosità idraulica del Regolamento Urbanistico inquadra l'area dell'impianto in area a pericolosità idraulica I.3\*, corrispondenti ad aree di potenziale ristagno e/o insufficienza di drenaggio della rete delle acque basse.



**Figura 9 – Carta della pericolosità idraulica ai sensi del Regolamento 52/R 2011 estratta dal secondo Regolamento urbanistico**

### 3.2. Caratteri litostratigrafici di dettaglio

Conoscenze più approfondite sulle caratteristiche geologiche dell'area estesa su cui ricade il polo impiantistico di Case Passerini sono state ricostruite dall'esame della campionatura ottenuta per mezzo di sondaggi geognostici e di piezometri, eseguiti a più riprese e in diversi periodi (1994, 1998, 2001, 2003 e 2004) nell'area in esame (principalmente in quella interessata dalla limitrofa discarica).

La successione stratigrafica completa dell'area, desunta dai sopracitati sondaggi, può essere riassunta nei seguenti orizzonti litologici:

- ORIZZONTE "A": si estende da p.c. fino a circa 1 m; trattasi di terreno marrone di natura argillosa;
- ORIZZONTE "B": va da circa 1 m a circa 29.5 m ed è costituito da argilla limosa, a luoghi debolmente sabbiosa, marrone grigiastra con screziature giallastre, talora verdastre (intorno ai 12 m circa) con presenza a luoghi di piccoli e talora abbondanti noduli concrezionati di natura carbonatica. La consistenza è generalmente variabile da solido plastica a molto compatta. L'orizzonte ingloba, talora, rare lenti ghiaiose;
- ORIZZONTE "C": si estende da circa 29.5 m a circa 32.1 m ed è rappresentato da ghiaie poligeniche, a luoghi con sabbie grossolane, in abbondantissima

matrice argilloso - limosa, più raramente sabbiosa. I clasti, eterometrici, sono subarrotondati ed appiattiti con diametro massimo di 3 cm circa; presentano natura sia calcarea che arenacea e, a luoghi, risultano localmente cementati (puddinghe);

- ORIZZONTE "D": va da circa 32.1 m a circa 43.3 m ed è costituito da argilla limosa marrone grigiastra con screziature ocracee di consistenza variabile da solido plastica a mediamente plastica e compatta; presenti abbondanti concrezioni carbonatiche;
- ORIZZONTE "E": si estende da circa 43.3 m a circa 45.3 m ed è rappresentato da ghiaie poligeniche calcaree ed arenacee anche di grosse dimensioni (diametro di 4 cm) in assai abbondante matrice argilloso - limosa marrone;
- ORIZZONTE "F": va da circa 45.3 m a circa 55 m ed è costituito da argilla limosa marrone grigiastra con presenza di concrezioni carbonatiche fino a circa 50 m. Da circa 50 m a 55 m argilla limosa grigia, senza concrezioni carbonatiche, di media consistenza;
- ORIZZONTE "G": si estende da circa 55 m a circa 61.3 m ed è rappresentato da limo argilloso grigio, plastico e con veli sabbiosi;
- ORIZZONTE "H": va da circa 61.3 m a circa 70 m ed è costituito da argilla limosa grigia, di media consistenza, praticamente priva di noduletti calcarei e con presenza di livelli torbiferi.

In particolare per la caratterizzazione dell'area dell'impianto, si può fare riferimento ai seguenti sondaggi, la cui ubicazione e descrizione stratigrafica sono riportate nelle figure seguenti:

- n. 3 sondaggi (S1, S2, S3) svolti nel 2004 in occasione del progetto di realizzazione di un centro di recupero;
- n.1 sondaggio (S10/8 reflue), fatto nel 2008, per la realizzazione del serbatoio interrato di stoccaggio delle acque reflue.

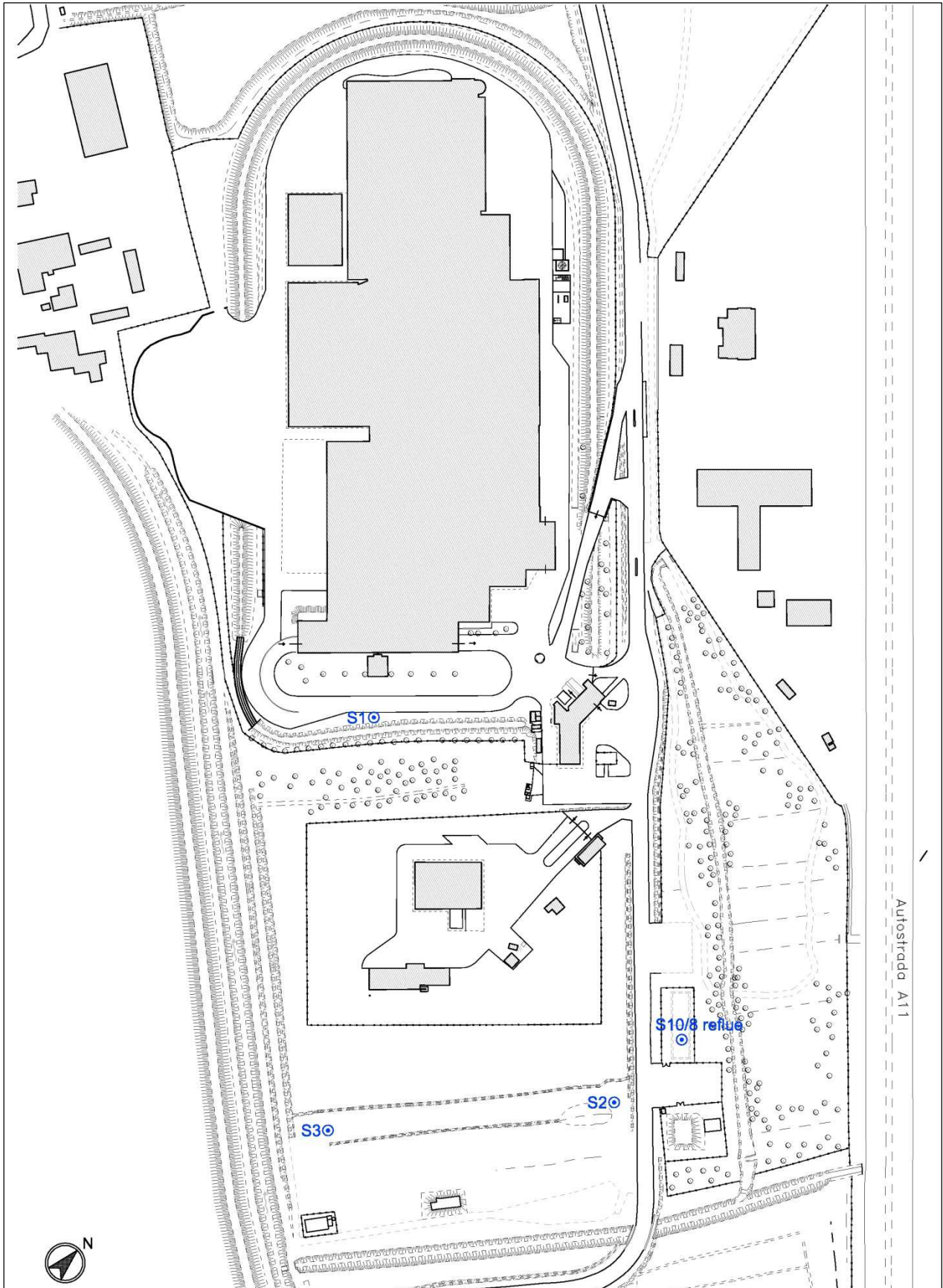



Figura 10 – Ubicazione dei sondaggi svolti



AREZZO - Via A. Grandi, 39 - Tel 0575.323644 - Fax 0575.23230  
info@soiltest.it www.soiltest.it

**Sondaggio: S1**

D.L.: Ing. Mori  
Lunghezza (m): 20  
Scala grafica: 1:200  
Inclinazione (°): 0.00

**Cantiere: loc. Case Passerini - Sesto Fiorentino (FI)**

**Committente: Quadrifoglio s.p.a.**

**Data inizio perforazione: 9-2-2004**

**Data fine perforazione: 10-2-2004**

Quota sul p.c.	Profondità (m)	Litologia	Descrizione litologica	Campioni	S.P.T.	Pocket Penetrometer (KPa)		Pocket Vane Test (KPa)		Piezometro
						200	400	50	150	
0.7			Argilla con limo debolm. sabbiosa, marrone e nocciola. (Terreno di riporto)			210		116		
			Limo con argilla e ghiaia, marrone scuro, con clasti Dmax 3 cm. (Terreno di riporto)	c.i. X	2.50 m	330		160		
			Argilla limosa, a tratti debolm. sabbiosa, marrone passante marrone scura con striat. grigie, consistente. Presenti rari passaggi debolm. ghiaiosi con clasti, Dmax 3 cm.	c.i. X	3-6-9	270		140		
5						260		124		
				c.i. X	6.00 m	170		92		
						270		140		
						290		136		
10				c.i. X	9.50 m	350		164		
						340		176		
						380		192		
12.4			Argilla con limo, debolm. sabbiosa, debolm. ghiaiosa e ghiaiosa fine, nocciola e marrone, da consistente a molto consistente, con clasti Dmax 3 cm (clasti 0-20%).	c.i. X	15.50 m	400		208		
14.0			Argilla limosa debolm. sabbiosa, nocciola con striat. grigie, grigia tra 15-17 m, da consistente a molto consistente, debolm. ghiaiosa nella parte bassa.		4-7-11	280		144		
15						350		176		
						370		164		
17.8			Argilla con limo, ghiaiosa e debolm. ghiaiosa, debolm. sabbiosa, nocciola e marrone, molto consistente, con clasti preval. calc. marnosi ed arenacei, alterati e molto alterati, Dmax 3 cm (clasti 0-30%)			450		228		
20										
25										
30										

Diametro perforazione (mm): 101      Diametro rivestimenti (mm): 127      Macchina perforatrice: Puntel px700

Metodo di perforazione: con aste e carotiere semplice a secco      Operatore: Sig. M. Pighetti

Note: al termine della perforazione nel foro di sondaggio è stato inserito un piezometro a tubo aperto, protetto p.c. da chiusino in ferro.      Geologo compilatore: D. Senesi

**Figura 11 – Sondaggio a carotaggio continuo S1 (2004)**



AREZZO - Via A. Grandi, 39 - Tel 0575.323644 - Fax 0575.232230  
info@soiltest.it www.soiltest.it

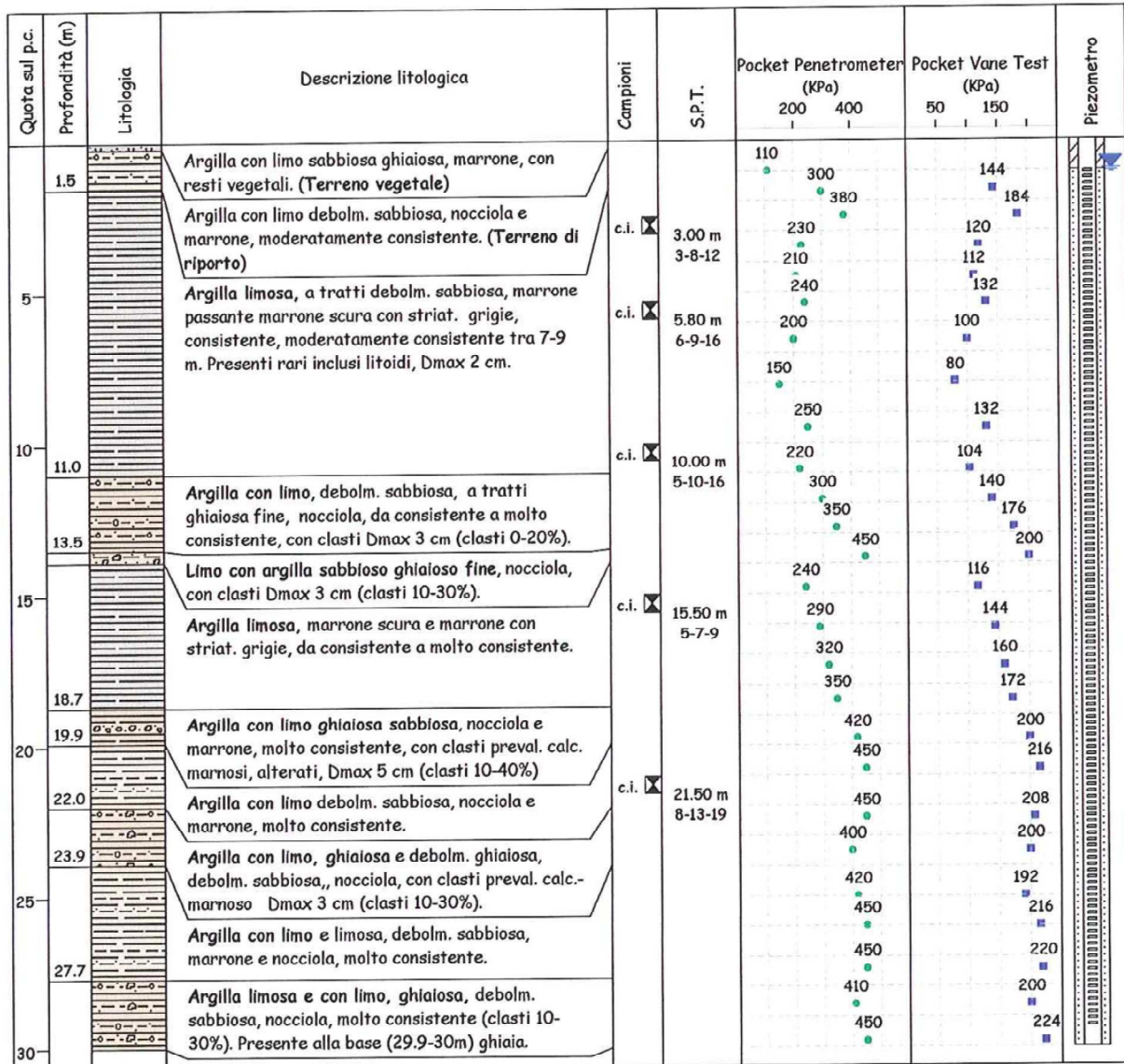
**Sondaggio: S2**

D.L.: Ing. Mori  
Lunghezza (m): 30  
Scala grafica: 1:200  
Inclinazione (°): 0.00

**Cantiere: loc. Case Passerini - Sesto Fiorentino (FI)**

**Committente: Quadrifoglio s.p.a.**

Data inizio perforazione: 4-2-2004  
Data fine perforazione: 5-2-2004



Diametro perforazione (mm): 101      Diametro rivestimenti (mm): 127      Macchina perforatrice: Puntel px700

Metodo di perforazione: con aste e carotiere semplice a secco      Operatore: Sig. M. Pighetti

Note: al termine della perforazione nel foro di sondaggio è stato inserito un piezometro a tubo aperto, protetto p.c. da chiusino in ferro.      Geologo compilatore: D. Senesi

Figura 12 – Sondaggio a carotaggio continuo S2 (2004)



AREZZO - Via A. Grandi,39 - Tel 0575.323644 - Fax 0575.23230  
 info@soiltest.it www.soiltest.it

**Sondaggio: S3**

D.L.: Ing. Mori

Lunghezza (m): 30

Scala grafica: 1:200

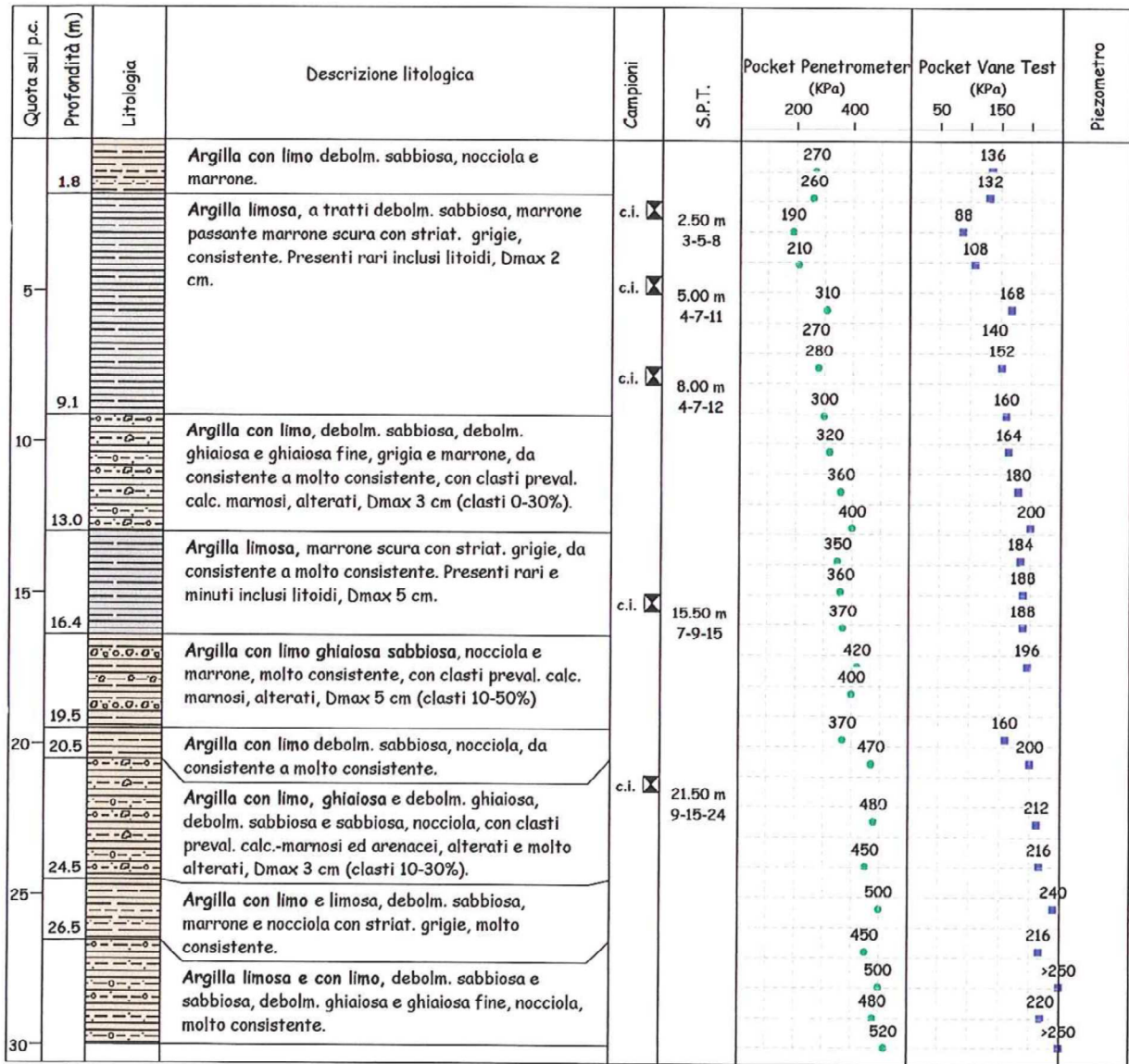
Inclinazione (°): 0.00

**Cantiere: loc. Case Passerini - Sesto Fiorentino (FI)**

**Committente: Quadrifoglio s.p.a.**

**Data inizio perforazione: 3-2-2004**

**Data fine perforazione: 4-2-2004**



Diametro perforazione (mm): 101	Diametro rivestimenti (mm): 127	Macchina perforatrice: Puntel px700
Metodo di perforazione: con aste e carotiere semplice a secco		Operatore: Sig. M. Pighetti
		Geologo compilatore: D. Senesi

Figura 13 – Sondaggio a carotaggio continuo S3 (2004)



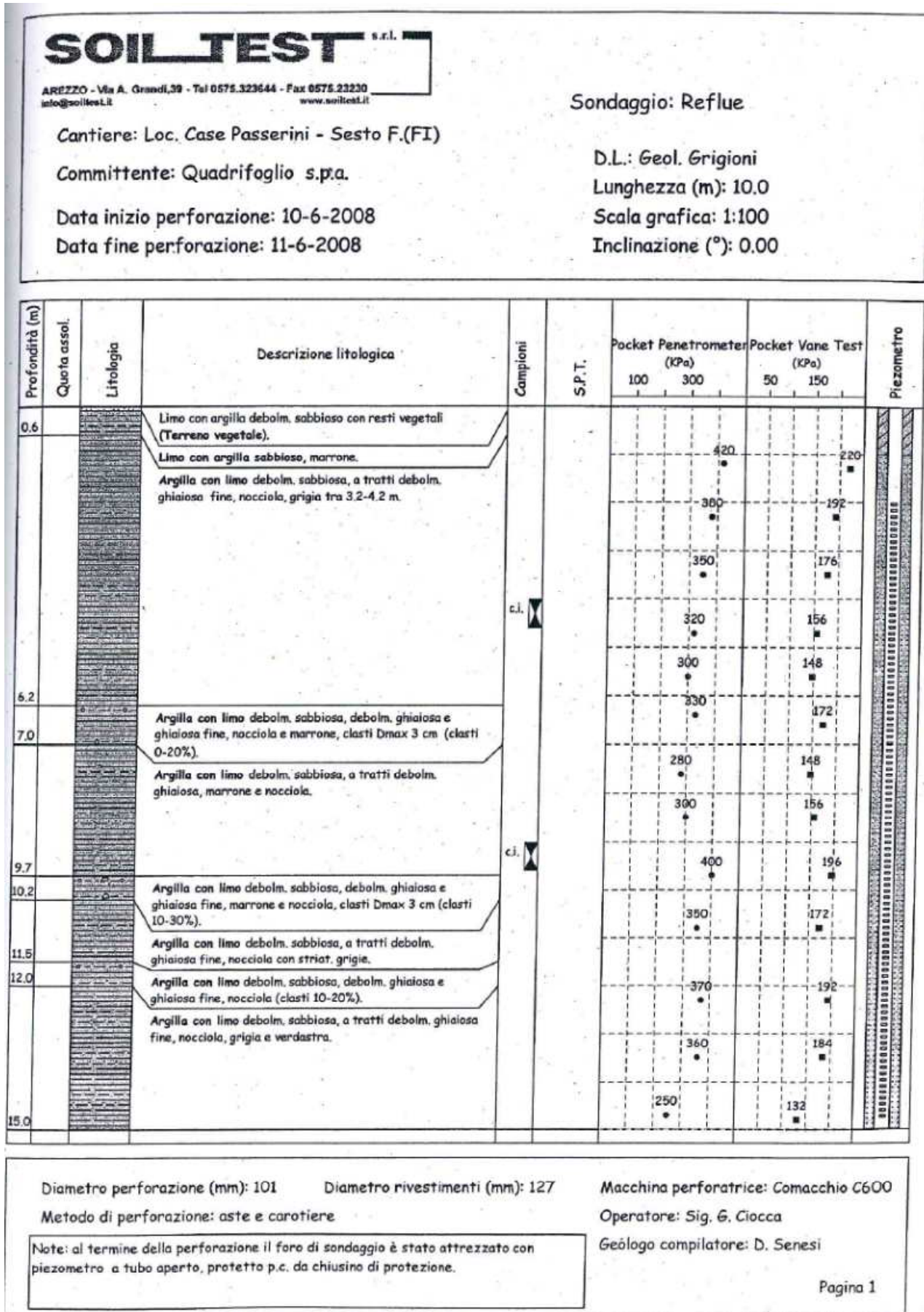


Figura 14 – Sondaggio a carotaggio continuo S1/08 reflue (2008)

I sondaggi evidenziano nel complesso la presenza, fino alla profondità di 30 m, di una sequenza di argilla con limo, sovra consolidata, debolmente sabbiosa, a luoghi debolmente ghiaiosa, di consistenza variabile da moderatamente consistente a molto consistente.

### 3.3. Caratteri idrogeologici di dettaglio

Per quanto riguarda le caratteristiche idrogeologiche dell'area del polo impiantistico, le conoscenze sono state effettuate sulla scorta dei *test in situ* e delle prove di laboratorio a suo tempo eseguite in occasione dei vari ampliamenti della discarica stessa, con misurazione della conducibilità idraulica in rapporto alla profondità cui si riferiscono ed alla situazione geologica in essere.

Ulteriori conoscenze, sono state acquisite con i sondaggi riportati in precedenza.

Sulla base della stratigrafia sopra illustrata, non risulta presente nell'area una vera e propria falda acquifera.

Le misurazioni sopra citate, hanno evidenziato la presenza di un livello più superficiale del banco argilloso, collocato entro i primi 3 metri dal p.c. ed a suo tempo evidenziato dalle indagini *in situ*, a minor grado di costipazione, con valori di conducibilità idraulica molto bassi che, se si prendono a riferimento i test Le Franc, lo identificano come un *acquitarzo*.

Si tratta, in definitiva, di un corpo sede soltanto di un mero livello di saturazione superficiale in cui non avviene una reale circolazione di liquidi essendo le componenti di moto orizzontali e verticali -queste ultime bloccate verso il basso dal sottostante *acquiclude*- pressoché trascurabili. Sarebbe improprio e fuorviante sia parlare di falda acquifera in questo livello, sia individuare una precisa direzione del flusso dei filetti liquidi, in quanto ciò presupporrebbe una maggiore trasmissività di acqua da una parte all'altra del mezzo poroso.

La rimanente porzione del potente livello argilloso, al di sotto dei suddetti primi 3 m dal piano campagna, a parte i livelli di ghiaie ove presenti, presenta un comportamento idrogeologico tipico degli *acquiclude*.

#### 4. Indagini svolte sul sito durante la gestione dell'impianto

L'impianto è dotato di un Piano di monitoraggio e controllo, al fine di garantire il corretto funzionamento dei trattamenti, il controllo degli eventuali impatti sulle componenti ambientali e la conformità dell'esercizio alle condizioni prescritte nell'Atto autorizzativo.

Esso definisce le modalità esecutive dei controlli da eseguire, in particolare prende in esame:

- le emissioni in aria;
- le emissioni in acqua (superficiali e sotterranee).

Per ogni componente del monitoraggio vengono stabiliti singoli parametri di tipo chimico fisico e biologico che sono, o specificatamente richiesti negli Atti autorizzativi, - oppure individuati in base alle lavorazioni effettuate e/o ai materiali utilizzati.

Le frequenze dei campionamenti per il monitoraggio sono quelle prescritte nell'Atto Autorizzativo, e comunque tali da rappresentare effettivamente l'emissione ed essere coerente con il processo cui si riferisce il campionamento.

Il monitoraggio viene eseguito in parte direttamente dal personale interno - compresi tecnici specializzati che operano nel laboratorio chimico -, ed in parte da personale di laboratori chimici esterni.

Tutti i risultati dei dati di monitoraggio e controllo sono conservati per un periodo di 5 anni.

Entro il 30 Aprile di ogni anno, Quadrifoglio trasmette alla Città Metropolitana ed ad ARPAT una sintesi dei risultati del Piano di Monitoraggio e Controllo raccolti nell'anno solare precedente, ed una relazione che evidenzia la conformità dell'esercizio dell'impianto alle condizioni prescritte nell'Autorizzazione.

L'impianto non ha emissioni dirette di acqua di processo, di lavorazione o di altra natura che possa avere avuto contatto con i rifiuti. Infatti, la rete fognaria che raccoglie tutte le acque dell'impianto le confluiscie alle vasche di accumulo interrate, per complessivi circa 1200 m<sup>3</sup>, e da qui inviate mediante apposita condotta in pressione all'impianto di trattamento presso la limitrofa discarica e/o conferite ad impianti di depurazione esterni.

Non vi è pertanto allaccio diretto alla rete fognaria pubblica.

Le acque meteoriche provenienti dai tetti e da parte della viabilità interna vengono invece raccolte tramite il circuito perimetrale delle acque meteoriche e, mediante un sistema di pompaggio, scaricate, attraverso un unico punto di immissione, nel reticolo dei fossi esterni delle acque superficiali.

Queste acque vengono monitorate con prelievi di tipo puntuale ed istantaneo, effettuati con cadenze quadrimestrali (come da Piano di monitoraggio e controllo), cercando di far coincidere il prelievo con i momenti di pioggia in modo da avere, nel momento stesso del prelievo, un effettivo scarico.

I parametri monitorati sono: pH, COD, Azoto Ammoniacale, Azoto Nitroso, Azoto Nitrico, Cloruri, Solfati, Cadmio, Nichel, Piombo, Cromo totale e Rame.

Si intendono come limiti di riferimento quelli previsti nella tabella 3 dell'Allegato 5 alla Parte terza (scarico in acque superficiali) del D. Lgs. 152/06.

Le acque sotterranee del sito vengono invece monitorate mediante prelievi effettuati al piezometro localizzato in prossimità della fossa rifiuti (individuato con "P" nella planimetria di figura 15).

I parametri monitorati, con frequenza bimestrale, sono: pH, potenziale Redox, Conducibilità, Ammoniaca, Nitrati, Nitriti, C.O.D., Solfati, Cloruri, Nichel, Cadmio, Cromo totale, Rame, Piombo e Zinco.

La scelta dei parametri da monitorare, come già detto, è stata fatta sia in base a quanto prescritto dall'atto autorizzativo, sia in base all'attività svolte presso l'impianto.

In particolare, azoto ammoniacale, COD e Cromo totale, dotati di notevole mobilità, che consente una loro tempestiva rintracciabilità, sono anche i più significativi e caratteristici per definire un eventuale inquinamento della matrice idrica da parte dei reflui provenienti dalle fosse rifiuti o dalle altre sezioni del reparto compostaggio.

Per i succitati parametri sono stati individuati, come riportati nel Piano di monitoraggio e controllo, i valori di guardia indicati nella tabella seguente, il cui superamento attiva la procedura di controllo interna descritta nel Piano di monitoraggio e controllo.

<b>PARAMETRO</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Concentrazione Soglia di Contaminazione (CSC)</b>	<b>Valori di guardia</b>
<b>PH</b>	<b>un. pH</b>	(1)	
<b>Potenziale Redox</b>	<b>mV</b>	(1)	
<b>Conducibilità</b>	<b>µS/cm 20°C</b>	(1)	
<b>Ammoniaca</b>	<b>mg/l N-NH<sub>4</sub></b>	(1)	5
<b>Nitrati</b>	<b>mg/l N-NO<sub>3</sub></b>	(1)	
<b>Nitriti</b>	<b>mg/l N-NO<sub>2</sub></b>	0,5	
<b>C.O.D.</b>	<b>mg/l O<sub>2</sub></b>	(1)	60
<b>Solfati</b>	<b>mg/l SO<sub>4</sub></b>	250	
<b>Cloruri</b>	<b>mg/l Cl</b>	(1)	
<b>Nichel</b>	<b>mg/l Ni</b>	0,02	
<b>Cadmio</b>	<b>mg/l Cd</b>	0,005	
<b>Cromo totale</b>	<b>mg/l Cr</b>	0,05	
<b>Rame</b>	<b>mg/l Cu</b>	1	
<b>Piombo</b>	<b>mg/l Pb</b>	0,02	
<b>Zinco</b>	<b>mg/l Zn</b>	3	

(1) -limiti non previsti dalla tab.2 allegato 5 Titolo V del D. Lgs. 152/2006

**Tabella 1 – Limiti delle concentrazioni soglia di contaminazione per il monitoraggio delle acque sotterranee**

Tutti i parametri succitati saranno quelli verificati anche nel corso delle indagini per l'attuazione del Piano di investigazione.

Nei vari di anni di esercizio dell'impianto, i suddetti controlli, non hanno comunque mai evidenziato la presenza di inquinamento indotto dalle attività dell'impianto sulle componenti ambientali indagate: acque superficiali e sotterranee.

Si riportano di seguito, a titolo esemplificativo, i risultati delle analisi svolte nell'anno 2013 e 2014.

Data	Num. Analisi	T °C	pH	R.dox mV	Cond. uS/cm	COD mg/l O <sub>2</sub>	Ammon. mg/l N	Nitrati mg/l N	Nitriti mg/l N	Cloruri mg/l	Solfati mg/l	Cd mg/l	Cr mg/l	Cu mg/l	Pb mg/l	Ni mg/l	Zn mg/l
07-02-13	575	16	7,00	150	2100	15,0	0,0	0,2	0,00	210	380	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
04-04	1401	16	6,90	140	1400	20,0	0,0	0,2	0,00	85	240	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,10
06-06	2325	16	7,10	100	1480	21,0	0,0	0,7	0,00	87	310	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,10
08-08	3288	17	7,20	100	2600	21,0	0,0	0,0	0,00	425	677	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,10
03-10	4070	17	7,00	200	4000	26,0	0,0	0,2	0,00	620	750	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,10
04-12-13	4887	16	7,50	100	1450	19,0	0,0	0,1	0,00	95	270	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,10
06-02-14	532	16	7,50	105	1300	22,0	0,0	0,1	0,00	62	180	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000	0,10
03-04	1371	17	7,40	90	1580	24,0	0,0	0,1	0,00	112	260	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,10
05-06	2279	18	7,40	170	1510	21,0	0,0	0,1	0,00	100	315	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,10
07-08	3020	18	7,40	120	940	22,0	0,0	0,3	0,00	45	160	0,000	0,000	0,007	0,000	0,010	0,40
02-10	3751	17	7,20	95	1050	23,0	0,0	0,0	0,00	60	150	0,000	0,000	0,009	0,000	0,014	0,00

**Tabella 2 – Risultati dei monitoraggi svolti per le acque sotterranee – anno 2013-2014**

## 5. Formulazione del modello concettuale preliminare

Il modello concettuale esplicita i legami tra le diversi componenti:

- sorgenti di contaminazione
- percorsi di migrazione
- bersagli

permettendo di valutare la presenza di condizioni di rischio per la salute umana e per l'ambiente come conseguenza di un eventuale fenomeno di inquinamento.

Nel successivo paragrafo 6 sarà dettagliato il *piano di indagini* che si intende effettuare ai fini della caratterizzazione del sito.

Dal confronto tra i risultati delle indagini analitiche previste nel paragrafo 6, con le CSC delle tab. 1 e 2 dell'Allegato 5 Titolo V Parte IV del D. Lgs.152/06, potranno verificarsi due possibili ipotesi:

- non si verificano superamenti delle CSC e quindi l'area non risulterà inquinata;
- si verificheranno superamenti delle CSC per uno o più parametri in una o più posizioni; in tal caso saranno proposti all'Ente preposto gli approfondimenti del caso e le eventuali attività conseguenti.

### 5.1. Sorgenti di contaminazione

In relazione alle attività svolte presso il sito, descritte nel paragrafo 2.3, è possibile individuare in via preliminare le potenziali sorgenti di contaminazione primarie e secondarie, dalle quali i contaminanti possono poi migrare verso i bersagli.

Le potenziali sorgenti primarie –sorgenti dalle quali si può determinare un rilascio nell'ambiente, suolo, sottosuolo e acque sotterranee- sono individuabili:

- nello fosse di stoccaggio rifiuti;
- nelle aree/piazzole di stoccaggio dei rifiuti e materiali;
- nel biofiltro;
- nel reparto di biossidazione accelerata in biocelle;
- nei serbatoi interrati di stoccaggio delle acque reflue;
- nella rete fognaria dell'impianto;

dislocate nel complesso impiantistico come rappresentato nelle precedenti figure 3, 4 e 5.

Le sorgenti secondarie di rilascio sono invece costituite dalle matrici ambientali contaminate e quindi, in generale, sono costituite dal suolo superficiale e profondo, dalle acque sotterranee e da quelle superficiali.

Gli esiti dei monitoraggi ambientali svolti nel corso della normale gestione dell'impianto non hanno evidenziato la presenza di contaminazioni nelle acque sotterranee e nelle acque superficiali da parte delle attività impiantistiche effettuate.

Mentre non si hanno a disposizione significative campagne di investigazione per quanto riguarda il suolo ed il sottosuolo.

Ad oggi, escludiamo la presenza di una sorgente secondaria di contaminazione potenzialmente attiva - costituita dalle acque sotterranee e superficiali - non essendo emersa la presenza di contaminanti in fase disciolta.

Mentre niente si può seriamente e preliminarmente concludere per quanto riguarda il suolo ed il sottosuolo.

Si evidenzia altresì che con la realizzazione del limitrofo impianto di termovalorizzazione saranno disponibili elementi valutativi recenti, che potranno integrare quanto qui affermato, consentendo considerazioni anche per quanto riguarda la matrice suolo.

L'estensione e l'entità di un'eventuale contaminazione nel suolo, superficiale e profondo, ad oggi potranno essere definite a seguito dei risultati del *piano di indagini*.

Così come per le acque superficiali e sotterranee, a seguito del suddetto piano, sarà confermata o meno l'assenza di inquinamento, come risulta dai monitoraggi fino ad oggi svolti.

Prima dall'inizio delle operazioni connesse al *piano di indagini*, tutti i rifiuti presenti dovranno essere rimossi, così da eliminare qualsiasi ulteriore potenziale sorgente di contaminazione, successiva alla cessazione della attività.

## 5.2. Percorsi di migrazione

I percorsi di migrazione sono i meccanismi con cui un contaminante viene trasportato dalla sorgente verso il bersaglio (sia esso umano o ambientale).

Considerando la carenza di informazioni a disposizione su alcune matrici ambientali, non è possibile individuare in via preliminare i meccanismi di trasporto e delle vie di esposizione. Si possono comunque ipotizzare, in via preliminare, dei potenziali percorsi di migrazione e di vie di esposizione.

I risultati delle future indagini permetteranno poi di confermare o meno tali percorsi.

I potenziali percorsi di migrazione sono individuati, in linea generale, nei seguenti:

- per corrosione eolica e dispersione in atmosfera, dal suolo superficiale;
- per volatilizzazione ed accumulo in atmosfera od in luoghi confinati, dal suolo superficiale e profondo;
- per percolazione e trasporto in soluzione nelle acque sotterranee, dal suolo superficiale e profondo o dalle acque sotterranee stesse;

e quindi, le potenziali vie di esposizione sarebbero individuabili in:

- nel terreno, per contatto dermico od ingestione;

- nell'atmosfera, per inalazione di polveri o vapori;
- nelle acque sotterranee, per contatto dermico od ingestione.

Considerando la tipologia di lavorazioni svolte presso l'impianto, e che le lavorazioni sono effettuate o all'interno di capannoni chiusi, o sulla piazzola sud all'aperto, ma comunque in aree dotate di pavimentazione impermeabile e di raccolta delle acque, l'eventuale contaminazione della falda e del suolo causata da infiltrazione di acque di processo o meteoriche venute a contatto con i rifiuti è da ritenersi assai poco probabile.

Così come, per la tipologia di rifiuto stoccata all'aperto (materiale vegetale), si può ritenere improbabile una contaminazione delle acque meteoriche dilavanti i cumuli di materiali stoccati.

In via preliminare, con i dati ad oggi a disposizione, si può quindi ipotizzare che la via di migrazione eventualmente probabile meno remota sia quella legata alla contaminazione di suolo e quindi delle acque di falda per perdite di acque reflue dalle vasche interrato o di acque di percolazione dalle fosse stoccaggio rifiuti, con conseguente via di esposizione legata all'uso delle acque sotterranee.

### 5.3. Bersagli

Potenziati bersagli, umani od ambientali, eventualmente raggiungibili dagli inquinanti, sono rappresentati:

- ♦ dagli eventuali utilizzatori dell'acqua di falda profonda
- ♦ dalla falda sotterranea *in situ*.



## 6. Piano di investigazione

### 6.1. Suolo e sottosuolo

Per la conferma della caratterizzazione –geologica, idrogeologica e chimica- dell’area su cui sorge l’impianto di selezione e compostaggio, sarà necessaria la realizzazione di indagini mirate alla definizione di tutte le caratteristiche e le particolarità geologiche e idrogeologiche, nonché delle peculiarità fisiche e chimiche dei terreni presenti nel sottosuolo.

Sulla scorta della storia del sito, in base alle estensioni e dimensioni dell’area di studio, di superficie stimabile in circa 18.000 m<sup>2</sup>, delle notizie storiche ricavate e dello stato attuale dei luoghi, la scelta della localizzazione dei punti di indagine è stata effettuata applicando un criterio di natura ragionata (“*ubicazione ragionata*” come definito nell’Allegato 2 al Titolo V Parte Quarta del D. Lgs. 152/2006), che permetta di caratterizzare i “punti critici” dell’area.

#### 6.1.1. Investigazione geologica

Considerando che non è presente una falda superficiale –come detto in precedenza vi è la presenza di un *acquitarzo*- e che la prima falda è collocata oltre i 30,00 m dal piano campagna, separata dalla superficie da uno strato a prevalente litologia argillosa; si pianifica di realizzare, per una migliore comprensione delle caratteristiche fisiche e chimiche dei terreni presenti nel sottosuolo, n. 12 sondaggi a carotaggio continuo (da S1 a S12), ubicati all’interno dell’area in esame come indicato nella figura seguente.

Più precisamente, i sondaggi da S1 a S11 saranno realizzati nelle aree interessate dalle lavorazioni sui rifiuti, l’S12 invece in area su cui non sono mai state svolte lavorazioni:

- S1: piazzola sud, in cui sono effettuate parte delle lavorazioni (scarico, stoccaggio, triturazione e maturazione) per la produzione dell’ammendante compostato verde;
- S2: piazzola sud, vagliatura e stoccaggio dell’ammendante compostato verde;
- S3: reparto maturazione per la produzione dell’ammendante compostato misto;
- S4: biofiltro;
- S5: fossa rifiuti;
- S6: area di scarico dei rifiuti organici da raccolta differenziata;
- S7: reparto stoccaggio;
- S8: reparto di biossidazione accelerata in biocella;
- S9: area pozzetti di accumulo e rilancio delle acque reflue ai serbatoi interrati;
- S10: viabilità con presenza di sottostante fognatura;
- S11: serbatoi interrati di accumulo delle acque reflue per il successivo avvio ad impianti di depurazione;
- S12: area su cui non sono mai state svolte lavorazioni.

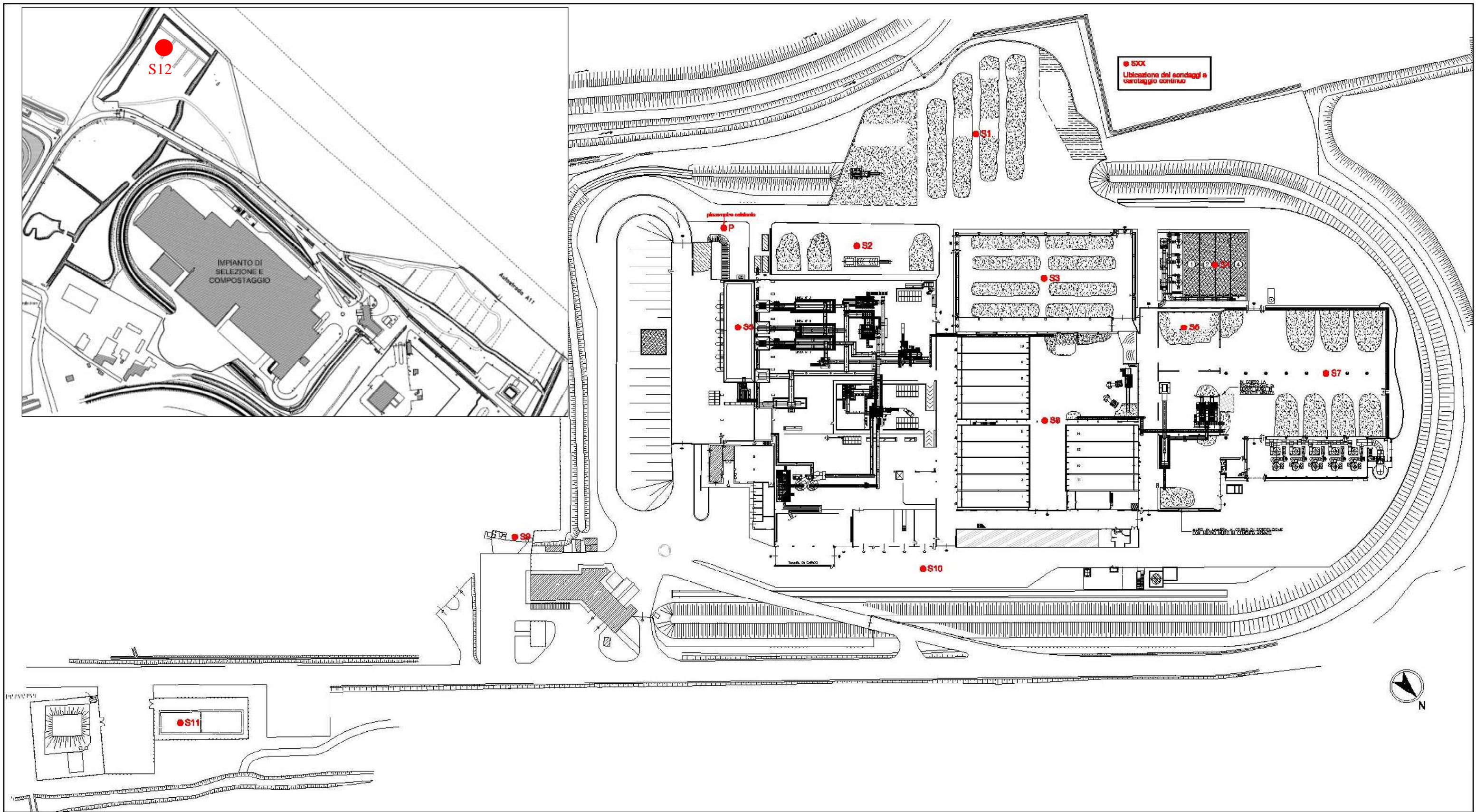


Figura 15 – Ubicazione dei sondaggi del Piano di indagine

I sondaggi saranno spinti fino alla profondità di circa 15 m, cioè all'interno del banco di argilla con comportamento idrogeologico di un *acquicluda*, fatta eccezione per i sondaggi S1, S8, S9 e S11, che invece saranno spinti fino alla profondità di 30 m, fino al raggiungimento cioè della quota presunta di falda, se ivi presente, ed intercettata, e saranno attrezzati a piezometri.

Infatti, pur non essendo presente una falda vera e propria - almeno fino alla profondità di 30,00 m - sarà però in tal modo possibile verificare la qualità delle acque di permeazione del terreno.

Sarà inoltre effettuato anche un sondaggio (S12) nell'area a verde a Nord-Ovest dell'impianto, a monte rispetto alla direzione di falda e in una zona dove non risultano esserci state attività produttive, che quindi potrà costituire il *bianco*, ai fini della valutazione dell'eventuale contaminazione dei luoghi.

Le carote dei terreni estratti durante l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo saranno debitamente alloggiate in cassette catalogatrici, fotografate ed utilizzate per il campionamento e l'analisi di matrice solida.

Pertanto il programma prevederà la realizzazione di:

- a) n. 11 sondaggi a carotaggio continuo da eseguirsi a secco con sonda a rotazione fino al raggiungimento della falda o dello strato di argilla, da ciascuno dai quali saranno prelevati al minimo n. 3 campioni di matrice solida da sottoporre ad analisi chimiche, salvo diversa indicazione a seguito dell'analisi visuale.
- b) n. 1 sondaggio definito *bianco* da eseguirsi con le stesse modalità indicate al punto precedente.

I lavori di campagna verranno eseguiti con la costante supervisione del personale della struttura incaricata dei sondaggi, la quale si occuperà della gestione delle carote e della definizione stratigrafica del terreno per ogni singolo punto di indagine.

### **6.1.2. Modalità esecutive dei sondaggi in profondità**

I sondaggi verticali a carotaggio continuo verranno eseguiti con sistema tradizionale ad aste, per mezzo di una sonda a rotazione idraulica equipaggiata con gli accessori idonei e necessari a svolgere correttamente l'indagine.

Tali perforazioni si realizzeranno preferibilmente a secco utilizzando come utensile di perforazione un carotiere semplice con corona diamantata o dotata di inserti in *widia* del diametro di 101 mm, utilizzando acqua come fluido di circolazione solo nel caso in cui venissero incontrati terreni cementati od elementi litoidi grossolani.

Laddove necessario, verrà anche installata una tubazione metallica di rivestimento del diametro di 127 mm.

Il materiale prelevato verrà posto in apposite cassette catalogatrici a tenuta, costituite da cinque scomparti di 1,0 m ciascuno. Su ogni cassetta verranno indicati i seguenti dati:

- cantiere;
- committente
- tipo e numero del sondaggio
- profondità del sondaggio
- data di inizio e fine sondaggio.

Personale della struttura incaricata dei sondaggi effettuerà la compilazione del *modulo stratigrafico* e l'archiviazione fotografica delle cassette catalogatrici.

Tutte le osservazioni desunte dalle carote recuperate dal sondaggio e depositate nelle cassette catalogatrici verranno raccolte nel suddetto modulo stratigrafico.

L'esame dei materiali del sondaggio comporterà l'identificazione della successione stratigrafica secondo intervalli macroscopicamente omogenei, cioè costituiti o da un tipo di terreno o da alternanze più o meno regolari di terreni differenti. Definita la successione degli strati verrà redatta una descrizione dei terreni incontrati.

Tale caratterizzazione prevederà la descrizione delle seguenti informazioni:

- definizione della natura del terreno del materiale predominante
- definizione dei materiali subordinati
- colore
- consistenza (per i terreni coesivi)
- addensamento (per i materiali granulari)
- eventuali strutture
- ossidazione
- eventuale presenza di strutture subordinate e/o presenza di torba o fossili.

I fori relativi ai sondaggi non attrezzati a piezometro (S2, S3, S4, S5, S6, S7, S10), saranno richiusi procedendo al relativo riempimento.

### **6.1.3. Modalità di campionamento dei terreni per le analisi chimiche**

Per il prelievo dei campioni sarà applicata la metodica indicata nell'Allegato 2 al Titolo V della Parte IV del D. Lgs. 152/2006 "*Criteri generali per la caratterizzazione dei siti contaminati*".

Dalle *carote* estratte dai 12 sondaggi saranno prelevati almeno 3 campioni di matrice solida da sottoporre ad analisi chimiche di caratterizzazione.

Il numero di campioni per ciascun carotaggio sarà comunque condizionato dall'analisi visuale delle carote stesse.

Di questi:

- ◆ un campione sarà rappresentativo del primo metro dal piano campagna;
- ◆ un secondo sarà rappresentativo del metro di terreno in corrispondenza della frangia capillare;

- ◆ un terzo rappresentativo di uno spessore di un metro di terreno intermedio alle precedenti due quote.

Ogni campione sarà vagliato sul posto con setaccio con maglie di 2 cm, il trattenuto scartato, ed il passante, omogeneizzato per mescolamento manuale, sarà utilizzato per il confezionamento di 2 aliquote di 1 kg circa ciascuna, che saranno poste in barattoli di vetro identificati con una etichetta che riporterà:

- sigla identificativa del carotaggio
- data del carotaggio
- profondità
- data di campionamento
- firma di chi effettua il prelievo.

Delle due aliquote, una sarà consegnata al laboratorio per le analisi e l'altra sarà per archivio – conservata con modalità appropriate e opportunamente sigillata- a disposizione dell'ente di controllo.

Le determinazioni analitiche in laboratorio saranno condotte sul passante al vaglio di 2 mm.

Una piccola porzione di terreno ( $\cong 1$  g) sarà inoltre inserita in *vials* pronti per l'analisi con tecnica *purge and trap* per il parametro "Idrocarburi C<12" (vedi par. 6.1.4) e dei composti organici volatili.

Dell'attività di campionamento sarà predisposto un *verbale* con la descrizione delle operazioni svolte.

#### **6.1.4. Analisi chimiche da eseguire e metodiche di riferimento**

Su ciascun campione di terreno saranno effettuate le seguenti determinazioni analitiche:

- pH
- umidità
- scheletro
- Antimonio
- Arsenico
- Berillio
- Cadmio
- Cobalto
- Cromo totale
- Cromo VI
- Mercurio
- Nichel
- Piombo
- Rame
- Selenio
- Stagno

- Tallio
- Vanadio
- Zinco
- Idrocarburi leggeri C > 12
- Idrocarburi pesanti C < 12
- Solventi aromatici
- Solventi clorurati.

Se si verificheranno superamenti della CSC per gli idrocarburi C>12, sarà eseguita anche la determinazione degli IPA (pirene, benzoantracene, crisene, benzofluorantene, benzopirene, indenopirene, dibenzoantracene, benzoperilene, dibenzopirene).

Le metodiche analitiche utilizzate saranno:

- contenuto di acqua (metodo di riferimento: DM 13/09/99 Met. 11.2);
- scheletro (metodo di riferimento: DM 13/09/99 Met. II.1);
- pH (metodo di riferimento: IRSA CNR-64 vol.3 met.1);
- metalli (metodo di riferimento: EPA 3051; EPA 6010 C);
- idrocarburi pesanti C > 12 (metodi di riferimento: ISO 16703/04);
- idrocarburi pesanti C < 12 (metodi di riferimento: EPA 5035A/02 e EPA 8015D/03);
- solventi (metodi di riferimento: EPA 5035A/02 e EPA 8260C/06);
- Idrocarburi policiclici aromatici IPA, se necessaria (metodi di riferimento: EPA 3546:2007; EPA 3630C:1996; EPA 8270D:2007).

I risultati delle analisi sui terreni saranno confrontati con i valori delle CSC riportati nella Tabella 1 Colonna B dell'Allegato 5 al Titolo V della Parte Quarta del D. Lgs. 152/06, per la valutazione della contaminazione (vedi paragrafo 5).

## **6.2. Acque di falda e superficiali**

### **6.2.1. Investigazione geologica**

Come descritto al paragrafo 6.1.1, sull'area in esame saranno eseguiti 12 sondaggi a carotaggio continuo.

I sondaggi S1, S8, S9 e S11 - di cui l'S1 posto a valle dell'impianto secondo la direzione principale di deflusso delle acque sotterranee - saranno, come già detto, spinti fino a raggiungere presumibilmente la falda alla profondità di 30 m ed al suo interno saranno installate postazioni per il rilevamento piezometrico, al fine di eseguire dei campionamenti per gli studi di definizione e monitoraggio chimico delle acque di permeazione del terreno (o di falda).

Pertanto il programma di investigazione prevede la realizzazione di quattro piezometri a tubo aperto nel foro allargato dei sondaggi geognostici S1, S8, S9 e S11.

I lavori di campagna verranno eseguiti con la costante supervisione del personale della struttura incaricata dei sondaggi, la quale si occuperà anche della campagna di monitoraggio piezometrico che verrà condotta a seguito dell'installazione dei piezometri.

Ai fini della verifica della qualità dell'acqua sarà utilizzato per il campionamento anche il piezometro esistente (P), avente profondità di 10 m, posto in prossimità della fossa rifiuti, utilizzato durante la fase di gestione dell'impianto per il monitoraggio delle acque sotterranee.

Per quanto riguarda l'iter cronologico delle indagini si prevede che queste verranno realizzate secondo la seguente tempistica:

- 1) installazione di n. 4 piezometri a tubo aperto come sopra descritto, penetranti entro lo strato di argilla fino a raggiungere presumibilmente la prima falda;
- 2) esecuzione dello spurgo delle acque dei piezometri, compreso quello esistente, e successivo campionamento di un campione matrice liquida di un volume idoneo da sottoporre a specifiche analisi chimiche di caratterizzazione.

#### **6.2.1.1. Posa in opera di canna piezometrica a tubo aperto**

I sondaggi succitati, verranno riperforati portando il diametro del foro da 101 mm a 200 mm ed attrezzati con tubo in PVC (del diametro opportuno, circa 114 mm esterno, 103,40 mm interno), opportunamente microfessurato (luce delle fessure pari a 0,5 mm) e finestrato in corrispondenza della falda da monitorare.

Il tubo della lunghezza pari alla profondità del sondaggio, sarà formato da barre di 3,0 m, opportunamente giuntate fra loro, del diametro esterno di circa di 114 mm, al fine di consentire il prelievo di campioni di acque su cui eseguire analisi chimiche.

La fessurazione ed il rivestimento delle fessure stesse potranno variare a seconda delle necessità; tuttavia si precisa che il tratto finestrato interesserà solamente il primo acquifero che verrà incontrato nel sottosuolo durante l'esecuzione delle perforazioni.

Non avendo a disposizione in questa fase preliminare un preciso riscontro dell'effettiva quota della falda, non è possibile prevedere, allo stato attuale, la profondità di collocamento dei filtri, che sarà compiutamente definita solamente in fase di esecuzione della perforazione.

L'installazione esecutiva delle postazioni piezometriche seguirà le seguenti modalità:

- lavaggio del foro con acqua pulita al termine della perforazione;
- messa in opera del tubo piezometrico fino a fondo foro (curando che questo rimanga il più possibile centrato), mediante l'inserimento progressivo dei successivi spezzoni di tubazione, e del tratto finestrato (filtro) in corrispondenza dell'acquifero intercettato;
- sigillatura delle giunture dei tubi con teflon, facendo attenzione a non forzare eccessivamente l'avvitamento dei manicotti filettati per evitare qualsiasi deformazione delle estremità dei tubi, che potrebbero generare difficoltà nel passaggio della sonda freaticometrica per le successive misure;

- formazione del massetto drenante mediante posa in opera di sabbia grossolana e/o ghiaietto selezionato per dreni di idonee dimensioni, riempiendo l'intercapedine fra tubazione e preforo fino a circa – 2 m da p.c. (quota prevista per l'esecuzione della cementazione). I tubi di rivestimento metallico provvisorio eventualmente inseriti verranno estratti contemporaneamente alla messa in opera del dreno facendo particolare attenzione affinché il tubo piezometrico non risalga assieme ai tubi scoprendo un tratto del foro;
- esecuzione della cementazione della sommità del piezometro di spessore pari a circa 2 m, mediante posa di miscela acqua-cemento (nel rapporto 1:2 in peso);
- controllo e “spurgo” del piezometro mediante pompaggio di acqua a bassa pressione all'interno del tubo fino a che l'acqua in uscita non risulti completamente chiarificata;
- installazione di idoneo pozzetto munito di coperchio e lucchetto.

## **6.2.2. Investigazione chimica**

### **6.2.2.1. Modalità di campionamento delle acque**

Per il prelievo dei campioni sarà applicata la metodica “*Campionamento di acque*”, basata sui principi del manuale APAT CNR IRSA “*Metodi analitici per le acque*” ed. 2003.

Dai piezometri di monitoraggio sarà spurgata, facendo uso di una elettropompa sommersa calata fino a due metri circa dal fondo del piezometro, una quantità di acqua pari ad almeno tre volumi d'acqua contenuta all'interno del piezometro, prima di procedere alla raccolta del campione.

### **6.2.2.2. Analisi da eseguire e metodiche di riferimento**

Su ciascun campione di acqua saranno determinati i seguenti parametri, analogamente a quanto monitorato durante la gestione dell'impianto e previsto nel Piano di monitoraggio e controllo:

- pH
- potenziale Redox
- Conducibilità
- Ammoniaca
- Nitrati
- Nitriti
- COD
- Solfati
- Cloruri
- Nichel
- Cadmio
- Cromo totale
- Rame
- Piombo
- Zinco



Le metodiche analitiche utilizzate saranno:

- pH: APAT 2060
- potenziale Redox: ELETTROMETRIA
- Conducibilità: APAT 2030
- Ammoniaca: APAT 4030
- Nitrati: APAT 4020
- Nitriti: APAT 4020
- COD: APAT 5130
- Solfati: APAT 4020
- Cloruri: APAT 4020
- Nichel: APAT 3020
- Cadmio: APAT 3020
- Cromo totale: APAT 3020
- Rame: APAT 3020
- Piombo: APAT 3020
- Zinco: APAT 3020.

I risultati delle analisi sulle acque saranno confrontati con i valori delle CSC riportati nella Tabella 2 dell'Allegato 5 al Titolo V della Parte Quarta del D. Lgs. 152/06, per la valutazione della eventuale contaminazione.

### **6.2.2.3. Modalità di formazione e pre-trattamento dei campioni di acqua per l'analisi**

In ogni piezometro sarà misurata la profondità della falda prima dello spurgo ed il campione di matrice liquida da sottoporre a specifiche analisi chimiche di caratterizzazione sarà campionato dopo almeno 24 ore dallo spurgo, dopo il raggiungimento di una quota piezometrica costante o di portata costante.

Le acque derivanti dallo spurgo, effettuato con pompa sommersa per un tempo sufficiente a garantire un ricambio pari a almeno tre volumi di acqua, saranno raccolte e smaltite.

Ove non esista un'alimentazione rilevante, il piezometro sarà spurgato fino a rimanere a secco ed il campionamento sarà fatto dopo 96 ore.

Ogni campione sarà suddiviso in due aliquote, una sarà consegnata al laboratorio per le analisi ed una sarà per archivio –conservata con modalità appropriate e opportunamente sigillata- a disposizione dell'ente di controllo.

Ad ogni campione sarà applicata una etichetta adesiva che conterrà le seguenti informazioni:

- sigla identificativa del carotaggio o piezometro
- livello della falda
- data di campionamento
- firma di chi effettua il prelievo.

I campioni saranno portati il più rapidamente possibile al laboratorio e trasportati in borsa termica, per limitare la degradazione termica o la perdita di componenti volatili.

Dell'attività di campionamento sarà predisposto un *verbale* con la descrizione delle operazioni svolte.

### 6.3. Accettazione dei campioni

L'accettazione dei campioni avverrà in laboratorio.

Il personale addetto, verificato lo stato di conservazione dei campioni e la corretta compilazione del verbale di campionamento, registrerà i campioni su un modulo di ingresso, assegnerà ad ogni campione un numero identificativo e inserirà i dati su supporto informatico.

Eventuali anomalie saranno annotate sul modulo di ingresso.

Se un campione sarà ritenuto *non conforme*, questo sarà accettato con riserva ed il Professionista deciderà di accettarlo o di ripetere il campionamento, previa comunicazione all'organo di controllo.

### 6.4. Definizione dei parametri sito-specifici di carattere geologico ed idrogeologico

A seguito della redazione, approvazione ed esecuzione del Piano di Caratterizzazione e della elaborazione dei risultati dello stesso, qualora si evidenziassero superamenti delle CSC in alcuni campioni di matrice solida e/o liquida sottoposti ad analisi chimica, sarà necessario procedere con l'elaborazione di un'*Analisi del Rischio igienico-sanitaria e ambientale sito specifica* ai sensi del D.Lgs. 152/06 - Parte IV - Titolo V - Allegato 1 e secondo i Criteri generali per l'analisi di rischio sanitario ambientale sito-specifica ivi specificati, finalizzata a determinare lo stato o meno di contaminazione sulla base delle concentrazioni soglia di rischio (CSR) calcolate, che identificano i livelli di contaminazione residua accettabili, sui quali impostare gli interventi di messa in sicurezza e/o bonifica.

Per quanto riguarda il processo di analisi di rischio, dovranno essere parametrizzate le seguenti componenti: contaminanti indice, sorgenti, vie e modalità di esposizione, ricettori finali.

Al fine di definire le vie di esposizione, cioè i percorsi mediante i quali il potenziale bersaglio entra in contatto con le sostanze inquinanti sia per via diretta che per via indiretta, dovranno necessariamente essere definiti i parametri fisici caratteristici *sito-specifici*, da introdurre nei calcoli analitici per la stima e il calcolo dei fattori di trasporto, per i comparti ambientali coinvolti:

- suolo superficiale (compreso fra piano campagna ed un metro di profondità)
- suolo profondo (compreso fra la base del suolo superficiale e la massima profondità indagata)
- aria outdoor (porzione di ambiente aperto dove si possono avere evaporazioni di sostanze inquinanti provenienti dai livelli più superficiali)
- aria indoor (eventuali porzioni di ambiente confinata in ambienti chiusi)

- acqua sotterranea (falda superficiale e/o profonda).

L'individuazione dei parametri caratteristici del sito dovrà essere definita in base a quanto riportato nei *Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati Revisione 2* del Marzo 2008 definiti da APAT.

In particolare, i suddetti criteri per quanto riguarda il comparto ambientale di carattere geologico prevedono la definizione *sito-specifica* dei parametri del terreno relativi sia alla zona insatura che alla zona satura di suolo, definite rispettivamente come lo spessore di terreno tra la superficie di campagna e la frangia capillare e come il terreno tra la quota della frangia capillare e il sottostante strato impermeabile. Inoltre la zona insatura viene a sua volta suddivisa in suolo superficiale (SS), compreso tra 0,0 e 1,0 m di profondità dal p.c. e suolo profondo (SP), con profondità maggiore di 1,0 m dal p.c..

L'individuazione di suddetti parametri caratteristici del sito dovrà basarsi, per quanto possibile e disponibile, su misure dirette effettuate nel sito in esame.

I parametri di carattere geologico e idrogeologico che verranno determinati al fine del calcolo dell'*Analisi di Rischio sito-specifica*, per le due zone suddette (zona insatura e zona satura), saranno i seguenti:

### **Zona insatura di suolo**

*Livello piezometrico dell'acquifero* – Rappresenta la distanza tra il piano campagna (p.c.) e la superficie piezometrica dell'acquifero.

*Spessore della zona insatura* - Rappresenta la distanza tra il piano campagna (p.c.) e la frangia capillare. Si ricava attraverso la seguente relazione:

$$h_v = L_{GW} - h_{cap}$$

dove:  $h_v$  = spessore zona non satura;  $L_{GW}$  = soggiacenza della falda;  $h_{cap}$  = altezza frangia capillare.

*Spessore della frangia capillare* - Rappresenta la zona posta subito al di sopra della superficie piezometrica cui è idraulicamente legata, e caratterizzata da un coefficiente di saturazione superiore al 75% e dalla presenza di acqua capillare continua e sospesa.

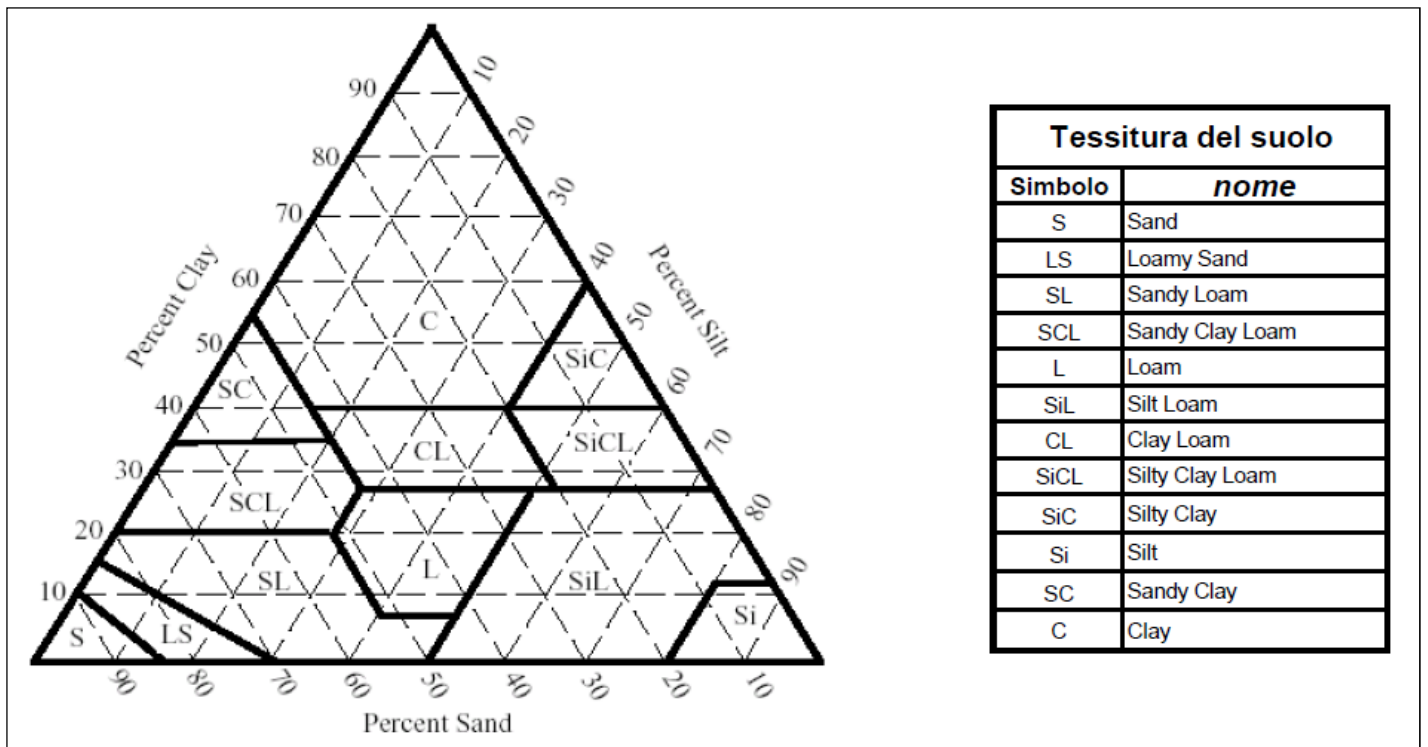
La definizione dello spessore potrà essere stimata in funzione della granulometria del terreno in corrispondenza della tavola d'acqua presente nel sottosuolo. Tale stima verrà eseguita in base ai valori dell'altezza della frangia capillare calcolati da Fetter nel 1994 e di seguito riportati.

Tessitura del suolo	$h_{cap}$ [cm]
	Fetter(1994)
Sand	10
Loamy Sand	18.8
Sandy Loam	25
Sandy Clay Loam	25.9
Loam	37.5
Silt Loam	68.2
Clay Loam	46.9
Silty Clay Loam	133.9
Silty Clay	192
Silt	163
Sandy Clay	30
Clay	81.5

Spessore di suolo superficiale – Rappresenta il primo metro di terreno insaturo rispetto al piano campagna.

Granulometria del terreno – Verrà eseguita una classificazione dei terreni basata sul metodo dell'USDA (U.S. Department of Agriculture) al fine di classificarli granulometricamente e di utilizzare tale determinazione per stimare i valori di molte delle proprietà fisiche del suolo (sia insaturo che saturo).

In particolare nota la percentuale delle classi granulometriche verrà classificato il terreno attraverso il seguente diagramma triangolare.



Densità del suolo – Si intende la massa volumica apparente, che rappresenta il rapporto tra la massa del suolo essiccato (105° C) ed il suo volume totale.

Porosità totale ed effettiva del terreno in zona insatura e satura – La porosità totale è espressa come il rapporto tra il volume dei vuoti e il volume totale di suolo. La porosità effettiva, che corrisponde al contenuto volumetrico di acqua a saturazione deriva dalla porosità totale escludendo il volume dei pori non interconnessi (spesso trascurabile) ed il contenuto volumetrico d'acqua residuo. Solitamente la porosità effettiva rappresenta l'83% della porosità totale.

Contenuto volumetrico di acqua – E' dato dal rapporto tra il volume dell'acqua contenuta nel suolo e il volume totale del suolo stesso.

Contenuto volumetrico d'aria – Viene calcolato come la differenza tra la porosità totale (assunta coincidente con la porosità effettiva) ed il contenuto volumetrico d'acqua.

Infiltrazione efficace – Applicando l'equazione del bilancio idrologico l'infiltrazione efficace è data dalla seguente relazione:

$$I_{ef} = P - (ET+S)$$

dove: P indica la precipitazione atmosferica; ET tiene conto dell'evaporazione e traspirazione della copertura vegetale; ed S indica il ruscellamento superficiale.

Nel caso in cui la sorgente secondaria di contaminazione sia costituita da terreno omogeneo o approssimabile a tale, l'infiltrazione efficace media annua può essere stimata (nel caso in cui il suolo sia ricoperto da erba) in funzione delle precipitazioni medie annue e del tipo di granulometria prevalente nel suolo (sabbiosa, limosa o argillosa secondo la classificazione basata sul metodo USDA), secondo le seguenti relazioni empiriche, relativamente alle tipologie di tessitura prevalente nel suolo:

$$I_{ef} = 0,0018 \cdot P^2 \text{ terreni sabbiosi (loamy sand, sandy loam e sand)}$$

$$I_{ef} = 0,0009 \cdot P^2 \text{ terreni limosi (sandy clay loam, loam, silt loam e silt)}$$

$$I_{ef} = 0,00018 \cdot P^2 \text{ terreni argillosi (clay loam, silty clay loam, silty clay, sandy clay e clay).}$$

### **Zona satura di suolo**

Spessore dell'acquifero – E' definito dalla distanza tra la quota piezometrica (s.l.m.) e la quota dello strato impermeabile (s.l.m.).

Velocità di Darcy – Il moto dell'acqua in un mezzo saturo è rappresentato dalla Legge di Darcy, secondo cui la velocità del flusso idrico è data dal rapporto tra la portata Q defluente attraverso una sezione retta A e la sezione stessa, e proporzionale al gradiente idraulico secondo la conducibilità del terreno:

$$v_{gw} = K_{sat} \cdot i$$

Velocità media effettiva dell'acqua nella falda – La velocità media effettiva dell'acqua nella falda si ottiene dividendo la velocità di Darcy con la porosità effettiva del terreno.

Conducibilità idraulica del terreno saturo – Il coefficiente di permeabilità è la misura che indica la capacità di un terreno saturo di trasmettere l'acqua. Viene ricavata attraverso l'esecuzione di prove di permeabilità in situ di tipo Lefranc (all'interno di fori di sondaggio).

Gradiente idraulico in zona satura – E' definito come il rapporto tra la perdita di carico piezometrico tra due punti definiti (L) e il tratto L stesso, in cui essa si è verificata.

Dispersività longitudinale, trasversale e verticale – La dispersione idrodinamica è quel fenomeno per cui avviene una miscelazione del soluto nell'acqua. Nello studio del trasporto e della diffusione di un contaminante in un mezzo saturo, si tiene conto di tale fenomeno per mezzo della definizione del coefficiente di dispersione meccanica che viene espresso secondo gli assi di riferimento x, y e z secondo le seguenti formule:

dispersività longitudinale x:  $a_x \cdot v_e$

dispersività trasversale y:  $a_y \cdot v_e$

dispersività verticale z:  $a_z \cdot v_e$

dove:  $v_e$  rappresenta la velocità media effettiva della falda, mentre  $a_x$ ,  $a_y$  e  $a_z$  sono i coefficienti di dispersione intrinseca caratteristici dell'acquifero e non dipendenti dalla velocità del flusso determinati empiricamente attraverso la relazione di Pickens & Grisak, 1981 ( $a_x = 0,1 L$ , dove L rappresenta la distanza tra la sorgente di contaminazione e il punto di conformità) e le relazioni definite dalla American Petroleum Institute's Report, 1987 ( $a_y = a_x / 3$ ;  $a_z = a_x / 20$ ).

L'individuazione dei parametri caratteristici del sito così definiti si baserà sui dati disponibili di carattere geologico, idrogeologico e fisico derivanti dalle indagini dirette (sia in situ sia di laboratorio) svolte.

Naturalmente i suddetti dati verranno integrati e avvalorati dalle risultanze delle indagini e dei monitoraggi che verranno svolti in fase di esecuzione del piano di indagini previsto dal presente Piano di investigazione.