

I risultati hanno mostrato il superamento per alcuni analiti sia del Limite di controllo (L.C.) che del Limite di guardia (L.G.). L'esame dei dati evidenzia alcuni sporadici superamenti, che nella quasi totalità dei casi risultano rientrate al di sotto delle concentrazioni limite individuate nelle determinazioni successive, o in linea con quanto osservato con le serie storiche. I principali sforamenti sono relativi ai solfati, all'ammoniaca, nitriti e nitrati e per quanto concerne i metalli si hanno ferro, manganese oltre all'Arsenico.

I risultati delle analisi chimiche sulle acque di falda vengono sempre correlati con i risultati delle determinazioni isotopiche del trizio, eseguite sugli stessi campioni di acqua prelevati dai piezometri.

Il trizio (^3H) è un isotopo radioattivo caratterizzato da un tempo di emivita di 12,43 anni. L'attività del trizio nel percolato è pari a centinaia o migliaia di U.T. (Unità Trizio = un atomo di ^3H ogni 1018 atomi di H), mentre nelle acque naturali non raggiunge le 15 U.T. ed è generalmente al di sotto delle 10 U.T.. Alle nostre latitudini i valori medi annui nelle precipitazioni sono compresi tra 3.5 e 5.5 U.T.; considerando invece i vari periodi stagionali, i tenori di trizio passano dalle 10-12 U.T. del periodo primavera-inizio estate, alle 2-3 U.T. del periodo invernale. Questa diversità di valori, unita al fatto che non si tratta di una specie disciolta, dunque soggetta a fenomeni di dissoluzione/precipitazione, ma di un costituente della molecola dell'acqua, fa sì che il trizio possa essere considerato il più efficace tracciante nella individuazione di contaminazioni da percolato, fino a livelli non raggiungibili con le normali analisi chimiche. Tipicamente, il contenuto in trizio permette, quando correlato con altri parametri chimici, di discriminare se la variazione nel parametro chimico considerato sia attribuibile al percolato o altra causa naturale o antropica.

Il programma di monitoraggio della falda idrica per la discarica in esame prevede il campionamento delle acque e l'analisi del trizio due volte all'anno, una per ciascun semestre.

Nella tabella sottostante sono riportati i risultati delle analisi del trizio eseguite sui campioni prelevati nelle date del 21 maggio 2015 e 26 novembre 2015, mentre nel grafico di Figura 55 sono riportate le concentrazioni di Trizio nelle acque in relazione ai limiti di controllo LC ed al limite di guardia LG. Le analisi isotopiche sono state condotte dall'Istituto di Geoscienze e Georisorse del C.N.R. di Pisa.

	Prelievo 21/05/2015		Prelievo 26/11/2015	
CAMPIONE	U.T.	+/- U.T.	U.T.	+/- U.T.
PM1	2,2	0,5	2,7	0,6
PM2	1,9	0,5	2,4	0,6
PM3	2,1	0,5	1,4	0,5
PM4	0,0	0,4	0,5	0,5
PM7	3,6	0,6	2,8	0,7
PM9	3,3	0,6	3,1	0,7
PM10	2,0	0,5	2,2	0,6
PM12	1,5	0,4	1,9	0,6
PM15	0,1	0,4	0,0	0,4
PM16	0,1	0,3	0,2	0,4
PM17	2,9	0,6	2,0	0,6
S1	3,5	0,4	2,8	0,7
S4	2,7	0,5	2,3	0,6
N1	0,0	0,3	0,5	0,5
N2	0,2	0,4	0,0	0,5
N3	0,1	0,4	0,0	0,5
S6	2,5	0,5	2,8	0,7
Pozzo AREA	0,0	0,3	0,0	0,5

Tabella 62 – Risultati analisi isotopiche del trizio per l'anno 2015

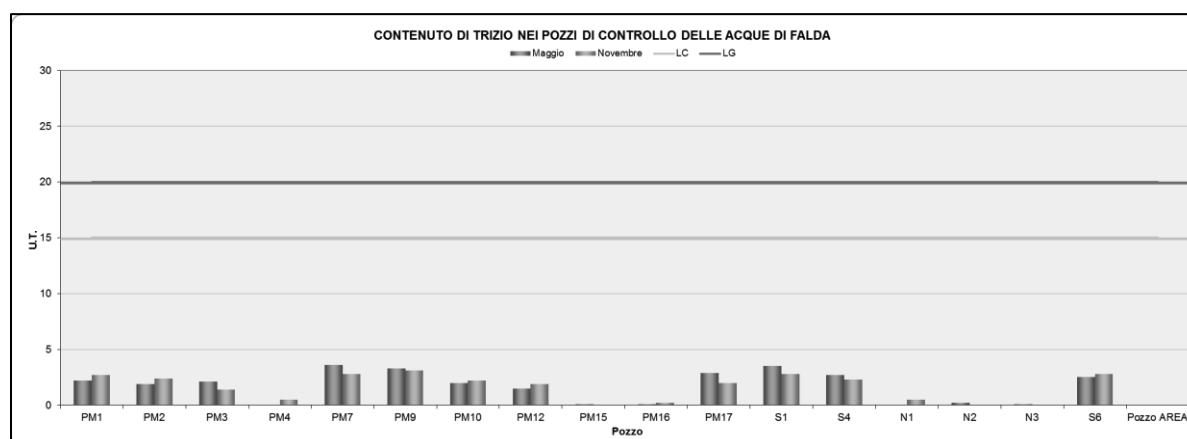


Figura 55 – Concentrazione del trizio nelle acque di falda anno 2015 in relazione ai LC ed LG

Dall'analisi della tabella e del grafico sopra riportati, si evidenzia che, il contenuto di trizio nelle acque sotterranee prelevate in tutti i piezometri di monitoraggio è risultato sempre molto inferiore al Livello di Controllo (15 U.T.) e pertanto si possono escludere fenomeni di contaminazione da parte delle acque di percolazione della colmata sulle acque di falda.

Nella seguente Figura 56 è presentato il grafico con l'andamento delle concentrazioni di trizio rilevate nei piezometri di controllo delle acque sotterranee a partire da settembre 2010:

STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE

Aumento delle volumetrie attraverso la sopraelevazione del colmo per la discarica "Tiro a Segno" ubicata in Loc. Navacchio nel Comune di Cascina (PI) gestita da Ecofor Service S.p.A.

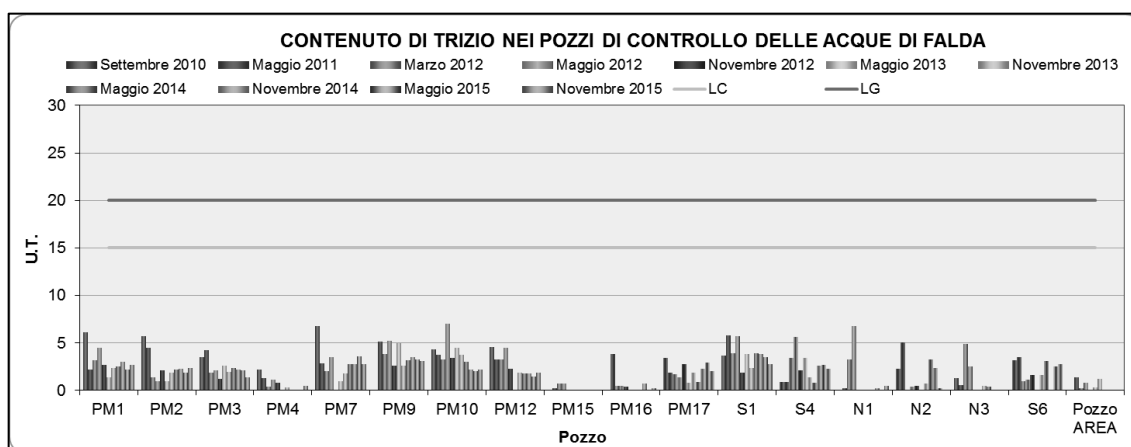


Figura 56 – Confronto concentrazione trizio nelle acque di falda tra il 2010 ed il 2015

Dal grafico di Figura 56 si evidenzia che la serie storica delle determinazioni di trizio rilevate nei piezometri di controllo sono sempre rimaste al di sotto del Limite di Controllo (15 U.T.) e quindi può essere esclusa una contaminazione delle acque sotterranee da parte dei reflui di percolazione dell'impianto di discarica.

4.4.2.1. Verifica funzionalità barriera attiva

Il vecchio corpo di discarica costituito dai lotti A+B+C+D è stato oggetto di un progetto di messa in sicurezza permanente, che ha previsto una serie di interventi, fra cui il prelievo di elevati volumi di acque di percolazione dai pozzi di estrazione esistenti, in modo da garantire l'assenza di accumuli nella colmata, ma anche un livello piezometrico al disotto della discarica depresso rispetto alle zone circostanti, creando in questo modo una barriera attiva contro le eventuali infiltrazione del percolato nelle acque di sottosuolo.

La valutazione della funzionalità della barriera attiva nei confronti della falda viene eseguita sia in termini geometrici, ossia attraverso la registrazione di livelli che devono risultare sempre più depressi nei pozzi di estrazione del percolato rispetto ai livelli freatici misurati nei piezometri di controllo posti attorno al corpo discarica, ma anche in termini analitici, attraverso la verifica della variazione di concentrazione dei diversi elementi presenti nei percolati e nelle acque.

Nel primo caso, la presenza di un livello di liquido nei pozzi del percolato che risulti costantemente al di sotto del livello medio di falda nell'area circostante, determina un gradiente idrico verso la discarica e conseguentemente un richiamo di acqua, che di fatto tende ad impedire la migrazione di eventuali fluidi inquinanti verso l'esterno e quindi nella falda.

Nel secondo caso la variazione del chimismo, sia delle acque di percolazione che delle acque di falda, registrate attraverso ripetute analisi nel tempo, può essere indice della

corretta o meno funzionalità della barriera attiva. Innalzamenti anomali delle concentrazioni dei principali indici di inquinamento potrebbero significare una minore miscelazione delle acque di sottosuolo con i fluidi di percolazione, e conseguentemente una errata gestione dei pompaggi. Al contrario trend decrescenti nel tempo, degli stessi parametri, possono essere indice di un richiamo delle acque di falda verso la discarica e quindi di una corretta gestione del sistema barriera attiva, anche in presenza di livelli misurati nei pozzi di estrazione del percolato confrontabili con quelli registrati nei piezometri di controllo della falda (questo perché in presenza di precipitazioni intense che determinano una forte ricarica da parte dei terreni circostanti risulta difficile mantenere depresso il livello nei pozzi del percolato pur non pregiudicando il funzionamento della barriera attiva).

Nel corso del 2010 è stata eseguita da parte del personale tecnico Ecofor Service S.p.A. la battitura topografica di tutti i punti di controllo, costituiti sia dai pozzi di estrazione del percolato che dai piezometri di controllo delle acque sotterranee, al fine di determinare i valori assoluti, sul livello del mare, dei battenti di liquido misurati.

Di seguito si riporta un confronto fra i livelli misurati nei pozzi di estrazione del percolato ed il livello medio di falda, registrato sui piezometri direttamente connessi con il livello idrico superficiale correlabile ai lotti di messa in sicurezza.

In Tabella 63 sono riportati i livelli mensili del liquido di percolazione presente all'interno dei pozzi PA, PB, PC e PD, con le relative medie, registrati da tecnici della Ecofor Service S.p.A. nel corso del 2015.

N° Pozzo	Quota B.P. (m s.l.m.)	Profondità da B.P. (m)	Quota f.p. (m s.l.m.)	Livello percolato (m s.l.m.)											
				Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
PA	2.14	3.50	-1.36	0.43	0.39	0.16	0.18	0.36	0.34	0.24	0.29	0.24	0.29	0.27	0.34
PB	2.33	3.50	-1.17	-0.45	-0.47	-0.55	-0.52	-0.57	-0.59	-0.57	-0.46	-0.59	-0.57	-0.53	-0.55
PC	2.62	3.50	-0.88	-0.73	-0.73	-0.68	-0.78	-0.72	-0.73	-0.78	-0.73	-0.66	-0.78	-0.76	-0.68
PD	2.41	3.50	-1.09	0.64	0.56	0.21	0.21	0.22	0.22	0.22	0.26	0.21	0.10	0.21	0.16
Media				-0.03	-0.06	-0.22	-0.23	-0.18	-0.19	-0.22	-0.16	-0.20	-0.24	-0.20	-0.18

Tabella 63 – Livelli di percolato misurati nei pozzi PA, PB, PC e PD

In occasione delle campagne di misura del battente di liquido, eseguite nel 2015 su pozzi di estrazione del percolato della colmata A+B+C+D, sono state effettuate anche le misurazioni dei livelli freatici nei piezometri di controllo della falda.

Il sistema di monitoraggio della falda è costituito da una serie di piezometri fenestrati a profondità diversa, in modo tale da indagare a vari livelli le acque presenti nel sottosuolo. In particolare, per eseguire il confronto fra livello del percolato presente all'interno dei pozzi di estrazione ed i livelli freatici registrati nei piezometri, sono stati considerati i punti di monitoraggio che presentano profondità minori, fino ad un massimo di 8.0 m dal p.c. e che quindi risultano direttamente connessi con la tavola d'acqua superficiale e con gli eventuali reflui dei rifiuti smaltiti soprasuolo.

STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE

Aumento delle volumetrie attraverso la sopraelevazione del colmo per la discarica "Tiro a Segno" ubicata in Loc. Navacchio nel Comune di Cascina (PI) gestita da Ecofor Service S.p.A.

Nella Tabella 64 sono riportate le misure di livello registrate mentre in planimetria di Figura 57 sono presentati i piezometri considerati nell'elaborazione.

N° PIEZOMETRO	Profondità piezometri	QUOTA BP (m s.l.m.)	ALTEZZE PIEZOMETRICHE (m s.l.m.)											
			Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
PM1	7.90	2.42	1.15	1.16	1.13	0.99	0.97	1.10	1.10	1.10	1.15	1.10	1.14	1.12
PM3	7.80	2.21	1.11	1.12	1.09	0.95	0.93	1.06	1.06	1.06	1.11	1.06	1.10	1.08
PM4	6.00	2.04	0.59	0.76	0.74	0.55	0.20	0.34	0.25	0.24	0.34	0.23	0.47	0.39
PM7	5.50	1.77	1.28	1.38	1.50	1.42	0.47	1.18	1.12	1.12	1.18	1.18	1.17	1.19
PM9	7.10	2.01	0.96	0.96	0.92	1.07	1.05	0.86	0.86	0.86	0.89	0.87	0.89	0.91
S1	5.00	1.71	1.19	1.21	1.27	1.21	1.50	1.16	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.23
Altezze piezometriche medie			1.05	1.10	1.11	1.03	0.85	0.95	0.93	0.93	0.98	0.94	1.00	0.99

Tabella 64 – Livello della falda nei piezometri considerati anno 2015

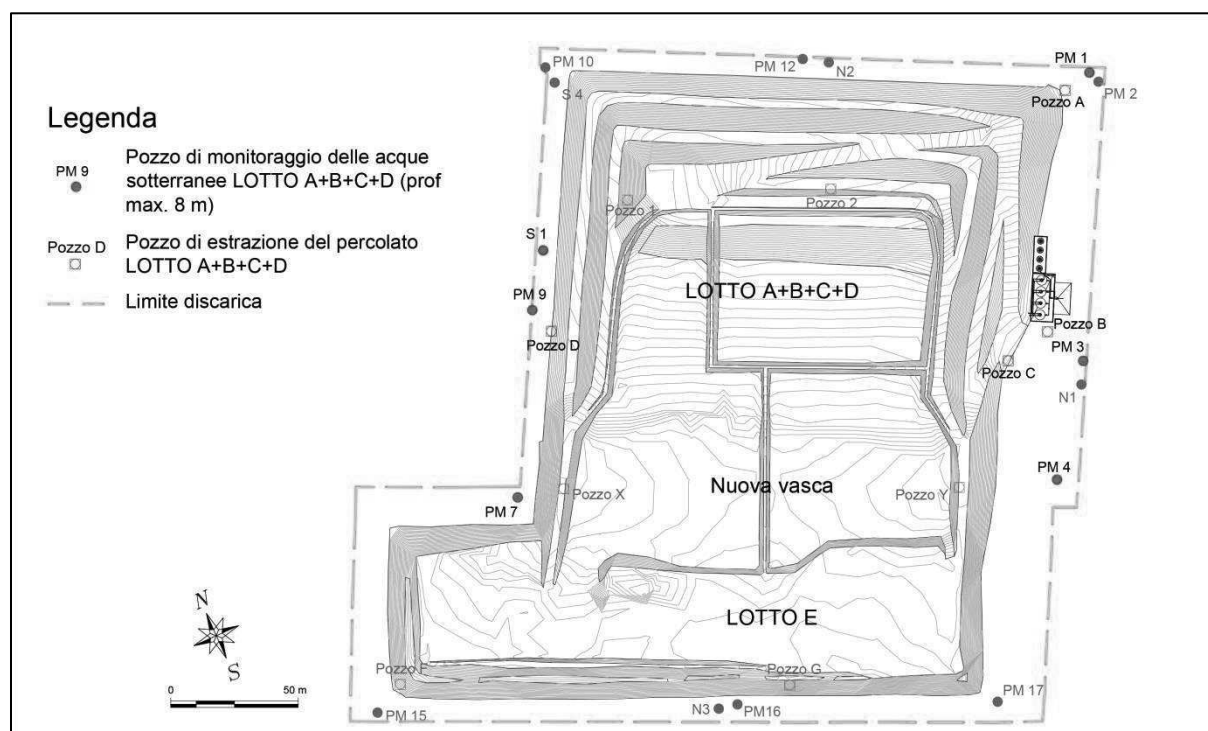


Figura 57 – Ubicazione piezometri di monitoraggio acque di falda e pozzi MISP

Il grafico presentato in Figura 58 mostra l'andamento del livello freatico medio nel corso del 2015, insieme al valore del livello medio misurato nei pozzi di estrazione del percolato nello stesso periodo. Dall'esame del grafico si evidenzia il mantenimento di un battente di percolato nei pozzi di estrazione sempre inferiore rispetto al livello idrico misurato nei piezometri di controllo circostanti all'impianto.

Il livello medio del battente di percolato all'interno dei pozzi per l'intero anno è risultato pari a -0.18 m s.l.m., mentre il livello medio del battente idrico nei piezometri di monitoraggio è risultato pari a 0.99 m s.l.m..

Mediamente, la differenza tra il livello medio del battente di percolato all'interno dei pozzi ed il livello medio del battente idrico nei piezometri di monitoraggio è risultato di 1.16 m, con valori mensili di 1.03 ÷ 1.32.

STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE

Aumento delle volumetrie attraverso la sopraelevazione del colmo per la scarica "Tiro a Segno" ubicata in Loc. Navacchio nel Comune di Cascina (PI) gestita da Ecofor Service S.p.A.

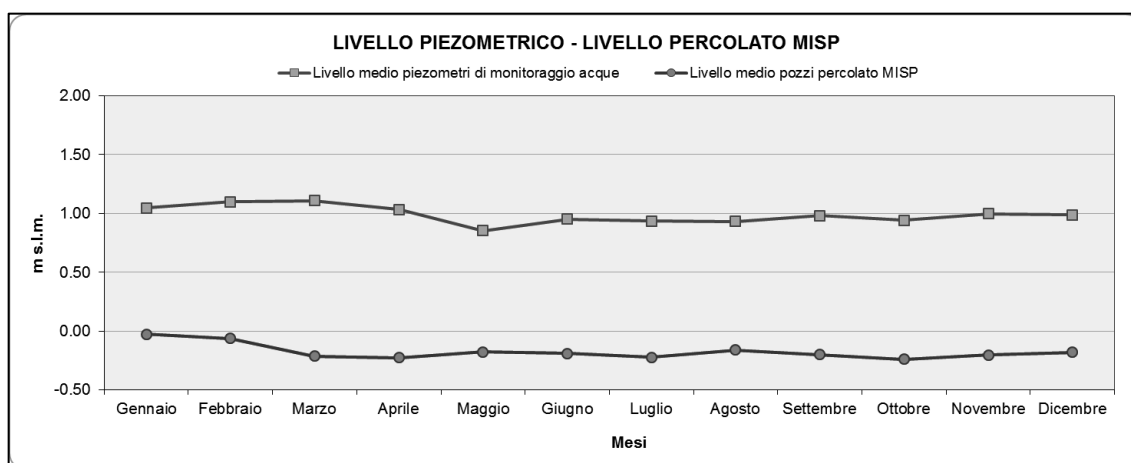


Figura 58 – Confronto livelli medi acque di falda e battenti del percolato – anno 2015

La funzionalità della barriera attiva deve essere valutata non solo col confronto dei livelli medi delle acque di falda e dei battenti del percolato, ma soprattutto in considerazione delle concentrazioni dei principali analiti costituenti le acque di percolazione e le acque sotterranee registrate nel tempo. Il set di analisi chimiche a disposizione è costituito dalle determinazioni eseguite nel periodo 2010 - 2015 ossia a partire dal termine delle operazioni di messa in sicurezza, avvenuto con la fine dell'anno 2009.

I risultati delle analisi chimiche registrati nel corso delle campagne svolte nel 2015, per il percolato e per le acque sotterranee, non evidenziano sostanziali variazioni nella concentrazione dei principali analiti, rientrando all'interno della variabilità registrata nel set di dati a disposizione.

A partire dall'anno 2010 è iniziato, con cadenza annuale, il monitoraggio costante del contenuto di trizio nel percolato e nelle acque sotterranee di tutti i punti di controllo riportati in Figura 57, mentre dal 2011 la determinazione del trizio è stata eseguita su base semestrale.

Durante il 2015 sono stati eseguiti due campionamenti, uno durante la campagna di monitoraggio del 21 maggio 2015 e l'altro in quella del 26 novembre 2015.

Nelle seguenti due tabelle sono riportati i risultati delle determinazioni di trizio nel percolato e nelle acque sotterranee eseguite a partire dall'anno 2010 nei punti di controllo connessi con il sistema di messa in sicurezza della colmata:

CAMPAGNA	PA		PB		PC		PD	
	U.T.	+/- U.T.	U.T.	+/- U.T.	U.T.	+/- U.T.	U.T.	+/- U.T.
Settembre 2010	33.0	7.0	12.9	1.4	269.0	15.0	23.3	1.9
Maggio 2011	35.3	6.8	34.5	6.8	31.3	6.3	27.0	6.0
Marzo 2012	166.0	16.0	185.0	17.0	195.0	17.0	189.0	16.0
Maggio 2012	60.0	8.0	11.0	5.0	76.0	8.0	76.0	8.0
Novembre 2012	26.0	7.0	14.0	6.0	31.0	7.0	8.0	5.0
Maggio 2013	7.6	1.0	4.6	0.7	12.1	12.0	15.7	1.6
Novembre 2013	56.0	7.7	<10	5.0	<10	5.3	99	9.0
Maggio 2014	<15	5.0	<15	5.0	198.0	12.0	<15	6.0
Novembre 2014	2.1	0.5	13.4	1.5	3.9	0.6	4.3	0.7
Maggio 2015	9.9	5.0	14.9	1.7	3.9	0.6	5.0	0.7
Novembre 2015	12.5	1.5	29.4	2.5	219.0	14.0	23.4	2.4

Tabella 65 – Concentrazioni di trizio nel percolato a partire dall'anno 2010

CAMPAGNA	PM1		PM3		PM4		PM7		PM9		S1	
	U.T.	+/- U.T.	U.T.	+/- U.T.	U.T.	+/- U.T.	U.T.	+/- U.T.	U.T.	+/- U.T.	U.T.	+/- U.T.
Settembre 2010	6.1	0.8	3.5	0.6	2.2	0.5	6.8	0.8	0.0	0.4	3.7	0.6
Maggio 2011	2.2	0.4	4.3	0.6	1.3	0.4	2.9	0.6	5.2	0.7	5.8	0.7
Marzo 2012	3.2	0.5	1.9	0.4	0.4	0.3	2.0	0.4	3.8	0.6	3.9	0.6
Maggio 2012	4.5	0.7	2.1	0.4	1.1	0.4	3.5	0.6	5.2	0.7	5.7	0.7
Novembre 2012	2.7	0.5	1.2	0.4	0.8	0.4			2.6	0.5	1.9	0.4
Maggio 2013	1.4	0.4	2.6	0.5	0.0	0.3	1.0	0.4	5.0	0.7	3.8	0.6
Novembre 2013	2.3	0.5	1.9	0.5	0.3	0.4	1.8	0.4	2.6	0.5	2.4	0.5
Maggio 2014	2.5	0.5	2.4	0.5	0.1	0.3	2.8	0.5	3.2	0.6	3.9	0.6
Novembre 2014	3.0	0.5	2.2	0.5	0.0	0.4	2.8	0.6	3.5	0.7	3.8	0.6
Maggio 2015	2.2	0.5	2.1	0.5	0.0	0.4	3.6	0.6	3.3	0.6	3.5	0.4
Novembre 2015	2.7	0.6	1.4	0.5	0.5	0.5	2.8	0.7	3.1	0.7	2.8	0.7

Tabella 66 – Concentrazioni di trizio nelle acque sotterranee a partire dall'anno 2010

Nella seguente Tabella 67 e nel grafico di Figura 59 vengono riportati i valori medi annuali delle concentrazioni di trizio nel percolato, prelevato dai pozzi dei lotti A+B+C+D, e nelle acque sotterranee, prelevate dai piezometri di controllo più direttamente connessi con il sistema di messa in sicurezza della colmata:

CAMPAGNA	ACQUE SOTTERANEE	PERCOLATO
	U.T.	
2004	1.9	141.0
2010	2.9	84.6
2011	3.1	32.0
2012	2.3	86.4
2013	1.5	26.8
2014	1.8	33.3
2015	1.8	54.5

Tabella 67 – Confronto del contenuto medio di trizio dal 2004 al 2015

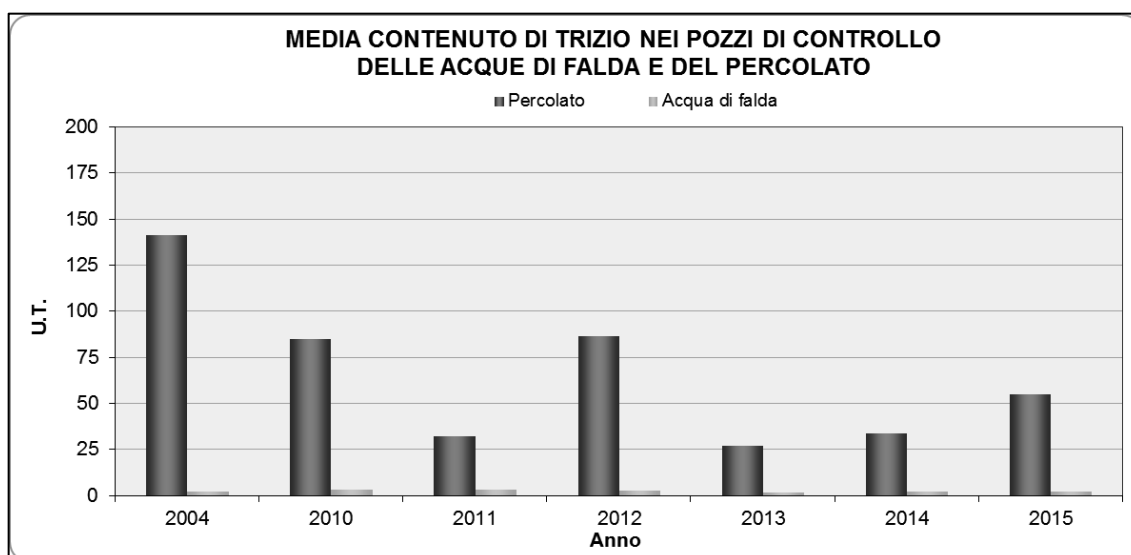


Figura 59 – Confronto del contenuto medio di trizio dal 2010 al 2015

Dal grafico in esame si osserva comunque una sostanziale omogeneità delle concentrazioni di trizio nelle diverse campagne eseguite sulle acque presenti nel sottosuolo. Le concentrazioni del trizio riscontrate sono tipiche di acque naturali, in cui non sono evidenti fenomeni di miscelazione con acque reflue di percolazione. Contrariamente le concentrazioni di trizio riscontrate nei percolati sono più elevate e presentano una certa variabilità nel corso degli anni.

Le evidenze riscontrate attraverso l'analisi del trizio, eseguita nelle acque di percolazione e nelle acque sotterranee, assieme a quanto riscontrato relativamente ai livelli di battente idrico misurato nei pozzi del percolato dei lotti A+B+C+D e nei piezometri di monitoraggio, testimoniano la corretta funzionalità della barriera attiva.

4.5. Suolo e sottosuolo

Le informazioni sulle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geotecniche del sito sono derivabili, oltre che dalla vasta letteratura tecnica e scientifica, da:

- PTC Provincia di Pisa;
- *“La Pianura di Pisa ed i rilievi contermini: la natura e la storia”*, a cura di Mazzanti, 1991),
- Serie di indagini geognostiche dirette eseguite nelle diverse fasi di studio che hanno interessato la discarica del “Tiro a Segno”.

4.5.1. Situazione geologica

La discarica del “Tiro a Segno” è ubicata nella parte medio alta della pianura alluvionale di Pisa. La pianura Pisana si è originata a seguito degli sprofondamenti dei bacini di sedimentazione neoautoctoni tra i rilievi dell’antica catena paleo appenninica e cioè il Monte Pisano, i Monti Livornesi e quelli di Casciana Terme.

I terreni di sottosuolo sono costituiti da una sequenza continua di sedimenti del ciclo neoautoctono, che ricoprono il substrato roccioso che nella zona di Pontedera raggiunge una profondità superiore ai 700 m, come osservato dal pozzo “Poggio 1” eseguito dall’AGIP mineraria (*Ghelardoni et al. 1968*). Notizie sulla sequenza stratigrafica del ciclo neoautoctono nell’area di studio sono rilevabili dal lavoro curato da *R. Mazzanti “La Pianura di Pisa ed i rilievi contermini: la natura e la storia” (Memorie della Società Geografica Italiana - vol. L, 1994)*.

Il substrato profondo, poco conosciuto, è costituito dalle formazioni più antiche pre-neogeniche, formate dai complessi litologici che affiorano sui rilievi montuosi circostanti la pianura (Unità Liguri in una fascia più vicina al mare e Successione Toscana più interna) e giace al di sotto dei primi sedimenti del complesso neoautoctono.

Il substrato intermedio è costituito dai primi sedimenti del ciclo neoautoctono e copre un arco di tempo che parte dal Miocene superiore al Pleistocene inferiore.

La parte superficiale del ciclo neoautoctono, definita anche substrato superiore, costituisce la pianura alluvionale e costiera. Ad essa vengono attribuite le formazioni alluvionali e fluvio-lacustri del Pleistocene medio-sup., i depositi di facies fluviale di Casa Poggio ai Lecci (Pleistocene medio) e i Conglomerati dell’Arno e Serchio da Bientina (Pleistocene Sup.). Quest’ultima formazione costituisce un livello pressoché continuo nel sottosuolo della Pianura di Pisa e si rileva a profondità variabile tra i -30/-40 m in corrispondenza del margine delle Colline Pisane e i -150 m in corrispondenza del centro di Pisa, con spessori variabili tra 4-10 m e marcata inclinazione verso ovest. In corrispondenza dell’area della discarica del “Tiro a Segno” nel Comune di Cascina la profondità dei Conglomerati è posta a circa 80-100 m dal p.c.

Al di sopra dei Conglomerati dell’Arno e Serchio sono presenti sedimenti fluvio-lacustri e sedimenti di facies in prevalenza eolico-colluviale (Sabbie e Limi di Vicarello) di spessore intorno ai 30-40m che affiorano lungo il bordo meridionale della Pianura di Pisa.

All’Olocene vengono riferiti tutti i depositi alluvionali sabbiosi, limosi e argillosi distribuiti nella maggior parte della pianura di Pisa, legati al sovralluvionamento durante la risalita del livello del mare, determinata dalla fase interglaciale post-würmiana.

Nell’area della Pianura Pisana quindi si sono succedute fasi in cui prevaleva una sedimentazione marina o lagunare salmastra, con forti spessori di sabbie, limi e argille, e fasi continentali, dando origine ad un complesso sistema deposizionale marino-transizionale-

continentale, nel quale si originano ripetute alternanze ed eteropie tra depositi a granulometria diversa (*Mazzanti e Rau, 1994*).

In Figura 60 è presentata la carta geologica estratta da “La Geologia della Provincia di Pisa Cartografia, Geositi e Banche Dati – Pisa dicembre 2005”.

4.5.2. Caratterizzazione geomorfologica

Il Comune di Cascina si estende attraverso un territorio di ca. 79 km². L'area pianeggiante sulla quale insiste la discarica è di origine alluvionale recente, nata cioè per effetto del modellamento fluviale: i depositi, generalmente disposti in strati orizzontali costituenti gli antichi fondali del mare o dei laghi, sono stati incisi successivamente al prosciugamento delle acque marine o lacustri da solchi più o meno pronunciati, che sono andati a costituire la rete idrografica attuale.

Le zone di pianura possono apparire monotone e piatte, in realtà si possono individuare delle differenze di quota, impercettibili ad occhio nudo, che creano un mosaico fra zone basse e zone alte. Vi è altresì una differenza di quota tra la fascia percorsa dalle anse fluviali ed il resto della piana: spesso la prima, contrariamente a quanto si crede, non è più bassa della seconda, ma più alta poiché è stata innalzata con maggiore energia dalle esondazioni fluviali. In situazioni geomorfologiche mature spesso il fiume si trova in una situazione pensile rispetto alla pianura.

In dettaglio la situazione morfologica dell'area di studio è caratterizzata da un sostanziale andamento pianeggiante, con quote variabili tra 1,6 m e 2,0 m s.l.m.

Nella Figura 61 è presentata la carta geomorfologica estratta da “La Geologia della Provincia di Pisa Cartografia, Geositi e Banche Dati – Pisa dicembre 2005”

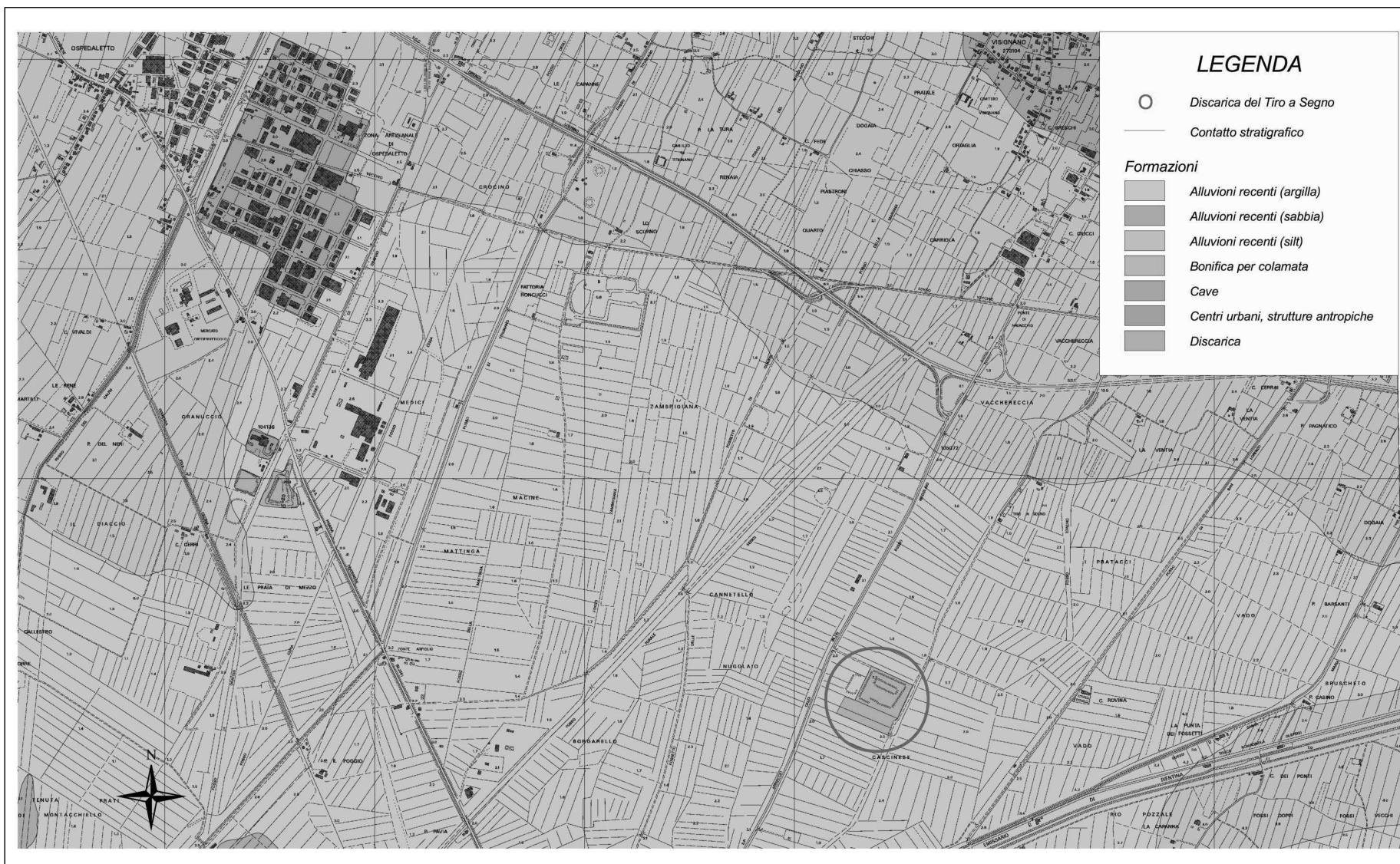


Figura 60 – Carta geologica in scala 1:25.000



Aumento delle volumetrie attraverso la sopraelevazione del colmo per la discarica "Tiro a Segno" ubicata in Loc. Navacchio nel Comune di Cascina (PI) gestita da Ecofor Service S.p.A.

4.5.3. Ricostruzione del modello stratigrafico e idrogeologico

Le indagini eseguite sul sito, tra gli anni 1987 e 2009, hanno compreso investigazioni di tipo geoelettrico, sondaggi geognostici e indagini idrogeologiche, ed hanno permesso di ricostruire un preciso modello stratigrafico ed idrogeologico presente al di sotto della discarica del Tiro a Segno.

I sondaggi a carotaggio continuo e le analisi geotecniche di laboratorio hanno permesso il riconoscimento puntuale dei terreni presenti, mentre le tomografie resistive ed i SEV hanno consentito di interpolare arealmente il dato puntuale.

Infine, attraverso le prove di pompaggio e le prove di immissione in foro (prove Lefranc), si è definito un quadro di sintesi relativamente alle caratteristiche idrogeologiche ed idrodinamiche dei terreni.

La ricostruzione del modello interpretativo litologico-stratigrafico del sottosuolo è stata esemplificata nelle sezioni geologico-stratigrafiche riportate in Figura 63. Nella Figura 62 è presentata una planimetria con indicata l'ubicazione delle indagini realizzate tra il 1987 ed il 2004 ed i sondaggi realizzati nel 2009 a seguito delle opere di messa in sicurezza, oltre alle tracce di sezione.

Tale elaborazione ha tenuto conto prevalentemente delle stratigrafie dei sondaggi di nuova realizzazione e/o di quelli già realizzati e dei Sondaggi Elettrici Verticali. La sintesi delle indagini ha permesso di ricostruire le sezioni litologico-stratigrafiche presentate in Figura 63.

La sezione AA' ha una estensione di circa 230 m ed è posizionata nella parte nord ovest della discarica lungo l'allineamento dei sondaggi S4, S1 e S5, mentre la sezione BB' ha una estensione di circa 260 m ed è posta perpendicolarmente rispetto alla AA' e segue l'allineamento dei sondaggi S5, PM14, S2 e S3.

.

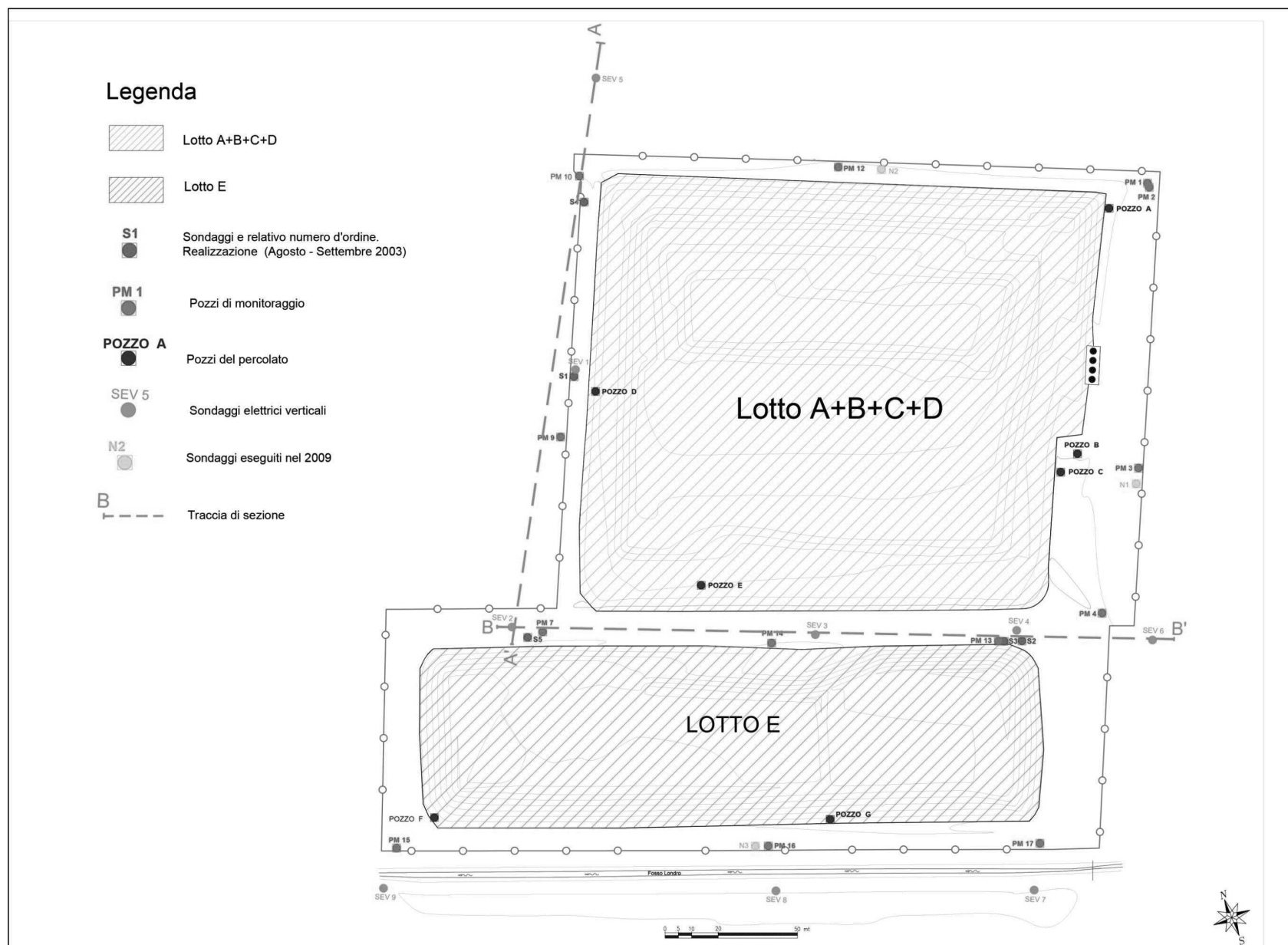


Figura 62 – planimetria con ubicazioni indagini e traccia di sezione

STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE

Aumento delle volumetrie attraverso la sopraelevazione del colmo per la discarica "Tiro a Segno" ubicata in Loc. Navacchio nel Comune di Cascina (PI) gestita da Ecofor Service S.p.A.

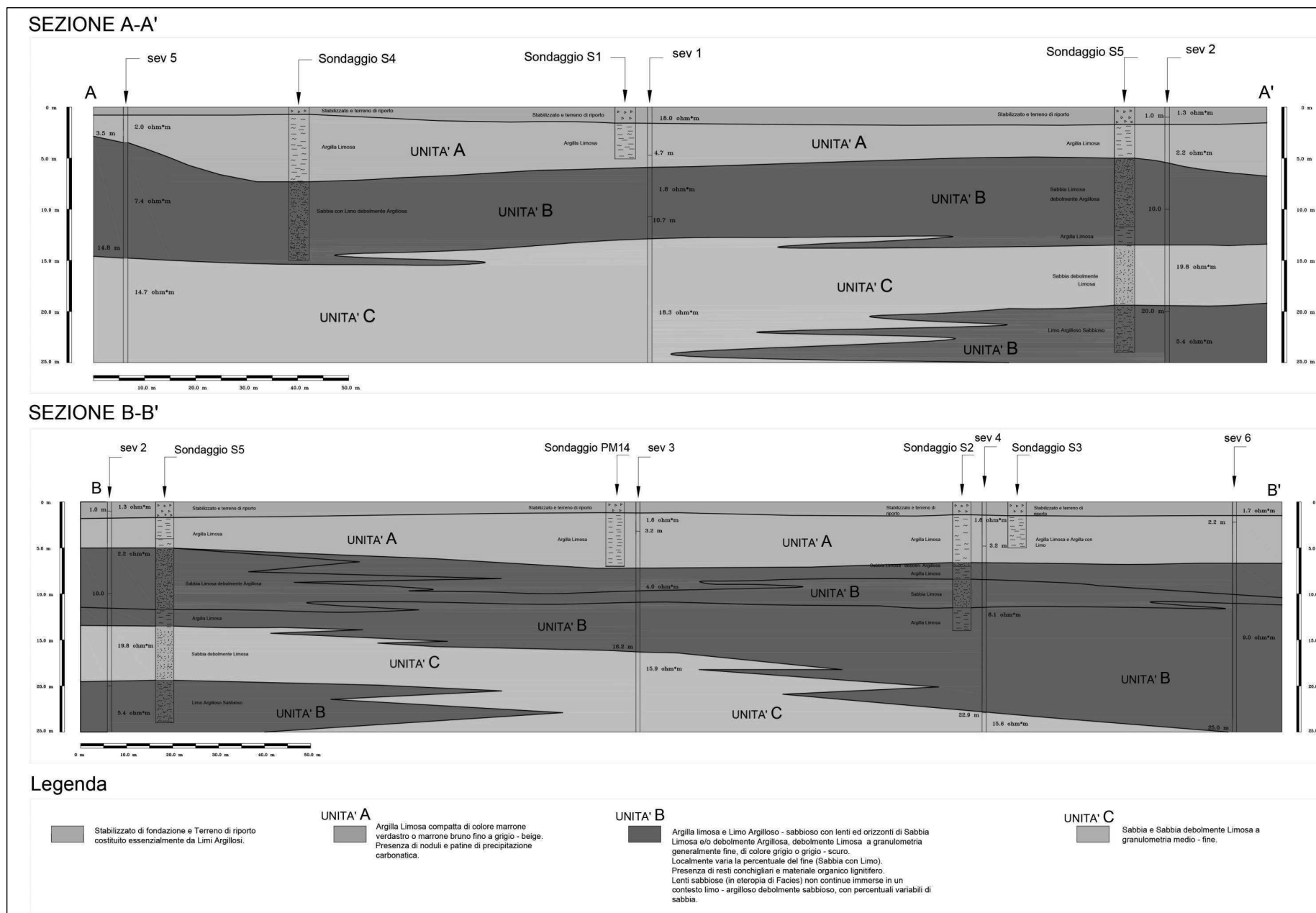


Figura 63 – Sezioni geologico stratigrafiche

STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE

Aumento delle volumetrie attraverso la sopraelevazione del colmo per la discarica "Tiro a Segno" ubicata in Loc. Navacchio nel Comune di Cascina (PI) gestita da Ecofor Service S.p.A.

Vengono di seguito descritte le tre unità individuate sia sulla base delle risultanze delle indagini dirette (Sondaggi a carotaggio continuo e prove di laboratorio) sia sulla base delle risultanze delle indagini geoelettriche. Vengono inoltre evidenziate le principali caratteristiche idrogeologiche di ciascuna unità.

4.5.3.1. (Unità A) Argille con limo

Si tratta di un orizzonte riconosciuto in tutti i sondaggi effettuati e dello spessore massimo di 7,3 m in S4 (interno discarica) e 8,2 m in S9 (esterno discarica).

Il colore del deposito varia da marrone-nocciola fino a grigio, a seconda dello strato di alterazione; sono presenti alcuni inclusi litici di dimensioni millimetriche, noduli e patine di precipitazione carbonatica e sostanza organica carboniosa.

I campioni prelevati da tale unità (S3C1, S7C1 e S9C1) e sottoposti ad analisi geotecniche di laboratorio confermano che si tratta di terreni a prevalente granulometria fine con valori della frazione argillosa variabile fra 57% e 68%, e dal 28% al 39% relativamente alla percentuale di limo. Risultano pressoché assenti le sabbie e le ghiaie con percentuali variabili dall'1% fino al 3%. Anche i valori dei limiti di Atterberg risultano sostanzialmente identici per i tre campioni analizzati, con valori compresi fra 59% e 61% per L.L., 27% per L.P. e fra 32% e 34% per I.P.

Le caratteristiche geoelettriche di questo primo orizzonte sono di bassa resistività con valori massimi di circa 4-5 ohm*metro, confermate sia dalle tomografie che dai SEV.

Per quanto riguarda le proprietà idrauliche, la prova Lefranc¹, effettuata nel foro di sondaggio S3, e la prova di pompaggio eseguita su S1 concordano nell'attestare la permeabilità di questi terreni su valori dell'ordine di 10^{-9} m/sec, definendo come acquicludo lo spessore di argille – limose.

Le prove di pompaggio effettuate sui piezometri superficiali PM1, PM3 e PM4, interessanti anch'esse l'unità A più superficiale, rilevano invece permeabilità più elevate (10^{-8} o 10^{-7} m/sec), indice che la copertura argillosa presenta spessori minori di 6-7 metri almeno per l'area sud-est della discarica.

I risultati della prova di pompaggio, eseguita nelle condizioni di pozzo piezometro sui piezometri PM1 e PM2, ha permesso di ricavare dei valori del Coefficiente di immagazzinamento dell'ordine di $1,2 \times 10^{-2}$ andando a configurare un acquifero che si trova al limite fra libero e confinato.

4.5.3.2. (Unità B) Sabbie limoso-argillose e Argille limose

Si tratta in genere di una alternanza costituita da orizzonti di sabbie con contenuti di limi e argille molto variabili e orizzonti più francamente argilloso limosi.

Le sabbie sono in genere a granulometria fine o medio fine, di colore grigio, o grigio scuro e vi si trovano resti conchigliari e materiale lignitifero.

I campioni rappresentativi di questa unità possono essere considerati i seguenti: S2C1, S4C1, S6C1, S7C3 e S9C2, per quanto riguarda i termini più sabbiosi. In tali campioni si hanno infatti percentuali di sabbia variabili fra 56% e 84%, percentuali di limo variabili fra 8 e 36% e argilla compresa in un intervallo fra il 4% ed il 9%.

Relativamente alla componente più fine di questa unità i campioni rappresentativi sono rispettivamente S5C1 e S8C1, dove si osservano percentuali di argilla compresa fra 27% e 47%, percentuali di limo variabili fra 50% e 55%; e sabbie con percentuali variabili fra 2% e 18%.

Le proprietà geoelettriche dell'unità descritta mostrano valori di resistività compresi nell'intervallo 5-10 ohm*m. E' indubbio che i livelli più propriamente sabbiosi all'interno dell'unità possano avere resistività maggiori rispetto al contorno, ma il contrasto non netto fra livelli che presentano caratteristiche granulometriche simili e gli spessori a volte ridotti degli orizzonti più sabbiosi, portano a riconoscere una sola unità con caratteristiche geoelettriche comuni.

Tale unità possiede uno spessore di circa 10-12 m, con la base della stessa che si attesta ad una profondità di circa 14-18 m dal p.c., limite a partire dal quale si osserva un netto incremento dei valori di resistività che rappresentano il tetto dell'unità sottostante.

Si può pertanto, per l'unità in esame, ipotizzare una struttura sedimentaria complessa formata da interdigitazioni di corpi sabbiosi sub-orizzontali non sempre continui o comunque di spessore molto variabile, alternati a livelli a prevalente composizione limo-argillosa.

Dalle stratigrafie di sondaggio si rileva che esistono comunque livelli decimetrici a diversa composizione granulometrica che su base geoelettrica non danno un contributo importante ai fini della loro univoca individuazione.

I test di pompaggio effettuati su pozzo singolo (PM 12 e PM17) e le prove pozzo-piezometro (PM13/S2; PM10/S4) mostrano generalmente valori di permeabilità dell'ordine di 10^{-6} m/sec, propri di acquiferi a permeabilità medio-bassa o Acquitardi. Solamente nel piezometro PM12 si è riscontrato un valore di permeabilità più basso dell'ordine di 10^{-8} m/sec, dovuto probabilmente all'intercettazione di un livello a maggiore componente argilloso limosa.

Per quanto riguarda i valori del coefficiente di immagazzinamento esso assume dei valori dell'ordine di 10^{-3} per entrambe le prove eseguite, andando a configurare un acquifero con caratteristiche da confinato a semiconfinato.

L'intera struttura può essere denominata come un "Acquifero multistrato" in cui corpi idrici stratiformi a permeabilità più elevata (orizzontali o suborizzontali) sono comunque in comunicazione idraulica con i terreni a più bassa permeabilità, garantendo un continuo anche se lento, scambio idrico.

Tutta l'unità rappresenta in realtà un acquitardo, in cui si ha comunicazione fra i livelli meno permeabili (Limi sabbiosi) e i livelli più permeabili (Sabbie limose).

La presenza di lenti sabbiose non continue favorisce la formazione di situazioni locali di falde in pressione, come testimoniato dai risultati delle letture piezometriche eseguite sui singoli piezometri, in cui si evidenziano livelli di falda differenti su piezometri, che insistono sulla stessa unità, posti a piccole distanze.

4.5.3.3. *(Unità C) Sabbie debolmente limose*

Si tratta di sabbie o sabbie debolmente limose, incontrate a quota 13,5 m nel sondaggio S5 e per uno spessore di circa 6 metri, limitate inferiormente da Limi con Argilla Sabbiosi fino al termine del sondaggio (24,0 m).

La continuità più o meno regolare di questa unità è ricostruita sostanzialmente attraverso dati di tipo geoelettrico. Risulta infatti esistere una perfetta corrispondenza fra la base del livello sabbioso osservata nel sondaggio S5 e il notevole incremento dei valori di resistività registrati nel SEV2, posizionato lungo la sua verticale. E' stato pertanto possibile correlare valori simili di resistività a simili condizioni geologico-stratigrafiche.

Tale unità presenta dal punto di vista geoelettrico valori di resistività fino a circa 20 ohm*m.

Da un punto di vista idrogeologico l'Unità C può essere caratterizzata secondo le seguenti considerazioni: il livello piezometrico in S5 nelle numerose osservazioni, si è sempre mantenuto a piano campagna, se non addirittura superiore, con fuoriuscita di acqua dal piezometro; il condizionamento del foro di sondaggio, che ha previsto l'isolamento della lente sabbiosa compresa fra i 13,5 e i 19,5 m, è testimonianza della presenza di una falda in pressione con apprezzabile pressione della stessa.

4.5.3.4. *Caratterizzazione meccanica dei terreni delle unità individuate*

Per quanto concerne la caratterizzazione meccanica dei terreni delle unità individuate, le prove di laboratorio effettuate in passato si sono mostrate utili per la determinazione delle proprietà meccaniche in condizioni non drenate dell'unità coesiva costituente il substrato. Alla luce di ciò sono stati stimati i parametri di resistenza in condizioni drenate delle terre coesive in esame, riportati in Tabella 68.

Terreno	Profondità dal p.c. (m)	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)
Unità A – Argilla limosa compatta di colore da marrone a verdastro o marrone bruno fino a grigio beige	0 – 5,0/7,0	18	5	22
Unità B – Argilla limosa e limo argilloso-sabbioso con lenti ed orizzonti di sabbia limosa e/o debolmente argillosa, debolmente limosa a granulometria generalmente fine	5,0/7,0 – 11,0/15,0	18	0	20
Unità C – Sabbia e sabbia debolmente limosa a granulometria medio fine	11,0/15,0 – 30,0	19	0	27

Tabella 68 – Stima dei parametri di resistenza in condizione drenate

4.5.3.5. Sondaggi geognostici realizzati nel 2009

Nel corso della realizzazione delle opere previste nel progetto definitivo Messa in sicurezza del lotto A+B+C+D e ripristino ambientale delle discariche in località Tiro a Segno, sono stati realizzati, in accordo con il Dipartimento Provinciale dell'ARPAT di Pisa, n.3 nuovi sondaggi a carotaggio continuo, per la realizzazione di altrettanti piezometri all'interno della discarica, da inserire nella rete di monitoraggio delle acque di falda. Nella planimetria di Figura 62 è riportata l'esatta ubicazione dei sondaggi eseguiti, mentre nelle foto riportate di seguito sono documentate alcune fasi delle operazioni di sondaggio. I sondaggi sono stati realizzati nel periodo compreso tra il 20 Aprile e il 4 maggio 2009, ed hanno raggiunto la profondità massima di 33 metri dal p.c.(N2 – N3) mentre il sondaggio N1 si è fermato a 30 m dal p.c..



Figura 64 - Particolari della sonda CMV 900

STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE

Aumento delle volumetrie attraverso la sopraelevazione del colmo per la discarica "Tiro a Segno" ubicata in Loc. Navacchio nel Comune di Cascina (PI) gestita da Ecofor Service S.p.A.

I dati ottenuti attraverso le stratigrafie dei sondaggi hanno permesso di identificare in modo diretto la serie dei terreni attraversati. Per i sondaggi in esame, a partire dal piano di campagna, si osserva uno spessore di terreno vegetale e conglomerato stabilizzato variabile fra un minimo di 0.10 metri in N3 ad un massimo di 0.80 metri in N1.

Al di sotto di questo strato superficiale si riconosce in tutti i sondaggi uno spessore di terreni costituiti da Argille limose e Argille con Limo fino ad una profondità variabile fra i 5,30 e 5,45 metri, in corrispondenza rispettivamente dei sondaggi N1 e N2 e i 7.20 metri in corrispondenza del sondaggio N3. L'orizzonte individuato è caratterizzato da Argille con una frazione consistente di Limi, generalmente da molle a mediamente compatte (valori al pocket penetrometer compresi in media fra 0.2 e 3.0 kg/cm²), di colore marrone-nocciola con striature grigio-azzurre. Le carote analizzate evidenziano, per l'orizzonte in esame, la presenza di rari inclusi litici, a volte completamente alterati, di dimensioni millimetriche; sono altresì presenti patine e noduli derivanti da precipitazione di carbonatica, nonché elementi carboniosi e lignitiferi.

Al di sotto di questo livello è presente un orizzonte costituito da argille limose e argille con limo di colore grigio-azzurro con intercalazioni di livelli sabbiosi a diverso tenore di argilla e limo, fino a raggiungere la massima profondità indagata. Gli orizzonti più francamente sabbiosi sono in genere a granulometria fine o medio-fine di colore grigio o grigio scuro in corrispondenza di resti conchigliari o materiale organico lignitifero. Presentano uno spessore variabile da pochi centimetri a qualche metro. Per quanto riguarda invece i livelli di argilla limosa hanno colorazione da grigio chiaro a grigio-azzurre con zonature nocciola e beige. Presentano una resistenza alla compressione semplice (pocket) con valori variabili fra 0.0 kg/cm² fino a 1.1 -1.4 kg/cm², che individuano una consistenza da molto molle a molle. L'orizzonte individuato è pertanto costituito da più livelli di Argille limose e limi argillosi nei quali può variare anche notevolmente la percentuale di fine, in alternanza con livelli sabbiosi.

In sintesi, l'analisi delle stratigrafie dei sondaggi eseguiti all'interno del perimetro della discarica ha messo in evidenza una situazione in cui, al di sotto di un livello generalmente continuo di argille limose compatte, che da p.c. arriva fino ad una profondità massima di 7.20 m, vi è un orizzonte di spessore medio superiore ai 20.0 m costituito da una alternanza di argille limose e livelli minori di sabbie, con variabile tenore di materiali fini, che raggiungono profondità superiori a 30.0 - 33.0 m dal p.c. La ricostruzione stratigrafica dei sondaggi eseguiti ha confermato il modello stratigrafico presentato al paragrafo precedente.

4.5.4. Sismicità dell'area

Il Decreto Ministeriale del 19 marzo 1982, entrato in vigore il successivo 19 giugno, ha classificato soggetti a rischio sismico 182 Comuni della Toscana su un totale di 287, di cui circa 130 inseriti per la prima volta nell'elenco. Secondo tale decreto il Comune di Cascina è stato classificato all'interno della Zona 2.

STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE

Aumento delle volumetrie attraverso la sopraelevazione del colmo per la discarica "Tiro a Segno" ubicata in Loc. Navacchio nel Comune di Cascina (PI) gestita da Ecofor Service S.p.A.

A seguito dell'OPCM 3274 del 20/03/2003, con conseguente DGR della Toscana n. 604 del 16/06/2003, è stata formulata una nuova classificazione del territorio nazionale che ha definito l'appartenenza del territorio comunale di Cascina alla Zona 2.

A seguito dell'OPCM 3519 del 29/04/2006, con DGR della Toscana n. 431 del 19/06/2006, il territorio comunale di Cascina è stato inserito nella nuova Classe 3S.

Ulteriore modifica è stata effettuata a seguito della D.G.R. della Toscana n. 878 del 8/10/2012 che ha aggiornato la precedente classificazione sismica regionale inserendo il territorio comunale in Zona 3.

Con D.G.R. della Toscana n. 421 del 26/05/2014 è stato approvato un aggiornamento della classificazione sismica regionale relativo all'aggiornamento dell'allegato 1 (elenco dei comuni) e dell'allegato 2 (mappa) della D.G.R. della Toscana n. 878 dell'8 ottobre 2012; con tale aggiornamento, il territorio comunale di Cascina è stato confermato in Zona 3, con la massima accelerazione attesa al suolo (ag) di 0.120g (TR di 475 anni).

Anno	1982	2003	2006	2012	2014
Normativa	DM del 19 marzo 1982	OPCM 3274 del 20/03/2003 - Del. G.R.T. 604 del 16 giugno 2003	OPCM 3519 del 29/04/2006 - Del. G.R.T. 431 19 giugno 2006	DGR della Toscana n 878 del 8/10/2012	GR della Toscana n 421 del 26/05/2014
Zona sismica	Zona 2	Zona 2	Zona 3S	Zona 3	Zona 3

Tabella 69 – Storia della Classificazione sismica del Comune di Cascina

4.5.5. Uso del suolo

L'individuazione degli usi del suolo nel territorio interessato dalla discarica del Tiro a Segno è stata eseguita attraverso l'ausilio della tavola QC07c "Risorse agro-ambientali – Uso del suolo" di corredo al P.T.C. della Provincia di Pisa. e consultabile nel Sistema Informativo Territoriale.

Il sito in esame è situato a circa 3,0 km a sud-ovest dell'abitato di Navacchio, in un'area morfologicamente pianeggiante, e si sviluppa a quote topografiche comprese fra 1,6 e 2,0 m s.l.m. L'area in esame è una tipica area di pianura agricola attraversata da innumerevoli canali e fossi che ne consentono il drenaggio. I suoli dell'area della discarica sono identificati come terreni argillosi-limosi di pianura (depositi alluvionali).

Nella seguente figura viene mostrato un estratto della tavola del P.T.C. della Provincia di Pisa.

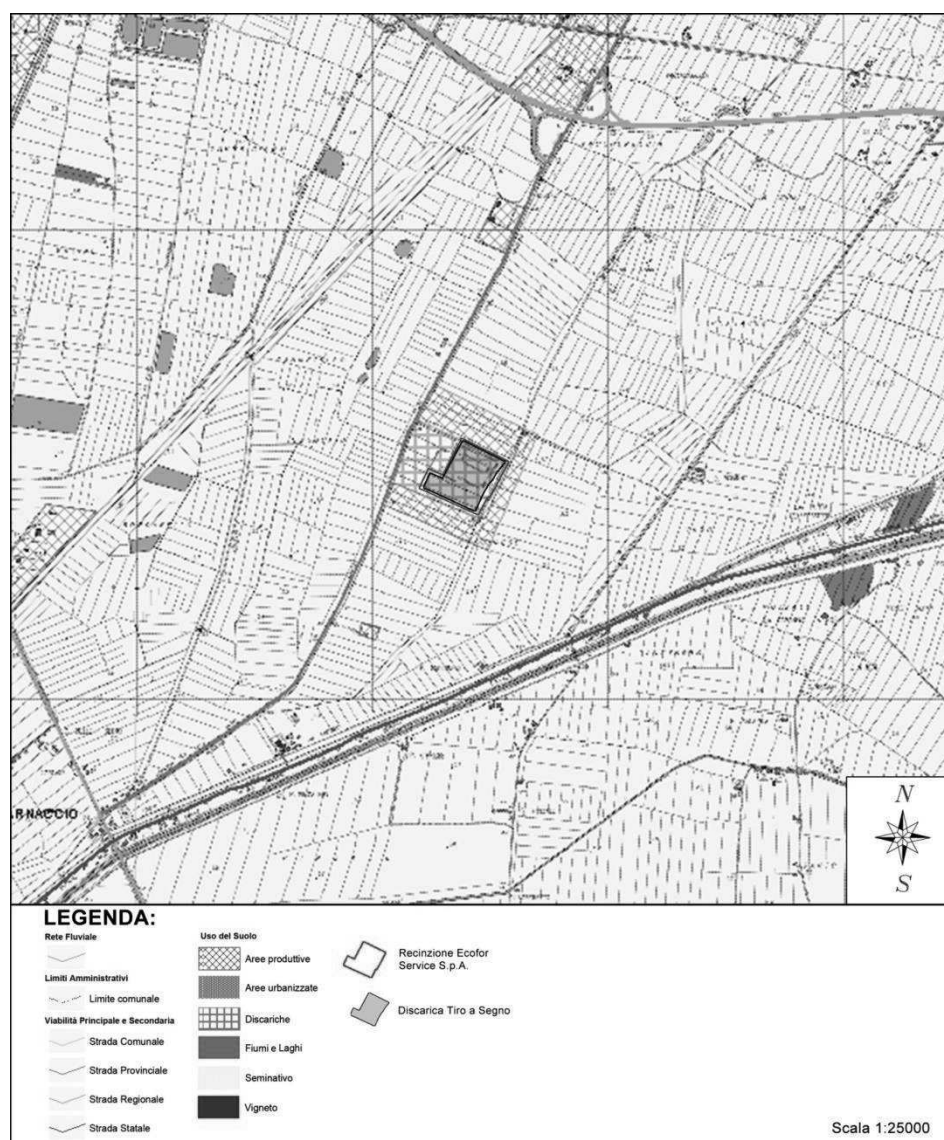


Figura 65 – Ubicazione dell'area di Studio rispetto alla carta dell'uso del suolo del P.T.C.P. (estratto modificato)

Per quanto concerne più direttamente l'area di previsto intervento, la tavola delimita il sito nella classe di uso del suolo Discariche. Sui lati nord, est e sud, dell'impianto di discarica per un'estensione limitata, la carta riporta una classe di uso del suolo per Aree produttive, mentre il restante territorio rientra nella classe Seminativo.

La caratterizzazione delle principali forme colturali dei suoli nel territorio in esame è legata sia ad aspetti di tipo litologico sia ad aspetti di carattere socio economico.

I terreni superficiali sono costituiti essenzialmente da terreni alluvionali o palustri limosi e argillosi, ricchi in Sali, soprattutto cloruri e solfati, che determinano la presenza di coltivazioni specializzate che riescono a sopportare la presenza di un terreno con questo tipo di chimismo. La conseguenza di questo tipo di situazione ha determinato lo sviluppo di colture costituite quasi esclusivamente da seminativo semplice per lo più in avvicendamento.

STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE

Aumento delle volumetrie attraverso la sopraelevazione del colmo per la discarica "Tiro a Segno" ubicata in Loc. Navacchio nel Comune di Cascina (PI) gestita da Ecofor Service S.p.A.

4.6. Flora, fauna ed ecosistemi

Per la descrizione delle componenti ambientali della flora e della fauna è stato fatto esplicito riferimento alla documentazione contenuta nella Verifica di Impatto Ambientale, anno 2011, relativa *all'ampliamento della cella monodedicata destinata allo smaltimento di rifiuti contenenti amianto (RCA) per la discarica in località Tiro a Segno nel comune di Cascina (PI)*.

4.6.1. La vegetazione nella piana alluvionale di Cascina-Navacchio

La pianura pisana, così come altre pianure alluvionali della Toscana, costituisce il luogo di raccolta e di smaltimento delle acque provenienti dalle zone collinari circostanti e del fiume Arno, acque che un tempo, per la difficoltà di deflusso, allagavano vaste aree di pianura soggette a impaludamento, creando le condizioni ecologiche per l'insediamento di un caratteristico mosaico di boschi igrofili, formazioni riparie, laghi e paludi permanenti o temporanee. Ancora oggi, nonostante il notevole condizionamento antropico, l'area è soggetta a fenomeni alluvionali, ma sono ormai quasi ovunque scomparse le caratteristiche formazioni vegetali di pianura.

L'originario paesaggio vegetale è stato infatti trasformato, negli ultimi due secoli, da una intensa utilizzazione antropica, iniziata con la bonifica di queste aree a fini agricoli (*Pedreschi, 1951; Cori e Lombardi, 1994*) e, più recentemente, da una espansione dei centri abitati, delle aree industriali, delle sedi estrattive e dei sistemi viari.

A tali interventi devono essere aggiunte alcune opere idrauliche (Canale Emissario di Bientina, Canale Scolmatore, ecc.) e numerosi interventi diretti sul corso del fiume Arno (rettificazioni, restringimenti dell'alveo presso i centri abitati, canalizzazioni e formazioni di tratti pensili sulla pianura circostante).

Le formazioni ripariali oggi si presentano alterate sia in termini quantitativi che qualitativi, con una riduzione dello spessore delle formazioni, ridotte ad una fascia di pochi metri (spesso a causa dello sviluppo delle attività agricole intensive) e con una riduzione della valenza ecologica, soprattutto in considerazione della scomparsa o dell'estrema riduzione delle formazioni arboree e della presenza di formazioni vegetali di sostituzione, costituite in parte da specie esotiche.

Il paesaggio vegetale della pianura di Cascina è quindi oggi costituito da una matrice di aree agricole, ove sono ancora evidenti i "segni" di un reticolo agricolo e idraulico derivante dalla centuriazione romana (*Carratori et al., 1991*). Un reticolo peraltro ridotto, rispetto al passato, per la diffusione della meccanizzazione agricola e per la realizzazione di un'agricoltura intensiva che ha causato anche la riduzione o la scomparsa dei caratteristici elementi del paesaggio agrario toscano, quali siepi alberate, filari di acero campestre o di olmo campestre, ecc. (*cfr. Rossi et al., 1994*). All'utilizzo agricolo si è quindi sovrapposto un

intenso sviluppo urbanistico, con edificato civile e industriale, sviluppatosi soprattutto lungo l'asse Pontedera - Cascina - Pisa, ma che ha interessato anche ampie zone della pianura precedentemente interessate da attività agricole.

4.6.2. Metodologia di studio

L'indagine ha riguardato la fisionomia della vegetazione e, ove assente, l'uso del suolo.

Le unità di vegetazione individuate sono state caratterizzate dal punto di vista fitosociologico (*Braun-Blanquet, 1932*), al fine di individuarne le caratteristiche ecologiche e la composizione floristica.

Lo studio vegetazionale e floristico è stato effettuato tramite l'analisi della scarsa documentazione bibliografica esistente (*Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Pisa, 2004; Carratori et al. 1991; Rotini et al., 1969*) e attraverso l'analisi di una ripresa aerea. Le unità individuate sono state poi assegnate alle varie tipologie elencate in legenda attraverso un sopralluogo sul campo. L'analisi in loco si è limitata ad una verifica delle tipologie vegetazionali presenti, analizzando soprattutto gli aspetti fisionomico-strutturali, la loro composizione floristica e la caratterizzazione ecologica.

La restituzione cartografica è stata infine effettuata incrociando ancora una volta le informazioni raccolte in campagna con le evidenze della ripresa aerea.

Le unità di vegetazione individuate sono state classificate secondo la codificazione europea *CORINE (Commission of the European Communities, 1991)* e sono state quindi attribuite alle rispettive unità fitosociologiche (*Braun-Blanquet, 1932*).

L'analisi della flora è stata realizzata mediante la caratterizzazione floristica di ciascuna unità di vegetazione.

Il quadro vegetazionale complessivo risulta costituito da 15 distinte tipologie. Gli elementi di maggiore interesse vegetazionale sono confinati negli stagni artificiali, nei territori ad essi limitrofi, in alcuni fossi di bonifica e, in parte, nel Canale Emissario di Bientina. Il territorio agricolo e le aree urbanizzate sono invece caratterizzate da formazioni vegetali e popolamenti floristici antropogeni o comunque costituite da elementi cosmopoliti, rappresentati anche da popolamenti di specie esotiche.

Di seguito vengono quindi descritte le diverse unità di vegetazione presenti nell'area di studio, le formazioni vegetali e i popolamenti floristici presenti. Nella pagina seguente in Figura 66 è visibile la distribuzione areale della vegetazione.

