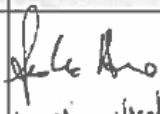
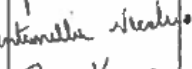
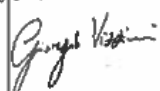
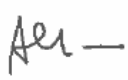


Centro Nazionale per la rete nazionale dei laboratori

Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia

Aree ex Ilva ed ex Italsider incluse nel SIN Bagnoli-Coroglio

Valutazione dei dati ottenuti dal soggetto obbligato nell'ambito dell'applicazione dell'Analisi Assoluta di Rischio sito-specifica per i siti contaminati e criteri per il loro utilizzo.

Rev.	Data	Preparato da		Verificato da		Approvato da	
		Funzione	Firma	Funzione	Firma	Funzione	Firma
0	13/10/2017	Federico Araneo Antonella Vecchio Giorgio Vizzini	  	Giancarlo Torri (coordinatore GDL ISPRA)		Anna Maria Cicero (Resp. CN-LAB) Claudio Campobasso (Resp. GEO)	 

Autori:

Federico Araneo, Antonella Vecchio, Giorgio Vizzini.

Il rapporto è stato condiviso nell'ambito del Gruppo di lavoro ISPRA :

Giancarlo Torri (coordinatore) Federico Araneo, Stefania Balzamo, Damiano Centioli, Paolo De Zorzi, Chiara Maggi, Fabio Pascarella, Antonella Vecchio, Giorgio Vizzini

Sommario

Premessa	1
Carbonio organico nei suoli	2
Confronto con dati di controllo	3
Speciazione degli Idrocarburi secondo la classificazione MADEP	5
Classificazione MADEP nei suoli	5
Confronto con i dati di controllo	6
Osservazioni.....	8
Classificazione MADEP nelle acque sotterranee	9
Coefficiente di ripartizione solido-liquido (Kd).....	10
Kd dell' Arsenico	10
Confronto con i dati di controllo	11
Kd del Berillio.....	12
Kd del Cadmio.....	12
Confronto con i dati di controllo	13
Kd del Cobalto.....	13
Kd del Cromo	14
Confronto con i dati di controllo	14
Kd del Rame.....	14
Confronto con i dati di controllo	15
Kd del Mercurio	15
Kd del Nichel.....	16
Kd del Piombo.....	16
Confronto con i dati di controllo	16
Kd dello Stagno	17
Confronto con i dati di controllo	18
Kd del Vanadio.....	18
Confronto con i dati di controllo	19
Kd dello Zinco	19
Confronto con i dati di controllo	19
Osservazioni generali sul Kd	20
Granulometria	21
Granulometrie nei campioni di suolo superficiale	21

Granulometrie nei campioni di suolo profondo insaturo.....	24
Granulometrie nei campioni di suolo saturo.....	27
Confronto con i dati di controllo	30
Densità del suolo	34

Premessa

Il presente documento è redatto nell'ambito della "validazione delle attività di caratterizzazione integrativa delle aree ex Ilva ed ex Italsider incluse nel sin Bagnoli-Coroglio" richiesta dal Commissario Straordinario del Governo per la bonifica ambientale e rigenerazione urbana dell'area di rilevante interesse nazionale Bagnoli-Coroglio al Presidente dell'ISPRA e del Sistema Nazionale di Protezione Ambientale.

Per tali aree INVITALIA SpA è stata individuata quale Soggetto Attuatore deputato alla predisposizione e attuazione del programma di risanamento ambientale e rigenerazione urbana. Nel ruolo assegnatole, INVITALIA SpA ha affidato alla società Natura srl l'appalto di servizi per l'esecuzione del "Piano di caratterizzazione integrativo Complessivo delle Aree del sito di interesse nazionale Bagnoli-Coroglio" concernente l'esecuzione di attività di perforazione e prelievo di campioni ambientali e relative analisi di laboratorio.

I valori ottenuti per i diversi parametri sito specifici per l'Analisi di Rischio devono descrivere una caratteristica della matrice indagata a scala di sito e non devono essere confrontati a livello puntuale con valori soglia. Per tale motivo l'obiettivo del presente elaborato è quello di effettuare una valutazione dei risultati ottenuti dal Soggetto Attuatore durante la fase di caratterizzazione dei parametri sito-specifici ai fini del loro utilizzo come dati di input nell'Analisi Assoluta di Rischio.

All'interno del SNPA, si è costituito un gruppo di lavoro che si occupa più in generale dell'intero percorso di validazione delle attività di caratterizzazione effettuate dal Soggetto Attuatore. Il coordinamento di tale gruppo di lavoro è in capo ad ISPRA, le attività di campo (controlli, supervisione e sigillatura contro campioni) è stata effettuata da ARPAC e da ISPRA, mentre le analisi sono state effettuate da ARPAC e da ARPAV. Per quanto riguarda gli analiti oggetto del presente rapporto di valutazione, ARPAC ha provveduto alle analisi di Carbonio Organico, MADEP, e granulometria, mentre ARPAV ha effettuato le determinazioni del Kd sui metalli e metallodi.

All'interno del documento i riferimenti al laboratorio di Natura srl, sono da intendersi al soggetto attuatore.

Si riporta in allegato 1 l'elenco delle attività di misura previste dal piano di caratterizzazione nella Conferenza di Servizi del 14 aprile 2016 convocata dal Commissario Straordinario del Governo per la bonifica ambientale e rigenerazione urbana dell'area di rilevante interesse nazionale Bagnoli-Coroglio.

In linea generale per ciascun parametro si è proceduto ad effettuare un'analisi dei dati prodotti dal Soggetto Attuatore (numero di determinazioni, coerenza dei risultati, studio statistico della popolazione di dati, ecc.); sono quindi stati effettuati i confronti con le controanalisi effettuate dal SNPA e si conclude con suggerimenti e/o prescrizioni sull'utilizzo dei dati e dei risultati ottenuti.

Carbonio organico nei suoli

Natura srl ha eseguito la determinazione del Carbonio Organico in 163 campioni di suolo determinati con metodo DM 13/09/99 SO n° 185 GU n° 248 21/10/99 Met VII.3 come concordato con gli enti di controllo.

I risultati sono relativi a 112 campioni di suolo prelevati a profondità comprese tra 0 metri e la frangia capillare (suoli insaturi) e 51 campioni di suolo saturo.

I campioni denominati S165 SATURO (4,0 - 5,0 m - certificato analitico 17LA06080) e S75 SATURO (10-11 m - certificato analitico 17LA07089) sono risultati inferiori al limite di rivelabilità pari a 1000 mg/kg. Tale limite è significativamente maggiore delle determinazioni effettuate per altri campioni. Per l'utilizzo di questi dati occorrerà siano fornite giustificazioni in merito a tali limiti di rivelabilità.

Dei 112 campioni di suolo insaturo, 61 sono stati associati ai suoli superficiali (profondità 0-1 metro da p.c.), 90 al suolo profondo insaturo (profondità maggiore di 1 metro). Numerosi campioni sono stati considerati sia tra i suoli superficiali che tra i suoli profondi per il *range* di profondità di campionamento che interessava le due tipologie di terreno.

I risultati mostrati in Figura 1 mostrano un andamento del Carbonio organico coerente con le aspettative: la popolazione nel suolo saturo mostra i valori minori, quella del suolo insaturo profondo valori intermedi e quella del suolo superficiale i valori più elevati. Fa eccezione la coda superiore della popolazione del suolo saturo in cui i campioni mostrano concentrazioni anomale.

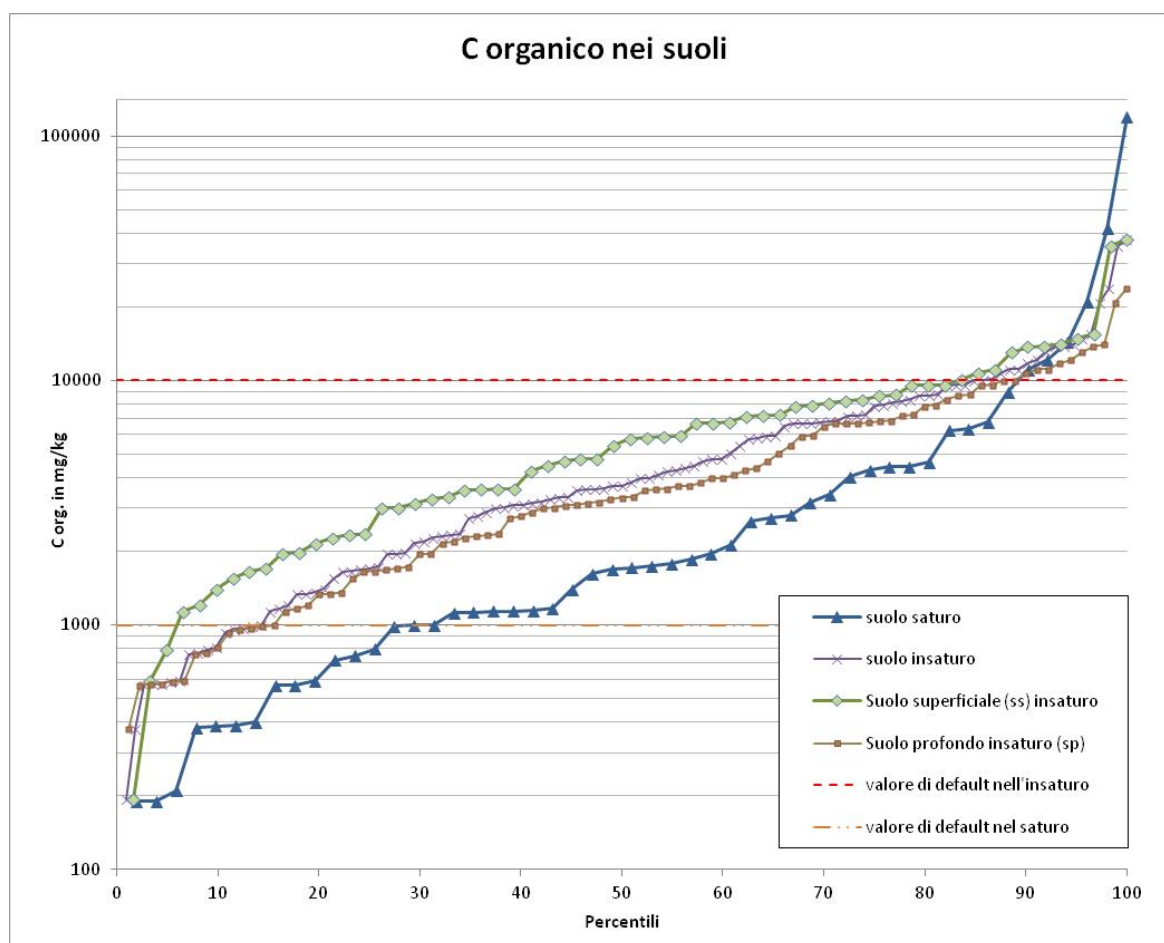


Figura 1: distribuzione della popolazione dei dati Natura srl sul Carbonio Organico

I valori anomali più elevati riscontrati nel suolo saturo in corrispondenza di S98 e S103 potrebbero essere solo in parte influenzati dalla presenza di Idrocarburi C>12 che nel primo caso è risultata pari a 209 mg/kg,

nel secondo pari a 102 mg/kg. In mancanza di ulteriori giustificazioni si ritiene che essi debbano essere trattati come potenziali *outliers*.

La maggior parte dei valori nel suolo insaturo risulta inferiore al valore di default indicato nel “Documento di riferimento per la determinazione e la validazione dei parametri sito-specifici utilizzati nell’applicazione dell’analisi di rischio ai sensi del DLgs 152/06”. Il valore maggiormente conservativo ai fini dell’analisi di rischio è il minimo.

La maggior parte dei valori nel suolo saturo risulta superiore al valore di default utilizzato nell’applicazione dell’analisi di rischio ai sensi del DLgs 152/06. Occorrerà verificare se tale evidenza possa essere dovuta ad una contaminazione da Idrocarburi nelle acque di falda. In tal caso sarebbe auspicabile l’utilizzo del valore di default maggiormente cautelativo. Si ricorda che il valore maggiormente conservativo è quello minimo.

Confronto con dati di controllo

Il laboratorio SNPA ha eseguito determinazioni di carbonio organico su 14 campioni di controllo. Si osservano, rispetto ai dati dei corrispondenti campioni analizzati da Natura, ampi scostamenti che in 9 casi su 14 superano il 50% rispetto ai valori misurati dall’ente di controllo.

Si osserva una discrepanza nel nome di un campione di confronto che per il SNPA risulta essere S34C3 e per il laboratorio di parte S34C2.

All’interno degli scostamenti maggiori si registra una prevalente sottostima dei valori determinati da Natura srl rispetto agli enti di controllo. In considerazione del fatto che, per il parametro “Carbonio organico” l’aumento della cautela si ottiene alla diminuzione dei valori del parametro, si può affermare che i dati eventualmente derivati dai risultati di Natura srl sono utilizzabili in quanto cautelativi ai fini dell’analisi di rischio.

Risulta non accettabile invece il valore determinato da Natura per il campione S17C1 (valore massimo tra i campioni oggetto di confronto con laboratorio SNPA).

Tabella 1: Determinazione del carbonio organico da parte del SNPA e di Natura srl. sui campioni di confronto e relativo scostamento.

SNPA		Laboratorio di parte			
C organico (mg/kg)		C organico (mg/kg)		Scostamento %	Cautela
S201C	2600	S201C	3318	28%	No
S10 C1	6100	S10C1	4777	-22%	Si
S74 C3	1600	S74C3	574	-64%	Si
S72 C1	7200	S72C1	194	-97%	Si
S35 C2	6600	S35C2	2185	-67%	Si
S36 C3	3700	S36C3	3087	-17%	Si
S80 C1	3400	S80C1	4256	25%	No
S108	5700	S108C	376	-93%	Si
S221	4500	S221C	1402	-69%	Si
S34C3	4000	S34C2	964	-76%	Si
S104	3900	S104C	930	-76%	Si
S211	3800	S211C	806	-79%	Si
S17 C1	4100	S17C1	10086	146%	No
S2 C1	4500	S2C1	3582	-20%	Si

I valori di Carbonio organico, come tutti i parametri per l'Analisi di Rischio, devono descrivere una caratteristica del suolo a scala di sito e non devono essere confrontati a livello puntuale con valori soglia. Gli scostamenti osservati non impediscono quindi l'utilizzo dei parametri ai fini dell'analisi di rischio.

Sarà facoltà del progettista determinare il valore del Carbonio organico da inserire in input dell'Adr sulla base delle seguenti osservazioni:

- Il numero di determinazioni effettuate consente l'utilizzo di indicatori statistici (LCL 95%, mediana, studio del tipo di distribuzione, individuazione di outliers ecc.)
- Per quanto osservato nel confronto con i risultati del laboratorio SNPA si ritiene che l'applicazione eventuale di criteri statistici per la determinazione del parametro Carbonio organico debba prevedere indicatori non influenzati dai valori relativi ai percentili più elevati. A titolo di esempio sarebbe accettabile l'utilizzo della mediana ma non della media oppure prevedere lo scarto dei valori più elevati.
- Il progettista potrà valutare l'utilizzo di differenti valori di Carbonio organico in funzione dell'orizzonte stratigrafico di riferimento.
- Il progettista potrà valutare l'utilizzo di valori di Carbonio organico in funzione di differenti subaree determinabili sulla base di quanto descritto nei criteri metodologici per l'Analisi di Rischio.
- Qualora risulti una forte correlazione spaziale (es. valori più alti o più bassi in aree ben definite) sarà possibile trattare separatamente i dati.
- Nel caso in cui l'individuazione di eventuali subaree comporti la presenza esclusiva di valori anomali, questi non potranno essere utilizzati e per tali subaree sarà necessario effettuare nuove misure oppure utilizzare valori di default.
- Qualora, nell'individuazione di subset di popolazioni ci si trovi nella condizione di una popolazione <10 misure, per quella popolazione andrà utilizzato il valore maggiormente conservativo, cioè il minore.

Speciazione degli Idrocarburi secondo la classificazione MADEP

Classificazione MADEP nei suoli

Sono stati sottoposti alla speciazione degli idrocarburi secondo la classificazione MADEP 146 campioni di suolo con metodo EPA 5035A 2002 + EPA 8015D 2003 + EPA 3545A 2007 + EPA 8270D

I risultati sono relativi a 70 campioni di suolo superficiale (0-1 metri da p.c.) e 76 nel suolo profondo (profondità maggiore di 1 metro da p.c. fino alla frangia capillare).

Da un raffronto delle analisi svolte dalla stessa ditta per gli idrocarburi C>12 (frazione largamente più rappresentata tra i risultati analitici) e la classificazione tipo MADEP (alifatici C19-C36, Alifatici C13-C18 e aromatici C11-C22), si nota che per i campioni sotto riportati a fronte di superamenti della CSC di cui alla colonna A (pari a 50 mg/kg) per gli idrocarburi C>12 non risulta eseguita la speciazione MADEP.

Tabella 2: elenco dei campioni con superamenti del CSC per idrocarburi C>12 per i quali non risulta eseguita la speciazione MADEP.

Campione	Codice Laboratorio	C12-C40 (dati Natura srl)	
		Conc.(mg/Kg s.s.)	U(mg/Kg s.s)
S204C1	17LA06076	458	138
S3C2	17LA08848	154	47
S48C1	17LA07069	127	39
S74C1	17LA07217	105	31
S72C1	17LA07214	82	25
S48C2	17LA07070	78	23
S78C1	17LA07075	78	24
S234C2	17LA09546	845	251
S245C3	17LA09749	493	148
S250C2	17LA09617	462	136
S243C1	17LA09310	337	98
S254C2	17LA09556	310	78
S242C1	17LA09307	309	92
S230C1	17LA09541	252	75
S234C1	17LA09545	201	61
S239C1	17LA09318	177	52
S229C2	17LA09539	173	52
S236C1	17LA09547	167	50
S229C1	17LA09538	164	49
S230C2	17LA09542	147	44
S233C2	17LA09363	109	33
S237C1	17LA09315	106	31
S231C1	17LA09543	96	29
S241C1	17LA09304	92	27
S233C3	17LA09364	88	27
S249C1	17LA09613	88	27
S252C2	17LA09623	81	24
S233C1	17LA09362	78	24

Dall'analisi delle determinazioni effettuate si osserva che, per alcune classi, numerosi campioni risultano inferiori al limite di rivelabilità (Tabella 3).

Le classi sono quelle degli idrocarburi più leggeri, coerentemente ai risultati sugli idrocarburi C<12 per i quali il laboratorio di parte ha restituito un solo superamento della CSC su 686 campioni e 607 risultati inferiori al limite di rivelabilità. Nella tabella di seguito sono riportati il numero di casi in cui le diverse classi MADEP sono risultate inferiori al limite di rivelabilità, posto pari a 5 mg/kg.

Tabella 3: Numero di campioni con valori inferiori al limite di rivelabilità per le diverse classi MADEP nei dati forniti da Natura srl

		Suolo Superficiale	Suolo Profondo	Totale
Numero campioni MADEP		70	76	146
Numero campioni per classi MADEP	C5-C8 Alifatici	63	69	142
	C9-C12 Alifatici	69	74	143
	C13-C18 Alifatici	1	3	4
	C19-C36 Alifatici	0	0	0
	C11-C22 Alifatici	7	4	11
	C9-C10 Alifatici	70	76	146

Le classi per le quali i risultati riportano numerosi valori inferiori al limite di rivelabilità sono gli alifatici C5-C8, gli alifatici C9-C12 e gli aromatici C9-C10. Si ritiene che tali classi possano essere escluse dalla determinazione MADEP in considerazione anche della mancanza di superamenti delle CSC ad eccezione del campione S59C2 (suolo profondo).

Confronto con i dati di controllo

Il SNPA ha svolto le analisi su 32 campioni di controllo, 13 dei quali risultano coincidenti con quelle effettuate anche da Natura srl.

Preliminarmente si osserva che la determinazione effettuata dal SNPA è sugli alifatici C9-C18, mentre tra i dati di Natura srl sono riportati gli alifatici C13-C18 e gli alifatici C9-C12. Questo non comporta problemi di valutazione in quanto le determinazioni effettuate da Natura srl sugli alifatici C9-C12 hanno sempre restituito risultati inferiori al limite di rivelabilità anche se nel risultato restituito da Natura srl potrebbe essersi verificata una sovrastima degli Alifatici.

Dal confronto tra i dati dei 13 campioni comuni ai laboratori di parte e di controllo riportati in tabella 4, si osserva che gli scostamenti registrati sono spesso maggiori del $\pm 50\%$. Questo avviene in tutti i campioni per gli aromatici C11-C22, in 5 campioni per gli alifatici C19-C36 e in 9 campioni per gli alifatici C9-C18.

Tabella 4: determinazioni MADEP espresse come concentrazioni rilevate nei campioni di confronto. Lo scostamento rappresenta la differenza di concentrazione misurata tra il campione di controllo e quello di Natura, rapportata alla concentrazione del campione di controllo. Sono evidenziati i campioni con scostamento maggiore di $\pm 50\%$.

Campione comprensivo dello scheletro	SNPA			NATURA srl			scostamenti		
	C9÷C18 Alifatici (mg/Kg)	C19÷C36 Alifatici (mg/Kg)	C11÷C22 Aromatici (mg/Kg)	C13÷C18 Alifatici (mg/Kg)	C19÷C36 Alifatici (mg/Kg)	C11÷C22 Aromatici (mg/Kg)	Alifatici C13-C18	Alifatici C19-C36	Aromatici C11-C22
S57C1	5	53	196	18	29	67	269%	-45%	-66%
S57C3	14	128	200	15	49	69	5%	-62%	-66%
S139C1	6	79	302	24	133	12	299%	68%	-96%
S143C1	12	139	276	22	68	56	87%	-51%	-80%
S178C1	16	182	181	28	128	11	78%	-30%	-94%
S179C1	7	106	149	33	125	9	358%	18%	-94%
S188C3	44	500	1083	81	458	181	83%	-8%	-83%
S153PZ27C1	9	82	215	13	69	38	42%	-16%	-82%
S153PZ27C3	23	200	219	90	38	30	295%	-81%	-86%
S225C1	14	120	325	13	39	41	-6%	-68%	-87%
S225C2	4	50	112	16	39	23	355%	-22%	-79%
S152C1	7	94	191	12	66	21	83%	-29%	-89%
S156C2	17	117	164	16	92	22	-7%	-21%	-87%

Oltre agli elevati scostamenti in termini di concentrazioni misurate, si osserva anche una diversa distribuzione percentuale delle frazioni idrocarburiche che risultano non confrontabili tra i dati di Natura srl e quelli di controllo.

Nella tabella 5 sono mostrate le miscele idrocarburiche espresse come percentuali delle varie frazioni determinate dai dati SNPA e da quelli di Natura srl. Come si può notare le miscele determinate sono diverse, non confrontabili.

Tabella 5 determinazioni MADEP espresse come percentuali delle frazioni idrocarburiche nei campioni di confronto.

	SNPA	NATURA srl
	media dei 13 campioni confronto comuni %	
C9 ÷ C18 Alifatici %	3	18
C19 ÷ C36 Alifatici %	33	55
C11 ÷ C22 Aromatici %	64	27
	media tot campioni (32 SNPA; 146 Natura)	
C9 ÷ C18 Alifatici %	4	16
C19 ÷ C36 Alifatici %	34	61
C11 ÷ C22 Aromatici %	62	23

Delle tre frazioni idrocarburiche riportate, quella degli alifatici C19-C36 presenta caratteristiche di mobilità più basse per tutti i percorsi ed un rischio minore. Per tale motivo si ritiene che la sovrastima della determinazione di tale parametro da parte di Natura srl rispetto a quella del SNPA, associato ad una sottostima degli aromatici C11-C22 sia da considerarsi non cautelativa e che ciò possa portare ad una sottostima del rischio.

Osservazioni

Per le ragioni sopra riportate le determinazioni MADEP effettuate dal laboratorio Natura srl non possono essere utilizzate all'interno dell'Analisi di rischio.

In alternativa possono essere utilizzate le determinazioni eseguite dal SNPA, la cui sintesi dei risultati espressi come percentuali delle varie frazioni determinate (32 determinazioni MADEP – 16 su suolo superficiale e 16 su suolo profondo) è la seguente:

	Media campioni suolo superficiale %	Media campioni suolo profondo %
C9 ÷ C18 Alifatici %	3	5
C19 ÷ C36 Alifatici %	34	36
C11 ÷ C22 Aromatici %	64	60

Il progettista potrà valutare l'eventualità di utilizzo di specifici rapporti tra le frazioni idrocarburiche in funzione di differenti subaree determinabili sulla base di quanto descritto nei criteri metodologici per l'Analisi di Rischio.

Qualora risulti una correlazione spaziale (es. valori più alti o più bassi in aree ben definite) sarà possibile trattare separatamente i dati.

Alla luce comunque dell'esiguità dei dati disponibili per una eventuale suddivisione in sub-aree, occorrerà in ogni caso utilizzare la distribuzione più cautelativa ovvero quella associata ad una maggiore presenza delle frazioni più mobili e/o più tossiche relative ai percorsi di esposizione selezionati (percorsi diretti, inalazione vapori e lisciviazione in falda). Esempi di distribuzioni cautelative sono mostrate nella tabella seguente.

Tabella 6: miscele idrocarburiche più cautelative per i diversi percorsi di esposizione attivabili

Campione	C9 ÷ C18 Alifatici	C19 ÷ C36 Alifatici	C11 ÷ C22 Aromatici	tipo suolo	caratteristica campione	ragione della cautela
S139C1	1,55%	20,43%	78,02%	suolo profondo	max C11-C22 suolo superficiale	cautelativo per percorsi diretti/minore RFD e lisciviazione/minore Koc
S178C1	4,16%	48,08%	47,76%	suolo superficiale	max C9-C18 suolo superficiale	cautelativo per inalazione/maggiore costante di Henry
S188C2	1,86%	25,78%	72,35%	suolo profondo	max C11-C22 suolo profondo	cautelativo per lisciviazione/minore Koc
S48C2	10,15%	21,83%	68,02%	suolo superficiale	max C9-C18 suolo profondo	cautelativo per inalazione/maggiore costante di Henry

	C9 ÷ C18 Alifatici	C19 ÷ C36 Alifatici	C11 ÷ C22 Aromatici
Costante di Henry [adim.]	6,90E+01	1,10E+02	3,00E-02
Koc [ml/g]	6,80E+05	3,98E+08	5,00E+03
RfD Ing. [mg/kg-day]	1,00E-01	2,00E+00	3,00E-02

Classificazione MADEP nelle acque sotterranee

Per la determinazione delle classi MADEP nelle acque di falda, sia il laboratorio di Natura srl che quello del SNPA ha utilizzato il campione PZ6, le cui concentrazioni di idrocarburi sono risultate maggiori della CSC.

Tra i dati prodotti da Natura srl sono riportati i risultati delle frazioni determinati mediante metodo EPH, tuttavia dal certificato analitico non si evince il metodo con il quale sia stata effettuata la determinazione degli stessi.

Si osserva inoltre che la concentrazione rilevata degli alifatici C19-C36, pari a 70 µg/L, supera di 4 ordini di grandezza la solubilità di tale classe idrocarburica indicata nella banca dati ISS-INAIL, pari a 10⁻³ µg/L. Ciò fa supporre che il campione sia affetto dalla presenza di inquinanti nella fase solida o colloidale e comunque non disciolta. La stessa considerazione in misura minore vale anche per gli alifatici C13-C18.

Benché il contributo al rischio da falda delle frazioni più pesanti non sia determinante, in quanto poco mobilizzabili sia verso gli ambienti indoor/outdoor sia in acqua, la valutazione delle stesse risulta essenziale per la definizione della reale distribuzione di tutte le classi idrocarburiche secondo MADEP, nonché di un confronto con le determinazioni effettuate dal laboratorio di parte.

Tali considerazioni inducono a richiedere un approfondimento consistente nel prelievo ed analisi di un campione dal piezometro Pz6 in contraddittorio per la ripetizione delle determinazioni delle classi MADEP che consenta di superare le incongruenze rilevate al fine di pervenire ad una misura completa e coerente tra il laboratorio Natura srl e quello del SNPA.

Coefficiente di ripartizione solido-liquido (Kd)

La determinazione del coefficiente di ripartizione solido-liquido (Kd) è stata effettuata secondo quanto indicato nella nota APAT Prot. 011376 del 4 Aprile 2007.

Il Kd esprime la tendenza di un contaminante a ripartirsi tra la fase solida e la fase liquida. I risultati analitici sono espressi come il rapporto tra la concentrazione in fase solida (mg/kg) e la concentrazione in fase liquida (mg/l).

Maggiore è il valore di Kd, maggiore è la quantità di metallo in fase solida non lisciviata e quindi non mobilizzabile. Esistono casi in cui i risultati possono essere espressi come “maggiore di” allorquando le concentrazioni nel liquido risultino inferiori al limite di rivelabilità.

Nei risultati prodotti, il laboratorio Natura srl esprime “maggiore di” ponendo sempre il valore di 1.000.000 e ciò a prescindere dal fatto che il risultato analitico sul liquido sia inferiore o meno al limite di rivelabilità. Nello specifico la dizione “>1.000.000” è stata utilizzata da Natura srl sia quando la concentrazione nel liquido è risultata inferiore al limite di rivelabilità, sia quando il rapporto tra le concentrazioni sul solido e sul liquido sono risultate quantificabili e maggiori di 1.000.000.

Si precisa che tale procedura da un punto di vista analitico non è corretta perché non viene fornita l'informazione in merito alla quantificazione del singolo campione. Tuttavia la procedura erroneamente utilizzata da Natura srl non altera i risultati ai fini dell'utilizzo dei valori di Kd per l'Analisi di Rischio, poiché come prescritto dai criteri metodologici per l'Analisi di Rischio, si adoperano i valori meno cautelativi ovvero certamente inferiori a 1.000.000.

I valori di default dei Kd per i relativi metalli sono ricavati dalla “Banca Dati ISS-INAIL per l'Analisi di Rischio Sanitario Ambientale” e dalla Tabella 8 del relativo documento di supporto.

Nell'analisi delle distribuzioni dei dati forniti da Natura srl i risultati di Kd “> 1000000” sono stati posti pari a 1.000.000. Nei casi in cui il rapporto delle concentrazioni rilevate nel liquido e nel solido trasmesse da Natura forniscono un Kd minore di 1.000.000, è stato inserito il valore di tale rapporto.

Kd dell' Arsenico

Sono stati effettuate da Natura srl 89 determinazioni di cui solo una presenta un Kd > 1.000.000.

Il valore di background adottato per l'area oggetto del procedimento è di 29 mg/kg

Il valore di default del Kd per l'Arsenico è dipendente dal pH, e per pH pari a 8, è di 31.

Nella Tabella 7 sono riportate le caratteristiche di sintesi della popolazione di dati prodotti da Natura srl. Tutti i valori di Kd risultano superiori al valore di default relativo a pH 8. Il tipo di distribuzione risulta essere non parametrica.

Tabella 7: sintesi risultati Kd per l'Arsenico

Kd Arsenico (dati Natura srl)	
CSC (mg/kg)	20
Background (mg/kg)	29
numero determinazioni di Kd	89
numero >1.000.000	1
Default (pH 8)	31
numero determinazioni < default	0
numero determinazioni > default	89
tipo distribuzione	non parametrica

ipotesi 1 outlier	1.000.000
95% Chebyshev (Mean, Sd) LCL	1.538
25° percentile	999

ipotesi 2 outliers	34.470; 1.000.000
95% Chebyshev (Mean, Sd) LCL	1.809
25° percentile	984

Da notare che il valore dell'LCL95% (*lower confidence level*) mostra un aumento nel caso in cui gli *outliers* aumentino. Ciò sta a significare che la distribuzione presenta un trend e che la media (o gli indicatori da essa derivati, quali, appunto LCL95% che è una stima conservativa della media) non rappresenta un indicatore robusto.

Confronto con i dati di controllo

Il SNPA ha svolto le analisi su 11 campioni di controllo, 10 dei quali risultano effettuati anche da Natura srl. Lo scostamento registrato risulta maggiore del $\pm 20\%$ in 7 determinazioni sul solido, 6 sul liquido.

Soffermandosi sulla determinazione del Kd, si osserva che degli 8 campioni ove il raffronto tra i risultati ha restituito maggiori scostamenti, per 6 di essi il laboratorio di parte ha determinato valori inferiori rispetto all'ente di controllo. Come precedentemente illustrato, per il parametro Kd l'aumento della cautela si ottiene alla diminuzione del parametro; si può affermare che l'errore relativo delle determinazioni eseguite dal laboratorio di parte rispetto a quelle eseguite dall'SNPA è generalmente a favore di cautela, come mostrato dalla retta di regressione di Figura 2.

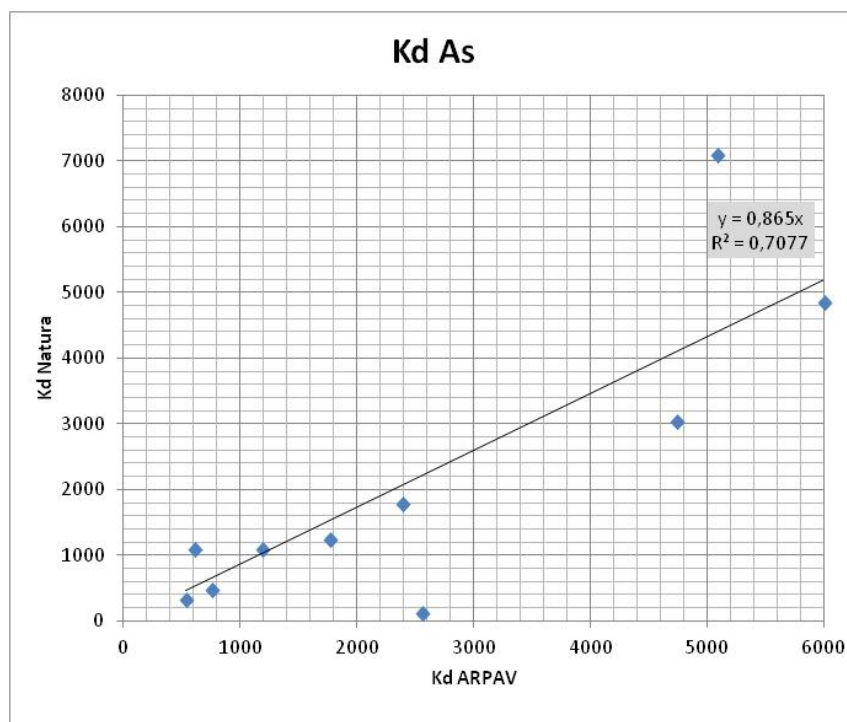


Figura 2: confronto tra i risultati di Kd tra i dati Natura srl e di controllo e retta di regressione

Per tale ragione da un punto di vista operativo potranno essere utilizzati i dati relativi alle 89 determinazioni del laboratorio di parte.

Per le ragioni sopra elencate è da preferire l'utilizzo di indicatori non condizionati dalla media o dai valori più elevati (potenziali *outliers*), quali ad esempio il 25° percentile che mostra una variazione minima all'aumentare del numero di *outliers*.

Kd del Berillio

Sono stati effettuate da Natura srl 281 determinazioni. Tuttavia si osserva che i superamenti riscontrati dallo stesso laboratorio rispetto al valore di background adottato per l'area oggetto del procedimento di 9 mg/kg sono solo 2 (campioni S29C2 e S81C1). Per tali campioni i valori di Kd sono eterogenei risultando pari a 142.678 e 32.519, a fronte di un valore di default per pH pari a 8, tipico dell'area in esame, di 100.000.

Non esistono determinazioni di Kd per questo metallo effettuate dal SNPA, non avendo riscontrato alcun superamento nei controcampioni.

In mancanza di risultati di controanalisi e in considerazione del fatto che la quasi totalità delle determinazioni effettuate da Natura srl sono state effettuate su campioni non risultati eccedenti il valore di background, si ritiene opportuno l'utilizzo del valore di default. Qualora il proponente lo ritenga necessario, andrà valutata l'opportunità di effettuare un'integrazione alle determinazioni del Kd per il Berillio.

Kd del Cadmio

Sono stati effettuate da Natura srl 17 determinazioni, 5 delle quali hanno mostrato Kd > 1.000.000.

La CSC per il Cadmio di cui alla tabella 1 colonna A All.5 Parte Quarta Titolo V del D.Lgs.152/06 è di 2 mg/kg

Il valore di default del Kd per il Cadmio è dipendente dal pH, e per pH pari a 8, è di 4300.

Tabella 8: sintesi risultati Kd per il Cadmio

Kd Cadmio (dati Natura srl)	
CSC (mg/kg)	2
Background (mg/kg)	-
numero determinazioni di Kd	17
numero >1.000.000	5
Default (pH 8)	4300
numero determinazioni < default	1
numero determinazioni > default	16
Outliers	nessuno
95% Chebyshev (Mean, Sd) LCL	15.952

Confronto con i dati di controllo

Il SNPA ha svolto le analisi su 5 campioni di controllo, 4 dei quali risultano effettuati anche da Natura srl.

In 4 casi su 5 dei campioni di controllo (3 su 4 quelli di confronto con i dati di Natura srl) la concentrazione nel liquido è stata inferiore al limite di rivelabilità. Per l'unico campione per il quale la concentrazione è risultata maggiore del limite di rivelabilità lo scostamento registrato tra i risultati del SNPA e del laboratorio Natura srl è piuttosto contenuto essendo pari al 13%.

Si considera nel caso in esame utilizzabile l'LCL95% della media coerentemente a quanto previsto nei "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi di rischio per i siti contaminati".

Kd del Cobalto

Sono stati effettuate da Natura srl 11 determinazioni con un valore nel liquido maggiore del limite di rivelabilità.

Si osserva che i superamenti riscontrati dallo stesso laboratorio Natura srl rispetto al valore di background adottato per l'area oggetto del procedimento di 120 mg/kg sono solo 3 (campioni S29C2, S129C1 e S181C1). Per tali campioni si osserva quanto segue:

1. Il laboratorio Natura srl non ha eseguito la determinazione per il campione S29C2
2. Il campione S129C1 – certificato analitico 17LA06441 - riporta un valore di Kd >1.000.000 anche se le concentrazioni rilevate nel liquido (2,460 µg/L) e nel solido (4549 µg/kg) trasmesse da Natura srl portano ad un kd pari a 1849.
3. Il Kd determinato per il campione S181c1 è pari a 80.466

Il valore di default del Kd per il Cobalto è di 45.

Non esistono determinazioni di Kd per questo metallo effettuate dal SNPA, non avendo riscontrato alcun superamento nei controcampioni.

In mancanza di risultati di controanalisi, e a causa delle incongruenze citate nelle determinazioni effettuate da Natura srl, si ritiene necessario l'utilizzo del valore di default. Qualora il proponente lo ritenga, andrà valutata l'opportunità di effettuare un'integrazione alle determinazioni del Kd per il Cobalto.

Kd del Cromo

Sono state effettuate da Natura srl 25 determinazioni in 3 delle quali il Kd è risultato > 1.000.000.

La CSC di cui alla tabella 1 colonna A All.5 Parte Quarta Titolo V del D.Lgs.152/06 è di 150 mg/kg.

Il numero totale di superamenti delle CSC registrati dallo stesso laboratorio è di 14, gli altri 9 campioni mostrano superamenti solo se non viene applicata l'incertezza analitica.

Il valore di default del Kd per il Cromo è dipendente dal pH, e per pH pari a 8, è di 4.300.000.

Tabella 9: sintesi risultati Kd per il Cromo

Kd Cromo (dati Natura srl)	
CSC (mg/kg)	150
Background (mg/kg)	-
numero determinazioni di Kd	25
numero >1.000.000	3
Default (pH 8)	4.300.000
numero determinazioni < default	22
numero determinazioni > default	3
tipo distribuzione	non parametrica
ipotesi nessun outlier	
95% Chebyshev (Mean, Sd) LCL	41.334
25° percentile	26.865

Confronto con i dati di controllo

Il SNPA ha svolto le analisi su 1 campione di controllo, effettuato anche da Natura srl. Il Kd di controllo (kd=6197) è risultato circa la metà di quello determinato da Natura srl (12.271). La differenza di valore è dovuta alla concentrazione nel solido che nel caso di Natura srl è risultata più che doppia di quella rinvenuta dal SNPA.

Il campione di confronto non ha fornito risultati comparabili. Il risultato di maggior cautela è rappresentato dal Kd determinato nel campione di controllo pari a 6197.

Kd del Rame

Sono state effettuate da Natura srl 37 determinazioni di cui 1 ha restituito un Kd > 1.000.000.

La CSC di cui alla tabella 1 colonna A All.5 Parte Quarta Titolo V del D.Lgs.152/06 è di 120 mg/kg.

Il valore di default del Kd per il Rame è di 43.

Il valore dell'LCL95% risulta sensibilmente più elevato rispetto al 25° percentile.

Tabella 10: sintesi risultati Kd per il Rame (dati Natura srl)

Kd Rame (dati Natura srl)	
CSC (mg/kg)	120
Background (mg/kg)	-
numero determinazioni di Kd	37
numero >1.000.000	1
Default	35
numero determinazioni < default	0
numero determinazioni > default	37
tipo distribuzione	non parametrica
ipotesi nessun outlier	
95% Chebyshev (Mean, Sd) LCL	61.525
25° percentile	2.759

Confronto con i dati di controllo

Il SNPA ha svolto le analisi su 4 campioni di controllo, effettuati anche da Natura srl. I Kd di controllo risultano in due casi maggiori e in altri due minori di quelli determinati da Natura srl, sempre con uno scostamento maggiore del 20%.

Tabella 11: Risultati delle determinazioni del Kd nei campioni di confronto

Cu SNPA Kd (L/kg)	Cu Natura Kd (L/kg)
40947	20550
4192	1247
31686	54934
3015	3755

Alla luce degli elevati scostamenti registrati nei quattro campioni di confronto e che il 25° percentile della distribuzione dei 37 dati prodotti da Natura risulta cautelativo nei confronti dei kd determinati nei campioni SNPA (compresi tra 3015 e 40947), si suggerisce l'utilizzo del 25° percentile.

Kd del Mercurio

Sono state effettuate da Natura srl 18 determinazioni di cui 7 hanno restituito un valore di Kd > 1.000.000.

La CSC di cui alla tabella 1 colonna A All.5 Parte Quarta Titolo V del D.Lgs.152/06 è di 1 mg/kg. Il numero totale di superamenti registrati dallo stesso laboratorio è di 38.

Il valore di default del Kd per il Mercurio è di 200.

Si osservano le seguenti incongruenze nei dati forniti dal laboratorio Natura srl:

- solo 7 dei 18 campioni sottoposti a determinazione del Kd rientrano tra i campioni eccedenti le CSC;
- numerosi campioni (31) che hanno mostrato superamenti della CSC non sono stati sottoposti a determinazione del Kd. Di seguito l'elenco dei campioni :
 - o S50C1 - S87C1 - S50C2 - S101C1 - S99C3 - S161C1 - S124C3 - S92C1 - S56C2 - S141C1 - S92C2 - S99C2 - S226C3 - S93C1 - S61C2 - S93C2 - S141C2 - S120C3 - S152C1 - S109C1 - S101C2 - S156C2 - S105C1 - S87C2 - S180C2 - S110C2 - S101C3 - S127C1 - S110C3 - S96C1 - S98C1

Non esistono determinazioni di Kd per questo metallo effettuate dal SNPA, non avendo riscontrato nei controcampioni alcun superamento.

In mancanza di risultati di controanalisi, e a causa delle numerose incongruenze citate nelle determinazioni effettuate da Natura srl, si ritiene necessario l'utilizzo del valore di default. Qualora il proponente lo ritenga necessario, andrà valutata l'opportunità di effettuare un'integrazione alle determinazioni del Kd per il Mercurio.

Kd del Nichel

Sono state effettuate da Natura srl 2 determinazioni di Kd. I campioni sottoposti a determinazione del Kd mostrano superamenti della CSC solo se non viene applicata l'incertezza analitica.

La CSC di cui alla tabella 1 colonna A All.5 Parte Quarta Titolo V del D.Lgs.152/06 è di 120 mg/kg.

Il valore di default del Kd per il Nichel è di 1900.

Non esistono determinazioni di Kd per questo metallo effettuate dal SNPA, non avendo riscontrato nei controcampioni alcun superamento.

In mancanza di risultati di controanalisi, e qualora vengano confermati i superamenti della CSC relativa per il Nichel, si ritiene necessario l'utilizzo del valore di default.

Kd del Piombo

Sono state effettuate da Natura srl 93 determinazioni di Kd tra le quali 66 hanno restituito un valore di Kd > 1.000.000.

La CSC del Piombo di cui alla tabella 1 colonna A All.5 Parte Quarta Titolo V del D.Lgs.152/06 è di 100 mg/kg.

Il valore di background adottato per l'area oggetto del procedimento è di 103 mg/kg.

Il numero totale di superamenti del valore di fondo registrati dallo stesso laboratorio è di 64, altri 28 campioni mostrano superamenti solo se non viene applicata l'incertezza analitica.

Il valore di default del Kd per il Piombo è di 900.

Confronto con i dati di controllo

Il SNPA ha svolto le analisi su 22 campioni di controllo, 12 delle quali effettuate anche da Natura srl. In 3 casi su 12 gli scostamenti tra il Kd di controllo e quello determinato da Natura srl risultano minori del 20%; in altri due casi il Kd determinato da Natura srl è risultato più cautelativo (cioè minore) di quello di controllo e nei restanti 7 casi più elevato rispetto a quello determinato dal SNPA.

Tabella 12 Risultati delle determinazioni del Kd per il Piombo nei campioni di confronto e loro scostamento. Scostamenti negativi indicano che il Kd determinato dal SNPA è minore di quello di Natura srl. (I valori Natura srl di Kd > 1.000.000 sono stati posti pari a 1.000.000)

Scostamento (%)	Kd SNPA	Kd Natura
-86%	538333	1000000
31%	345000	238611
30%	1422500	1000000
17%	54560	45298
-135%	425714	1000000
-84%	544182	1000000
-2%	978000	1000000
-108%	481250	1000000
-182%	24880	70228
19%	1241333	1000000
-169%	372000	1000000
-556%	301	1976

Il confronto tra i risultati ottenuti da Natura srl e i campioni di controllo analizzati dal SNPA ha fornito scostamenti percentuali elevati. Si ritiene maggiormente rappresentativo l'utilizzo della popolazione di dati del SNPA, peraltro maggiormente cautelativa.

Una sintesi dei risultati sul Kd del Piombo ottenuta dal SNPA è mostrata in Tabella 13. Nel caso in esame si considera utilizzabile l'LCL 95% della media coerentemente a quanto previsto nei "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi di rischio per i siti contaminati".

Tabella 13 sintesi risultati Kd per il Piombo (dati su campioni di controllo)

Kd Piombo (dati SNPA)	
CSC (mg/kg)	100
Background (mg/kg)	103
numero determinazioni di Kd	22
numero >1.000.000	0
Default	900
numero determinazioni < default	1
numero determinazioni > default	21
tipo distribuzione	non parametrica
ipotesi nessun outlier	
95% Chebyshev (Mean, Sd) LCL	69.806
25° percentile	206.048

Kd dello Stagno

Sono state effettuate da Natura srl 37 determinazioni di Kd di cui 20 hanno restituito un valore di concentrazione nel liquido minore del limite di rivelabilità.

Ai sensi della L. 11 agosto 2014, n. 116, nella tabella 1 colonna A All.5 Parte Quarta Titolo V del D.Lgs.152/06, lo Stagno è stato sostituito dai composti organostannici.

Il valore di background per lo Stagno adottato per l'area oggetto del procedimento è di 14 mg/kg.

Il numero totale di superamenti del valore di background registrati dallo stesso laboratorio è di 23, altri 11 campioni mostrano superamenti solo quando non viene applicata l'incertezza analitica.

Non esiste un valore di default del Kd per lo Stagno.

Tabella 14: sintesi risultati Kd per lo Stagno (dati Natura srl)

Kd Stagno (dati Natura srl)	
CSC (mg/kg)	-
Background (mg/kg)	14
numero determinazioni di Kd	37
numero >1.000.000	20
Default (organostannici)	8000
numero determinazioni < default	2
numero determinazioni > default	35
tipo distribuzione	non parametrica

ipotesi nessun outlier	
95% Chebyshev (Mean, Sd) LCL	266.257
25° percentile	155.610

Confronto con i dati di controllo

Il SNPA ha svolto le determinazioni su 5 campioni di controllo, tutte effettuate anche da Natura srl. Tutti i campioni analizzati dal SNPA sono risultati con una concentrazione nel liquido inferiore al limite di rivelabilità; lo stesso si riscontra per 4 dei 5 campioni di confronto analizzati da Natura srl. Si osservano nel caso di Natura srl 9 casi in cui il valore del limite di rivelabilità assegnato è maggiore rispetto a quanto si otterrebbe effettuando il rapporto tra la concentrazione rilevata nel solido ed il limite di rivelabilità del liquido.

Ai sensi della Legge n.116 del 2014 lo Stagno non rientra più tra i contaminanti di interesse ai fini della caratterizzazione e bonifica dei siti contaminati. Per tale ragione ai fini dell'analisi di rischio si ritiene questo parametro non significativo.

Kd del Vanadio

Sono state effettuate da Natura srl 36 determinazioni di Kd.

La CSC di cui alla tabella 1 colonna A All.5 Parte Quarta Titolo V del D.Lgs.152/06 è di 90 mg/kg.

Il valore di background adottato per l'area oggetto del procedimento è di 100 mg/kg.

Il numero totale di superamenti del valore di background registrati dallo stesso laboratorio è di 22, altri 15 campioni mostrano superamenti solo quando non viene applicata l'incertezza analitica.

Il valore di default del Kd per il Vanadio è di 1.000.

Tra i dati prodotti da Natura srl, il valore di Kd di 104.305 è un potenziale outlier.

Tabella 15: sintesi risultati Kd per il Vanadio (dati Natura srl)

Kd Vanadio (dati Natura srl)	
CSC (mg/kg)	90
Background (mg/kg)	100
numero determinazioni di Kd	36
numero >1.000.000	0
Default	1.000
numero determinazioni < default	11
numero determinazioni > default	25
tipo distribuzione	non parametrica

ipotesi nessun outlier	
95% Chebyshev (Mean, Sd) LCL	6.806
25° percentile	781

ipotesi 1 outlier	
95% Chebyshev (Mean, Sd) LCL	307
25° percentile	778

Confronto con i dati di controllo

Il SNPA ha svolto le determinazioni su 3 campioni di controllo, 2 delle quali sono state effettuate anche da Natura srl. Il confronto tra i risultati prodotti da Natura srl e quelli sui controcampioni del SNPA ha fornito scostamenti percentuali ridotti. Si ritiene che il proponente possa utilizzare le determinazioni del Kd prodotte da Natura srl per il Vanadio.

Nel caso in esame si considera utilizzabile l'LCL95% della media coerentemente a quanto previsto nei "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi di rischio per i siti contaminati" della popolazione dei dati determinati da Natura con l'esclusione del potenziale *outlier*.

Kd dello Zinco

Sono state effettuate da Natura srl 151 determinazioni di Kd di cui 118 risultano maggiori di 1.000.000.

La CSC per lo Zinco di cui alla tabella 1 colonna A All.5 Parte Quarta Titolo V del D.Lgs.152/06 è di 150 mg/kg.

Il valore di background adottato per l'area oggetto del procedimento è di 158 mg/kg.

Il numero totale di superamenti del valore di fondo registrati dallo stesso laboratorio è di 128, altri 9 campioni mostrano superamenti solo se non viene applicata l'incertezza analitica.

Il valore di default del Kd per lo Zinco è dipendente dal pH, e per pH pari a 8, è di 530.

Confronto con i dati di controllo

Il SNPA ha svolto le analisi su 17 campioni di controllo, 14 delle quali effettuate anche da Natura srl. Per tutti i campioni di confronto gli scostamenti tra il Kd di controllo e quello determinato da Natura srl risultano molto elevati a causa di una sottostima da parte di Natura srl delle concentrazioni nel liquido in tutti i campioni rispetto alle risultanze del laboratorio SNPA. Questa sottostima ha comportato la presenza di 11 campioni con Kd > 1.000.000 per Natura srl, mentre nei controcampioni il valore di Kd più elevato è risultato 160.857.

Per tali ragioni non si ritiene utilizzabile la popolazione di risultati del kd per lo Zinco prodotta da Natura srl.

E' invece possibile l'utilizzo dei risultati nei 17 campioni SNPA la cui distribuzione risulta normale.

Tabella 16 sintesi risultati Kd per lo Zinco (dati su campioni di controllo)

Kd Zinco (dati SNPA)	
CSC (mg/kg)	150
Background (mg/kg)	158
numero determinazioni di Kd	17
numero >1.000.000	0
Default	530
numero determinazioni < default	0
numero determinazioni > default	17
tipo distribuzione	normale

ipotesi nessun outlier	
95% Chebyshev (Mean, Sd) LCL	68.257
25° percentile	44.250

Nel caso in esame si considera utilizzabile l'LCL95% della media coerentemente a quanto previsto nei "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi di rischio per i siti contaminati" della popolazione dei dati determinati sui controcampioni dal SNPA.

Osservazioni generali sul Kd

Oltre alle osservazioni formulate per i singoli metalli, il proponente può valutare le seguenti possibilità:

Utilizzo di valori di Kd in funzione di differenti subaree determinabili sulla base di quanto descritto nei criteri metodologici per l'Analisi di Rischio.

Qualora risulti una correlazione spaziale (es. valori più alti o più bassi in aree ben definite) sarà possibile trattare separatamente i dati.

Nel caso in cui l'individuazione di eventuali subaree comporti l'assenza di valori, per tali subaree sarà necessario effettuare nuove misure oppure utilizzare valori di default.

Qualora, nell'individuazione di subset di popolazioni ci si trovi nella condizione di una popolazione <10 misure, per quella popolazione andrà utilizzato il valore maggiormente conservativo, cioè il minore.

In tutti i casi in cui è stato richiesto l'utilizzo del valore default, nel caso in cui tale utilizzo comporti un rischio da lisciviazione in falda non accettabile, andrà verificata l'effettiva presenza del relativo inquinante nelle acque di falda in concentrazioni superiori alla CSC nei monitoraggi effettuati nel sito.

Granulometria

Ai fini della presente valutazione sono stati presi in considerazione n 163 campioni forniti dal laboratorio Natura srl. In accordo con gli enti di controllo sono state individuate le seguenti frazioni granulometriche: $\phi > 10$ mm; $10 < \phi < 5$ mm; $5 < \phi < 2$ mm; $2 < \phi < 1$ mm; $1 < \phi < 0,5$ mm; $0,5 < \phi < 0,25$ mm; $0,25 < \phi < 0,125$ mm; $0,125 < \phi < 0,063$ mm. Le frazioni fino a 2 mm sono state determinate secondo il metodo II.3 previsto dal D.M. Agricoltura e Foreste del 13/09/1999, le frazioni comprese tra i 2 mm e i 63 μ m con il metodo II.6 del D.M. 13/09/1999 (G.U. n 248 del 21/10/1999). Le frazioni granulometriche minori di 63 μ m sono state, invece, analizzate utilizzando il metodo II.5 indicato nel D.M. 13/09/1999 (G.U. n 248 del 21/10/1999).

Dalle analisi granulometriche risulta che prevalgono in sito le tessiture più grossolane (sabbie e ghiaie) sia negli orizzonti più superficiali (0-1m da p.c.) che in quelli più profondi (>1 m da p.c.).

Al fine di valutare l'utilizzo dei dati all'interno dell'Analisi di Rischio si è fatto riferimento, oltre alla distribuzione nelle classi ghiaia, sabbia, silt e argilla, anche alla classificazione USDA prevista dal Manuale ISPRA "Criteri Metodologici". A tal proposito si fa presente che nella classificazione USDA non viene presa in considerazione la frazione ghiaiosa in quanto tale classificazione è generalmente applicata in ambito agronomico. Tuttavia è orientamento generale nell'ambito dei procedimenti relativi ai Siti di Interesse Nazionale che qualora, come nel caso in esame, vi sia una rilevante componente ghiaiosa quest'ultima debba essere considerata ai fini della classificazione secondo USDA sommando la stessa alla frazione sabbiosa. Pertanto ai fini dell'Analisi di Rischio sito-specifica, attenendosi alla classificazione USDA, la componente "Sand" viene assimilata alle frazioni "Ghiaia+Sabbia". Tale approccio è cautelativo.

Per quel che concerne la frazione limosa i dati in esame si riferiscono al passante a 63 micron, mentre USDA considera come limite di separazione tra "Sand" e "Silt" il diametro di 50 micron. Si ritiene che, nel caso in esame, tale scostamento non sia significativo essendo nettamente prevalente la frazione più grossolana (ghiaia + sabbia). Pertanto di seguito la frazione Silt determinata nelle analisi granulometriche del proponente sarà interamente assimilata alla corrispondente frazione relativa alla classificazione USDA.

Di seguito sono riportate alcune considerazioni relative ai tre orizzonti principali: suolo superficiale (0-1m da p.c.), suolo insaturo profondo (1m da p.c. fino alla frangia capillare), suolo saturo.

Granulometrie nei campioni di suolo superficiale

Nel suolo superficiale in percentuale la somma delle frazioni sabbia e ghiaia è abbastanza omogenea, anche se la distribuzione relativa delle stesse nei campioni è variabile, ovvero laddove aumenta la frazione ghiaiosa diminuisce quella sabbiosa e viceversa. Le frazioni più fini (silt e argille) risultano complessivamente meno abbondanti. Per tutte le frazioni individuate si registra che la distribuzione dei dati è prossima alla normale (media e mediana sono abbastanza vicine) e pertanto la media risulta un buon indicatore della tendenza centrale.

Tabella 17: distribuzione delle classi granulometriche nel suolo superficiale (dati Natura srl)

Statistiche	Ghiaia [%]	Sabbia [%]	Silt [%]	Argilla [%]
Media	30,70%	50,33%	17,27%	1,70%
Dev.standard	19,02%	14,98%	8,09%	0,89%
Min	3,80%	13,19%	3,10%	0,00%
5° percentile	5,90%	28,90%	6,60%	0,50%
25°percentile	13,60%	40,70%	11,20%	1,00%
Mediana	31,30%	50,95%	15,60%	1,60%
75°percentile	46,40%	60,10%	24,30%	2,20%
95°percentile	61,80%	73,00%	30,80%	2,80%
Max	73,63%	79,70%	34,90%	4,50%

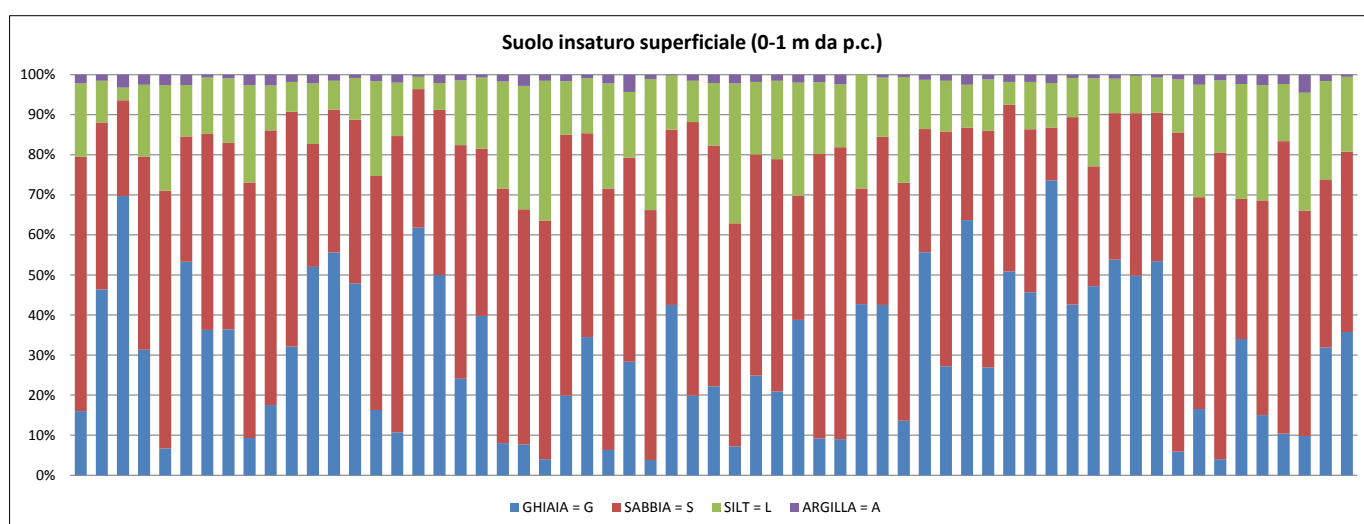


Figura 3 distribuzione delle classi granulometriche nel suolo superficiale (dati Natura srl)

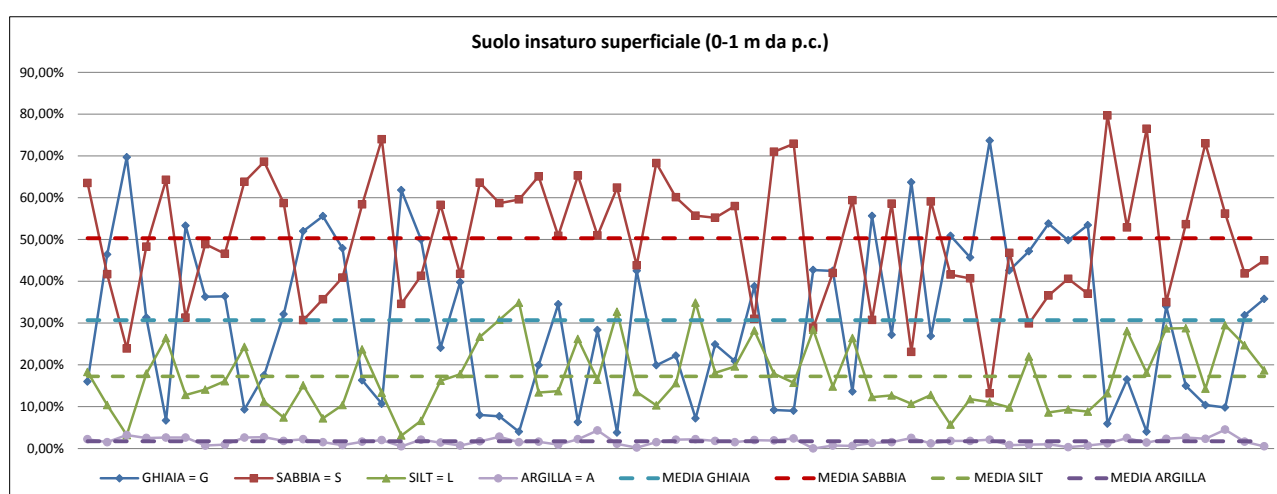


Figura 4 classi granulometriche nel suolo superficiale e confronto con la media (dati Natura srl)

Facendo riferimento alla classificazione USDA e quindi assommando le frazioni sabbia e ghiaia è evidente come la componente grossolana sia nettamente prevalente con un intervallo complessivo che va dal 62% al 96%.

Tabella 18 distribuzione delle classi granulometriche nel suolo superficiale secondo classificazione USDA (dati Natura srl)

Statistiche	Sand [%]	Silt [%]	Clay [%]
Media	81,03%	17,27%	1,70%
Dev.standard	8,32%	8,09%	0,89%
Min	62,90%	3,10%	0,00%
5° percentile	66,20%	6,60%	0,50%
25°percentile	73,73%	11,20%	1,00%
Mediana	82,70%	15,60%	1,60%
75°percentile	86,41%	24,30%	2,20%
95°percentile	91,30%	30,80%	2,80%
Max	96,40%	34,90%	4,50%

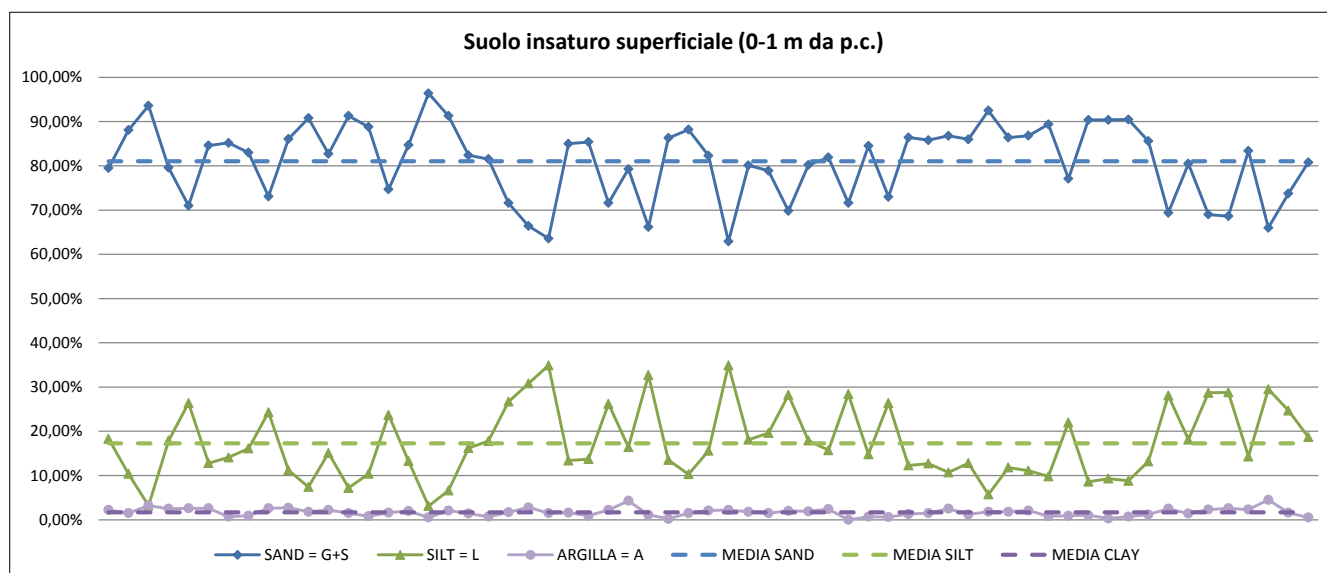


Figura 5 classi granulometriche nel suolo superficiale e confronto con la media (dati Natura srl)

Posizionando i campioni nel diagramma triangolare USDA si registra che gli stessi ricadono nelle classi relative a terreni sabbiosi (*sand*, *loamy sand* e *sandy loam*).

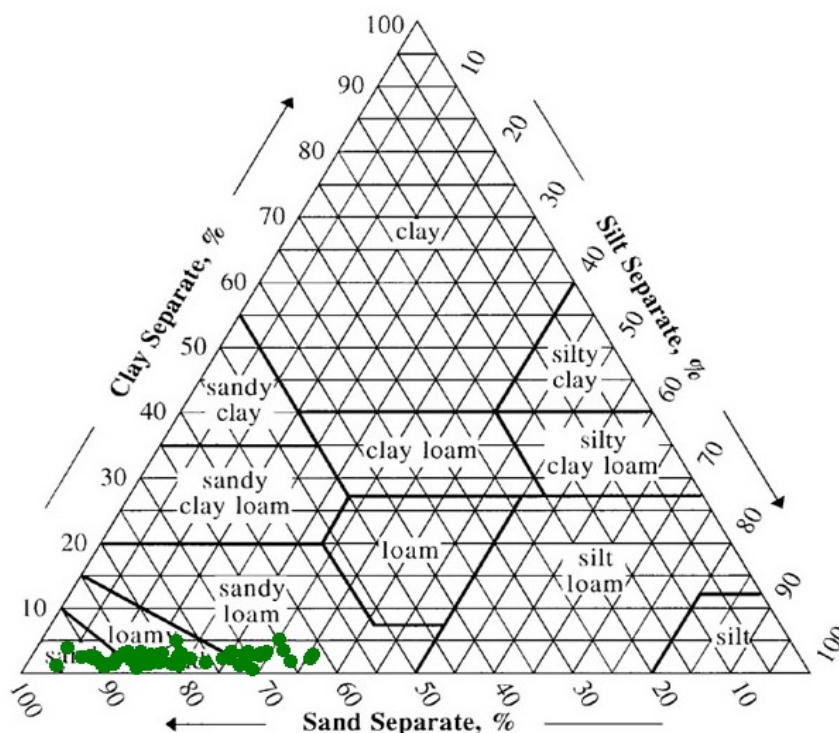


Figura 6: posizionamento dei campioni di suolo superficiale di Natura srl nel diagramma triangolare delle classi USDA

Granulometrie nei campioni di suolo profondo insaturo

Nel suolo insaturo profondo la frazione ghiaiosa tende a diminuire rispetto ai terreni più superficiali. La frazione sabbiosa rimane abbastanza invariata e quindi mediamente è quella prevalente, mentre aumentano leggermente le componenti più fini (limi e argille). Si registrano infatti alcuni campioni in cui è il silt la componente dominante, rispetto alla sabbia.

Per tutte le frazioni individuate si registra che la distribuzione dei dati è prossima alla normale (media e mediana sono abbastanza vicine) e, pertanto, la media risulta un buon indicatore della tendenza centrale.

Tabella 19: distribuzione delle classi granulometriche nel suolo profondo insaturo (dati Natura srl)

Statistiche	Ghiaia [%]	Sabbia [%]	Silt [%]	Argilla [%]
Media	27,57%	50,72%	19,47%	2,24%
Dev.standard	18,84%	12,88%	10,31%	1,56%
Min	0,00%	13,19%	1,10%	0,00%
5° percentile	2,24%	30,18%	6,08%	0,50%
25°percentile	9,15%	41,15%	12,03%	1,10%
Mediana	27,17%	51,58%	17,84%	2,10%
75°percentile	42,13%	60,03%	26,15%	2,73%
95°percentile	56,19%	69,33%	38,01%	5,17%
Max	73,63%	74,00%	53,80%	9,50%

Figura 7: distribuzione delle classi granulometriche nel suolo profondo insaturo (dati Natura srl)

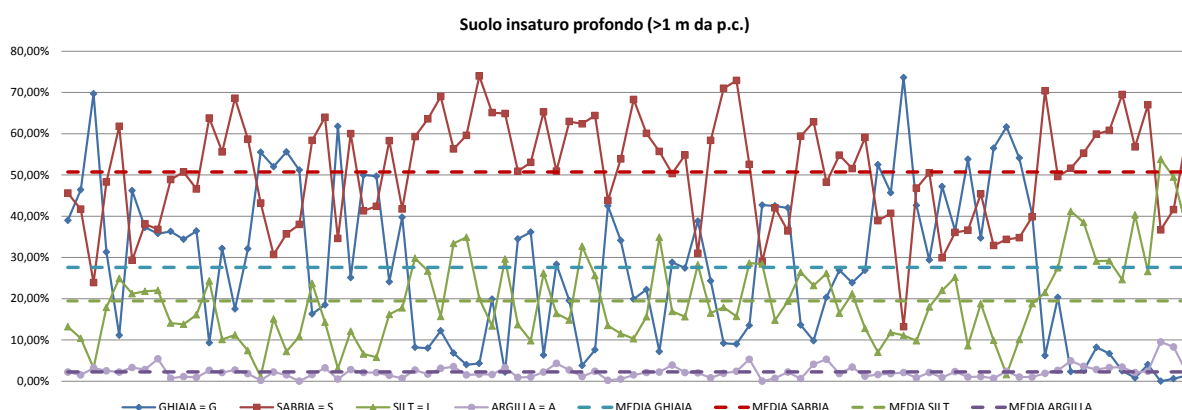
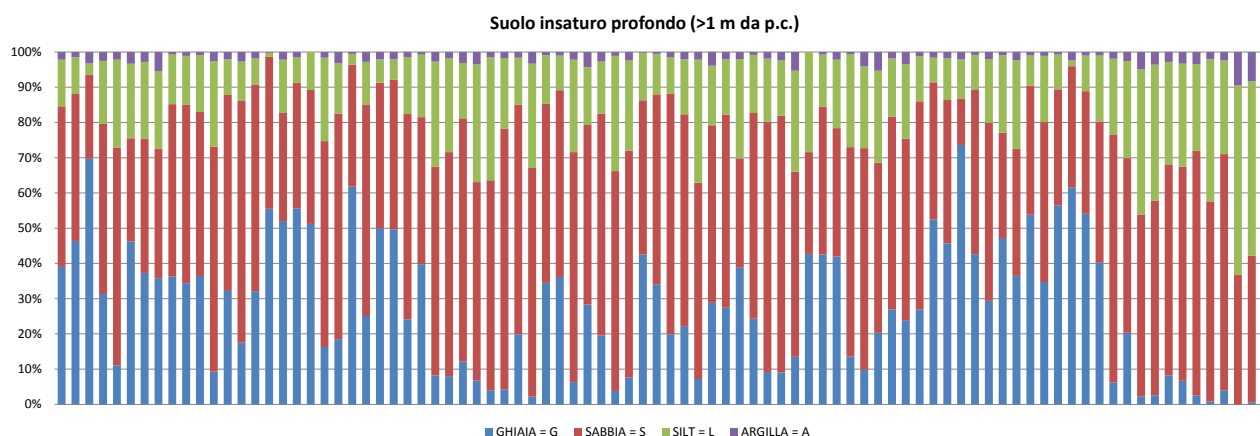


Figura 8: classi granulometriche nel suolo profondo insaturo e confronto con la media (dati Natura srl)

Anche l'orizzonte saturo risulta caratterizzato mediamente dalla stessa classificazione granulometrica.



Facendo riferimento alla classificazione USDA e quindi assommando le frazioni sabbia e ghiaia è evidente come la componente grossolana sia sempre prevalente, ma con un intervallo complessivo più ampio (37%-99%) rispetto ai terreni superficiali caratterizzato quindi da una maggiore variabilità e dalla diminuzione della componente ghiaiosa.

Tabella 20: distribuzione delle classi granulometriche nel suolo profondo insaturo secondo classificazione USDA (dati Natura srl)

Statistiche	Sand [%]	Silt [%]	Clay [%]
Media	78,29%	19,47%	2,24%
Dev.standard	11,27%	10,31%	1,56%
Min	36,70%	1,10%	0,00%
5° percentile	58,92%	6,08%	0,50%
25°percentile	71,90%	12,03%	1,10%
Mediana	80,21%	17,35%	2,10%
75°percentile	86,15%	26,15%	2,73%
95°percentile	91,86%	38,01%	5,17%
Max	98,70%	53,80%	9,50%

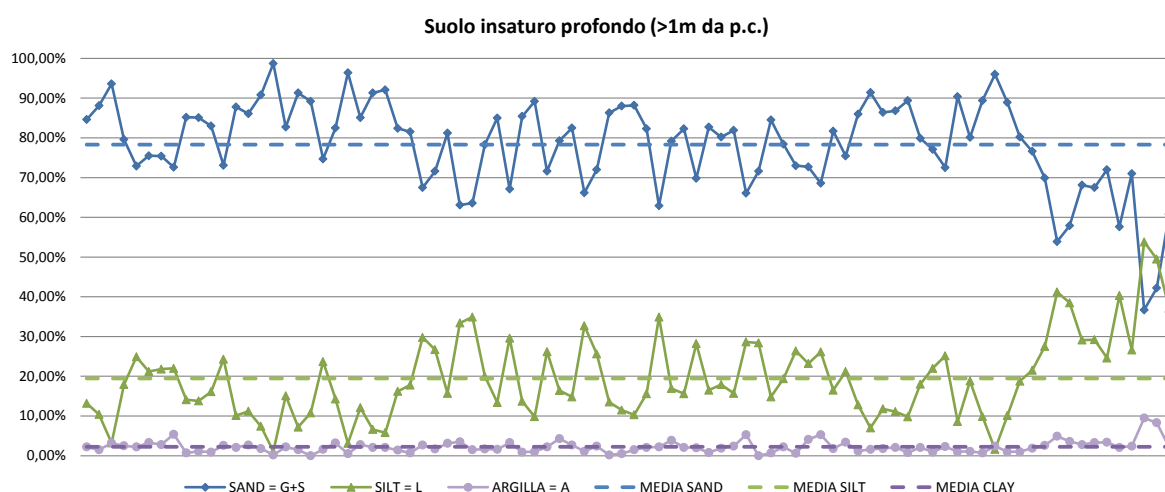


Figura 9: classi granulometriche nel suolo profondo insaturo e confronto con la media (dati Natura srl)

A conferma della maggiore variabilità di questo orizzonte, rispetto al suolo superficiale, si registrano nel triangolo USDA (fig. 10) alcuni campioni posizionati all'interno o in prossimità delle classi di tipo "medio" (*loam*). Tuttavia la maggior parte dei campioni ricade nelle classi relative a terreni sabbiosi (*sand*, *loamy sand* e *sandy loam*).

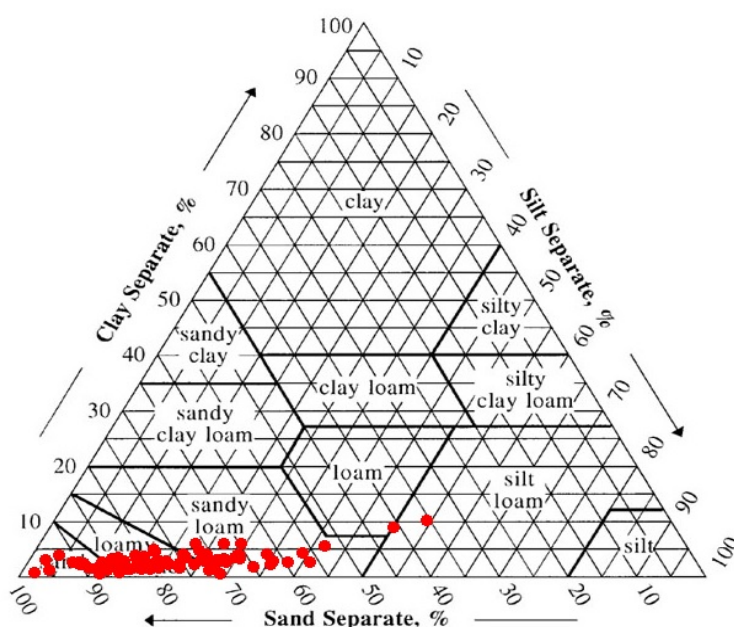


Figura 10: posizionamento dei campioni suolo profondo di Natura srl nel diagramma triangolare delle classi USDA

Granulometrie nei campioni di suolo saturo

Relativamente ai terreni saturi, la frazione sabbiosa rimane sempre abbastanza invariata e predominante, mentre la frazione ghiaiosa tende a diminuire e mediamente ad essere paragonabile come abbondanza relativa al “silt”. Anche la frazione più fine (argille) rimane sostanzialmente invariata (tab.21 e figg.11 e 12).

Tabella 21: distribuzione delle classi granulometriche nel suolo saturo (dati Natura srl)

Statistiche	Ghiaia [%]	Sabbia [%]	Silt [%]	Argilla [%]
Media	24,33%	49,93%	23,58%	2,16%
Dev.standard	15,73%	11,62%	9,19%	1,38%
Min	0,90%	22,70%	1,80%	0,00%
5° percentile	3,13%	28,19%	10,10%	0,00%
25°percentile	11,23%	42,00%	18,35%	1,00%
Mediana	22,95%	50,45%	23,20%	2,25%
75°percentile	34,78%	59,95%	28,21%	3,00%
95°percentile	48,69%	64,25%	41,34%	4,50%
Max	70,10%	69,50%	44,80%	5,80%

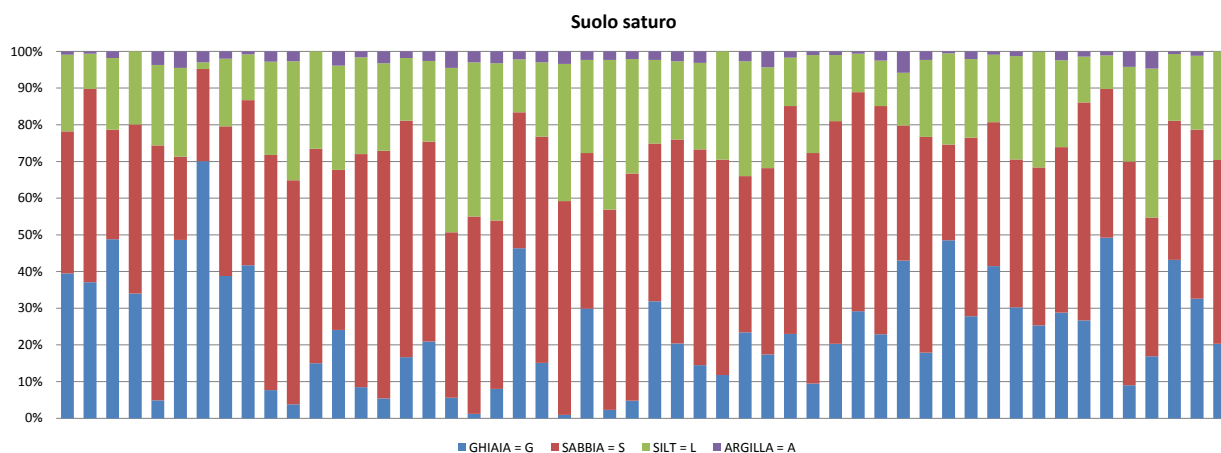


Figura 11: distribuzione delle classi granulometriche nel suolo saturo (dati Natura srl)

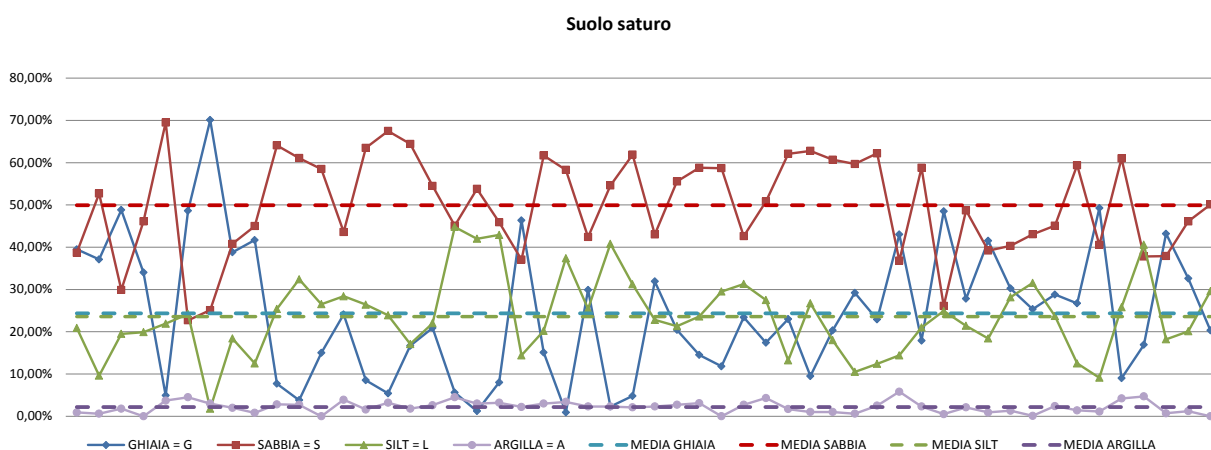


Figura 12: classi granulometriche nel suolo saturo e confronto con la media (dati Natura srl)

Facendo riferimento alla classificazione USDA (tab. 22 e fig. 13) e quindi assommando le frazioni sabbia e ghiaia anche nel caso dei terreni saturi la componente grossolana risulta prevalente, ma con un intervallo complessivo più ridotto (52%-95%) rispetto all'insaturo profondo e quindi con una maggiore omogeneità rispetto ai terreni sovrastanti.

Tabella 22: distribuzione delle classi granulometriche nel suolo saturo secondo classificazione USDA (dati Natura srl)

Statistiche	Sand [%]	Silt [%]	Clay [%]
Media	74,26%	23,58%	2,16%
Dev.standard	9,67%	9,19%	1,38%
Min	50,70%	1,80%	0,00%
5° percentile	54,87%	10,10%	0,00%
25°percentile	70,30%	18,35%	1,00%
Mediana	74,50%	23,20%	2,25%
75°percentile	80,25%	28,21%	3,00%
95°percentile	89,30%	41,34%	4,50%
Max	95,20%	44,80%	5,80%

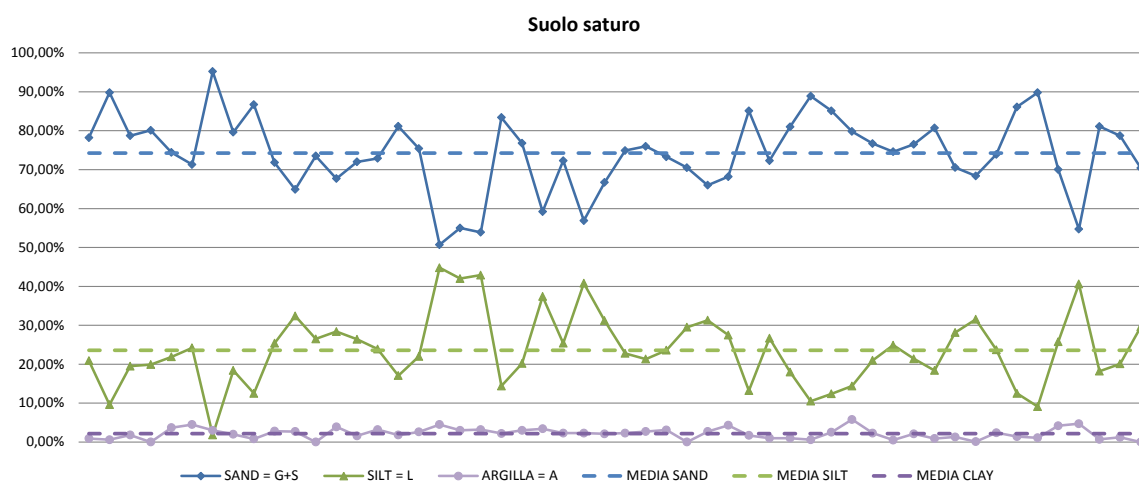


Figura 13: classi granulometriche nel suolo saturo e confronto con la media (dati Natura srl)

Posizionando i campioni nel diagramma triangolare USDA si evidenzia che essi ricadono tutti nelle classi relative a terreni sabbiosi (*sand*, *loamy sand* e *sandy loam*), tuttavia vi sono alcuni campioni che si posizionano in prossimità delle classi di tipo "medio" (*loam*).

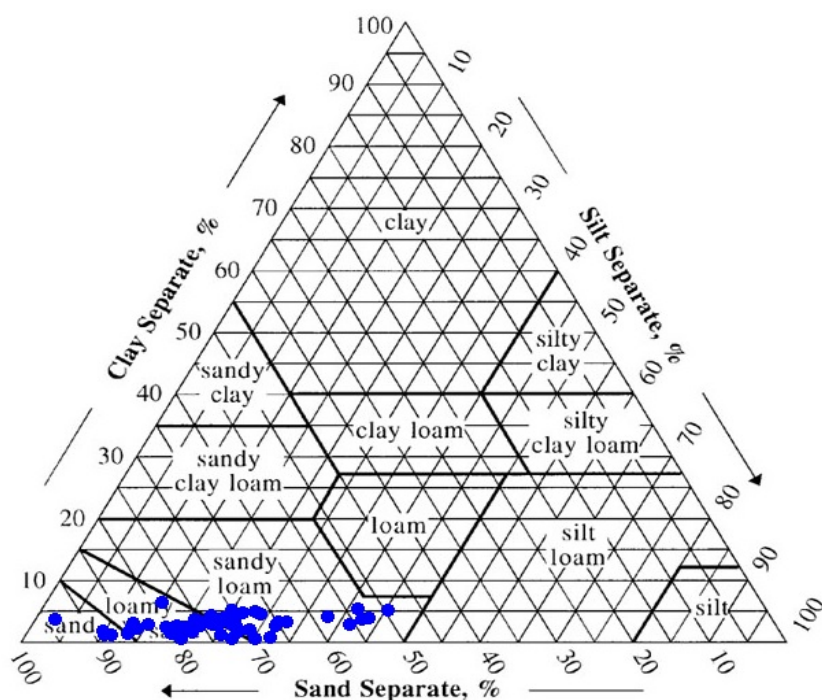


Figura 14: posizionamento dei campioni suolo saturo di Natura srl nel diagramma triangolare delle classi USDA

Alla luce delle valutazioni precedenti nella definizione della classificazione granulometrica dei terreni insaturi (suolo superficiale, suolo profondo) e saturi il progettista tenga conto dei seguenti aspetti:

- Ai fini della classificazione USDA la componente “Sand” sarà determinata per ogni campione dalla somma delle frazioni “sabbia” e “ghiaia”.
- La frazione grossolana (sabbia + ghiaia) risulta prevalente in tutti gli orizzonti indagati. Non si riscontrano grandi variazioni tessiturali nei tre orizzonti indagati. E’ auspicabile che il proponente differenzi la classificazione granulometrica in funzione dell’orizzonte stratigrafico di riferimento.
- Il proponente, in base a specifiche caratteristiche delle subaree sorgenti individuate, potrà differenziare la classificazione granulometrica.
- In ogni caso a ciascun orizzonte/subarea dovrà essere associata la classificazione granulometrica USDA prevalente, ovverosia quella associata al maggior numero di campioni ricadenti nella medesima classe.

Nel caso in cui non si riesca a definire una classificazione prevalente, occorrerà utilizzare quella più cautelativa.

Confronto con i dati di controllo

Il confronto delle analisi granulometriche è stato effettuato su 14 campioni di terreno prelevati in sito, opportunamente quartati e suddivisi in aliquote di circa 1kg, analizzati dal Proponente (Natura s.r.l.) e dalla controparte (ARPA Campania). I valori dei due laboratori sono riportati in termini di percentuali in peso rispetto al totale analizzato. In questo elenco, soltanto il campione proveniente dal sondaggio S34 non trova corrispondenza univoca tra i due laboratori, in quanto Natura s.r.l. riporta le analisi del campione S34C2, mentre ARPAC analizza il campione S34 C3. Il confronto è stato comunque effettuato, ritenendo la difformità probabilmente dovuta ad un errore di scrittura.

L'analisi granulometrica sulla frazione superiore ai 63 μm è stata effettuata, da ambo i laboratori, come concordato nella riunione del 11/04/2017 tra SNPA e soggetto obbligato, determinando i valori delle frazioni granulometriche di riferimento ($\phi > 10$ mm; $10 < \phi < 5$ mm; $5 < \phi < 2$ mm; $2 < \phi < 1$ mm; $1 < \phi < 0,5$ mm; $0,5 < \phi < 0,25$ mm; $0,25 < \phi < 0,125$ mm; $0,125 < \phi < 0,063$ mm), comparabili tra loro, tramite l'applicazione di metodi II.6 e II.3 del D.M. 13/09/99 SO n° 185 GU n° 248 21/10/99, da parte di Natura s.r.l., e per mezzo della vagliatura, da ARPAC. Le frazioni inferiori ai 63 μm sono state invece determinate dal proponente con il metodo II.5 (*"metodo della pipetta"*), previsto dal D.M. 13/09/99 SO n° 185 GU n° 248 21/10/99, mentre ARPAC utilizzava il metodo ICRAM 2001 scheda 3.

Vista la scarsità di informazioni pubblicate in letteratura, relative ad interconfronti di analisi granulometriche, la comparazione fra i 14 campioni studiati è stata effettuata secondo alcuni metodi empirici, scaturiti da esperienze pregresse di laboratorio. Il raffronto tra i campioni è condizionato da una serie di fattori quali la differenza di materiale da analizzare, seppur proveniente da una quartatura, che influisce (soprattutto nei terreni granulari come questi – con frazioni preponderanti di sabbia e ghiaia) nei calcoli delle percentuali in peso. Altri fattori discriminanti possono essere dovuti alle diverse metodologie di analisi che comportano valori di incertezza non quantificati nei documenti ricevuti.

Inizialmente, per comparare i campioni, è stato effettuato un confronto fra le attribuzioni alle classi granulometriche previste da USDA. Il calcolo è stato effettuato in funzione delle percentuali riscontrate di sabbia (intese come frazioni maggiori di 2 mm, ossia "Ghiaia+Sabbia"), silt e argilla. La comparazione è stata effettuata considerando esclusivamente la differenza fra il dato di Natura s.r.l. e i valori di ARPAC (presi come riferimento), seppur ARPAC abbia individuato il limite fra Silt e Argilla a 0,004 mm¹ diversamente da 0,002 mm, come è definito nella classificazione USDA ed effettuato da Natura s.r.l..

Come è visibile nella tabella 23 e nel diagramma triangolare USDA, sono quattro i campioni di Natura s.r.l. che non rientrano nelle classi granulometriche individuate da ARPAC. Tra questi solo due (S221C1 e S104C1) presentano una differenza, tra i dati ARPAC e quelli di Natura s.r.l., in valore assoluto, maggiore di 5% (valore che può essere considerato come differenza accettabile in questo ambito), mentre negli altri due casi (S80C1 e S17C1) la differenza è inferiore. Ulteriori tre campioni presentano differenze maggiori di 5% (S35C2, S36C3 e S108C2) per la sabbia e il silt, mentre il campione S34 C2/C3 differisce in eccesso soltanto per le percentuali di sabbia. Questi, comunque, sono classificati, da entrambi i laboratori, con le stesse classi granulometriche (*sandy loam*).

¹ Questa difformità può essere considerata trascurabile, ai fini del confronto, in quanto trattasi di bassi valori percentuali.

Tabella 23: percentuali di sabbia (S+G), silt e argilla per i campioni analizzati dai laboratori ARPAC e Natura s.r.l.. Di fianco vengono riportate le relative classificazioni granulometriche e, nelle ultime tre colonne, le differenze tra le percentuali di riferimento (individuate da ARPAC) con i dati di Natura s.r.l

Campione	SABBIA = G+S	SILT = L	ARGILLA = A	CLASSIFICAZIONE GRANULOMETRICA	SABBIA = G+S	SILT = L	ARGILLA = A	CLASSIFICAZIONE GRANULOMETRICA	Scarto SABBIA	Scarto SILT	Scarto ARGILLA
	% SABBIA (ARPAC)	% SILT (ARPAC)	% ARGILLA (ARPAC)	ARPAC	% SABBIA (NATURA)	% SILT (NATURA)	% ARGILLA (NATURA)	NATURA	differenza	differenza	differenza
S201C2	96,53	3,13	0,34	SAND	96,00	1,60	2,40	SAND	0,53	1,53	-2,06
S10C1	84,30	14,32	1,38	LOAMY SAND	85,60	13,20	1,20	LOAMY SAND	-1,30	1,12	0,18
S74C3	77,01	20,61	2,39	LOAMY SAND	76,60	21,50	1,90	LOAMY SAND	0,41	-0,89	0,49
S72C1	75,55	22,57	1,88	LOAMY SAND	80,48	18,12	1,40	LOAMY SAND	-4,93	4,45	0,48
S35C2	66,03	31,56	2,40	SANDY LOAM	57,90	38,50	3,60	SANDY LOAM	8,13	-6,94	-1,20
S36C3	54,58	40,44	4,99	SANDY LOAM	68,10	29,10	2,80	SANDY LOAM	-13,52	11,34	2,19
S80C1	72,08	25,95	1,97	LOAMY SAND	68,63	28,77	2,60	SANDY LOAM	3,45	-2,82	-0,63
S108C2	50,74	45,40	3,85	SANDY LOAM	57,60	40,30	2,10	SANDY LOAM	-6,86	5,10	1,75
S221C1	73,35	24,21	2,43	LOAMY SAND	66,00	29,50	4,50	SANDY LOAM	7,35	-5,29	-2,07
S34C2 - S34C3	65,64	31,36	3,00	SANDY LOAM	71,00	26,60	2,40	SANDY LOAM	-5,36	4,76	0,60
S104C3	56,14	40,04	3,83	SANDY LOAM	42,20	49,50	8,30	LOAM	13,94	-9,46	-4,47
S211C3	55,91	39,99	4,10	SANDY LOAM	60,80	37,10	2,10	SANDY LOAM	-4,89	2,89	2,00
S17C1	69,94	27,08	2,98	SANDY LOAM	73,73	24,68	1,60	LOAMY SAND	-3,79	2,41	1,38
S2C1	77,75	19,97	2,28	LOAMY SAND	80,80	18,69	0,50	LOAMY SAND	-3,06	1,28	1,78

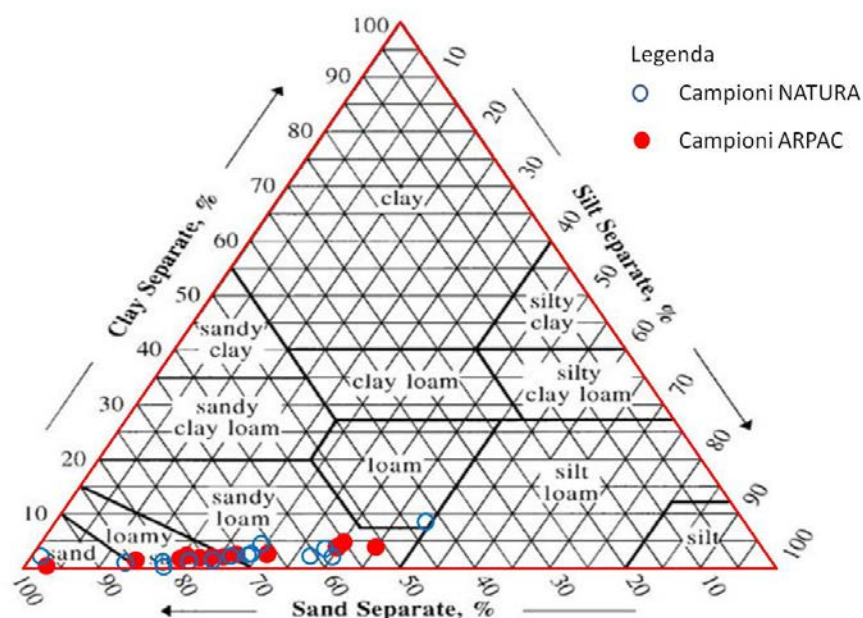


Figura 15: individuazione delle classi granulometriche USDA dei campioni analizzati da Natura s.r.l. e ARPAC, sul diagramma triangolare

Un'ulteriore comparazione è stata effettuata determinando le differenze fra le singole frazioni granulometriche fornite dai laboratori. Come prevedibile, in funzione delle considerazioni effettuate in premessa, i valori della maggior parte dei campioni analizzati (9 su 14) differiscono di un valore maggiore del 5% per più di tre intervalli granulometrici; in particolare i campioni S10C1, S72C1, S35C2, S36C3, S34C3/C2, S104C3 e S2C1, sono diversi per almeno 5 intervalli granulometrici. Nelle tabelle 24 e 25 sono riportati i valori sopra citati e nella figura 16 vengono illustrate, come esempio, le curve granulometriche riferite ai campioni della Tabella 24.

Tabella 24: distribuzione delle frazioni granulometriche dei campioni analizzati da Natura s.r.l e da ARPAC (parte 1). A destra viene riportata la differenza tra il dato ARPAC e quello di Natura s.r.l.

trattenuto (mm)	S201 C2			S101 C1			S74 C3			S72 C1			S35 C2			S36 C3			S80 C1		
	campioni ARPAC	campioni NATURA	differenza	campioni ARPAC	campioni NATURA	differenza	campioni ARPAC	campioni NATURA	differenza	campioni ARPAC	campioni NATURA	differenza	campioni ARPAC	campioni NATURA	differenza	campioni ARPAC	campioni NATURA	differenza	campioni ARPAC	campioni NATURA	differenza
10	84,9	76,0	8,9	95,8	99,1	-3,3	99,9	99,1	0,8	97,0	100,0	-3,0	100,0	100,0	0,0	100,0	100,0	0,0	99,6	100,0	-0,3
5	58,3	60,6	-2,5	82,7	97,7	-15,0	98,1	97,0	0,2	90,6	99,9	-9,3	98,3	98,6	-0,3	98,6	99,9	-1,3	92,5	95,2	-2,6
2	34,7	38,3	-3,6	67,4	94,1	-26,7	88,0	93,8	-5,8	77,1	95,9	-18,8	88,5	97,4	-8,9	97,4	91,7	5,6	79,6	85,0	-5,3
1	23,3	24,3	-1,0	55,0	82,0	-27,9	75,3	89,1	-13,8	65,7	76,6	-10,9	79,8	95,7	-15,9	95,7	83,1	12,5	69,4	79,1	-9,6
0,5	18,2	16,5	1,7	48,4	63,3	-14,9	64,8	62,8	2,0	62,8	46,4	16,4	77,2	87,1	-9,9	87,1	71,8	15,2	67,7	65,3	2,4
0,25	11,6	14,2	-2,7	38,1	45,5	-8,1	47,8	48,6	-0,8	51,2	32,0	19,2	87,4	75,8	11,6	75,8	58,5	17,2	55,7	52,8	2,9
0,125	6,1	8,0	-1,9	24,4	28,2	-3,8	32,8	35,5	-2,7	36,5	25,7	10,8	50,9	61,3	-10,4	61,3	46,5	14,8	40,5	41,6	-1,2
0,063	3,5	3,9	-0,4	16,7	14,4	2,3	22,9	23,4	-0,5	24,5	19,5	5,0	34,0	42,1	-8,1	42,1	31,9	10,2	27,9	31,4	-3,4
0,004	0,3	2,3	-2,0	2,4	1,2	1,2	2,3	1,9	0,4	1,9	1,4	0,5	2,4	3,6	-1,2	3,6	2,8	0,8	2,0	2,6	-0,6

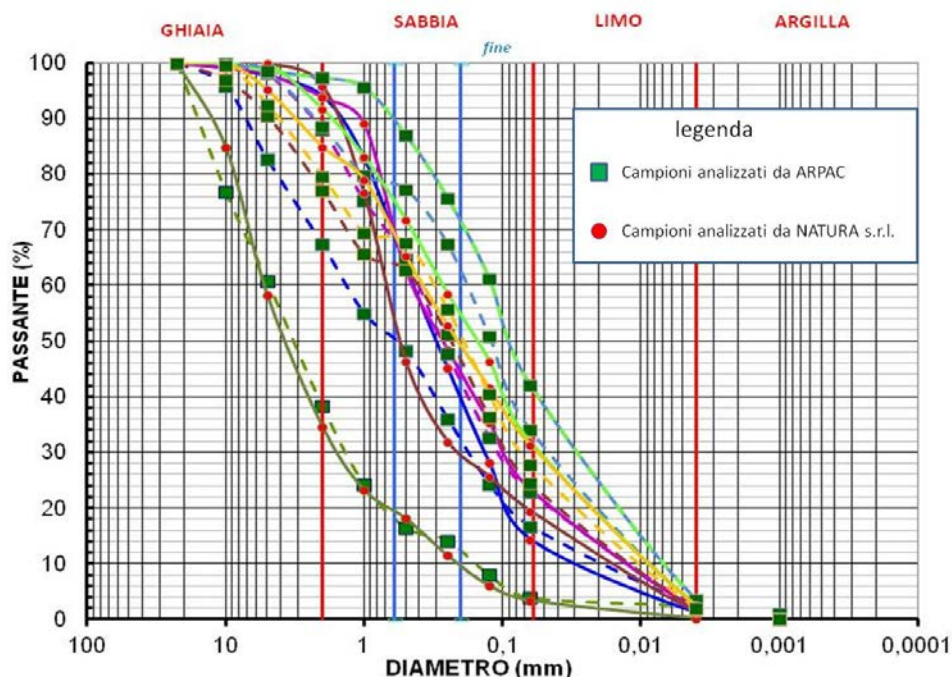


Figura 13 Curve granulometriche dei campioni relativi alla tabella 24. Ciascun campione è individuato da uno specifico colore; le curve in tratteggio sono riferite ai campioni analizzati da ARPAC mentre quelle a tratto continuo, da Natura s.r.l.

Tabella 25 distribuzione delle frazioni granulometriche dei campioni analizzati da Natura s.r.l e da ARPAC (parte 2). A destra viene riportata la differenza tra il dato ARPAC e quello di Natura s.r.l.

trattenuto (mm)	S108 C2			S221 C1			S34 C3 - S34 C2			S104 C3			S211 C3			S17 C1			S2 C1		
	campioni ARPAC	campioni NATURA	differenza	campioni ARPAC	campioni NATURA	differenza	campioni ARPAC	campioni NATURA	differenza	campioni ARPAC	campioni NATURA	differenza	campioni ARPAC	campioni NATURA	differenza	campioni ARPAC	campioni NATURA	differenza	campioni ARPAC	campioni NATURA	differenza
10	99,5	100,0	-0,5	97,9	100,0	-2,0	99,3	100,0	-0,6	100,0	100,0	0,0	99,4	100,0	-0,5	96,4	93,8	2,6	93,2	89,2	3,9
5	98,6	99,9	-1,3	94,6	96,7	-2,1	97,9	99,9	-2,0	98,7	99,6	-0,9	98,6	99,9	-1,3	82,8	82,0	0,8	81,6	75,4	6,2
2	95,2	99,1	-3,9	83,8	90,2	-6,3	89,9	95,9	-6,0	90,9	99,4	-8,5	91,8	98,5	-6,7	66,4	68,1	-1,7	65,0	64,2	0,8
1	88,4	97,9	-9,5	72,8	84,8	-12,0	76,9	90,8	-13,9	82,5	96,9	-14,4	82,0	97,1	-15,1	56,5	60,5	-4,1	52,7	58,6	-5,9
0,5	85,2	85,6	-0,4	69,6	71,1	-1,5	73,0	69,5	3,4	82,4	93,9	-11,5	81,6	82,8	-1,2	56,5	49,6	6,9	51,1	40,7	10,4
0,25	78,8	70,4	8,3	55,7	58,5	-2,8	61,6	55,5	6,1	76,3	85,1	-8,8	74,8	68,7	6,1	54,3	41,4	12,9	40,9	30,7	10,2
0,125	64,5	58,0	6,5	38,6	45,9	-7,3	47,2	40,9	6,4	58,2	73,3	-15,0	59,4	57,3	2,0	41,4	33,4	8,0	29,9	24,5	5,4
0,063	49,3	42,4	6,9	26,6	34,0	-7,3	34,4	29,0	5,4	43,9	57,8	-13,9	44,1	39,2	4,9	30,1	26,3	3,8	22,3	19,2	3,1
0,004	3,9	2,1	1,8	2,4	4,5	-2,1	3,0	2,4	0,6	3,8	8,3	-4,5	4,1	2,1	2,0	3,0	1,6	1,4	2,3	0,5	1,8

In conclusione si può affermare che 12 campioni su 14 analizzati da Natura s.r.l., presentano delle difformità dai corrispettivi campioni studiati da ARPAC, se si prende in considerazione il criterio sopra citato. Questa discrepanza si riduce a quasi la metà dei campioni (il 43%) se si prendono in considerazione le classi granulometriche sabbia, silt e argilla. Se invece si esamina soltanto la comparazione fra le classi granulometriche (sabbiose, siltose e argillose) e le relative classificazioni dei terreni in studio, pur considerando il diverso limite d'intervallo fra il silt e l'argilla, assunto da ARPAC rispetto a NATURA s.r.l., meno del 30% dei campioni di terreno studiati appartiene a classificazioni granulometriche diverse.

Pertanto, vista la complessità del raffronto per le numerose variabili indipendenti da tener conto, si ritiene che i valori presentati da Natura s.r.l. non possono essere considerati confrontabili con quelli di riferimento delle contro analisi.

Si valuta, comunque, l'analisi effettuata da Natura s.r.l. accettabile ai fini dell'utilizzo nell'analisi di rischio in quanto i valori, seppur non confrontabili con criteri oggettivi, rientrano nella categoria di terreni granulari ad alta permeabilità (valori della frazione <2mm quasi sempre inferiori al 50% e con valori di argilla per entrambi i laboratori sempre inferiori al 10%).

Densità del suolo

Relativamente alla densità del suolo, intesa come peso secco dell'unità di volume, si registra che i valori determinati dal proponente risultano compresi nell'intervallo 0,95 – 1,5 g /cm³. Tali valori sono poco compatibili con la tipologia di terreni presenti in sito caratterizzati da una tessitura molto grossolana con prevalenza di sabbie e ghiaie e pertanto poco rappresentativi della reale situazione dei terreni in posto.

I suoli sabbiosi hanno generalmente valori di densità più elevati (1,3-1,7 g/cm³) rispetto ai materiali fini, limi e argille (1,1-1,6 g/cm³) perché questi ultimi hanno valori di porosità più elevati. Terreni ricchi di sostanze organiche (ad esempio terreni torbosi) possono avere densità inferiori a 0,5 g/cm³.

L'analisi granulometrica ha mostrato una preponderante abbondanza della frazione maggiore di 2mm e pertanto, il metodo di analisi utilizzato da Natura s.r.l., indicato nel DM 01/08/1997 (G.U. 204 del 02/09/1997) – metodo 1, non è applicabile a tali campioni, con abbondante scheletro. Si ritiene, pertanto, che la metodica di campionamento abbia influito in maniera determinante sul risultato, abbastanza omogeneo ma molto inferiore rispetto a terreni con simili caratteristiche granulometriche.

Nella Tabella 26 e nella Figura 17 sono riportati i principali valori statistici dei 136 campioni analizzati. Le analisi mostrano una sostanziale uniformità di valori con dev. standard = 125,33 e media (1172 kg/m³) molto prossima alla mediana (1149 kg/m³). Tale risultato è probabilmente dovuto ad una omogeneità dei terreni campionati.

Tabella 26 valori statistici del peso di volume secco dei campioni analizzati

Statistiche	Peso di volume secco [kg/m ³]
Media	1172
Dev.standard	125,33
Min	954
5° percentile	1011
25°percentile	1081
Mediana	1149
75°percentile	1267
95°percentile	1396
Max	1528

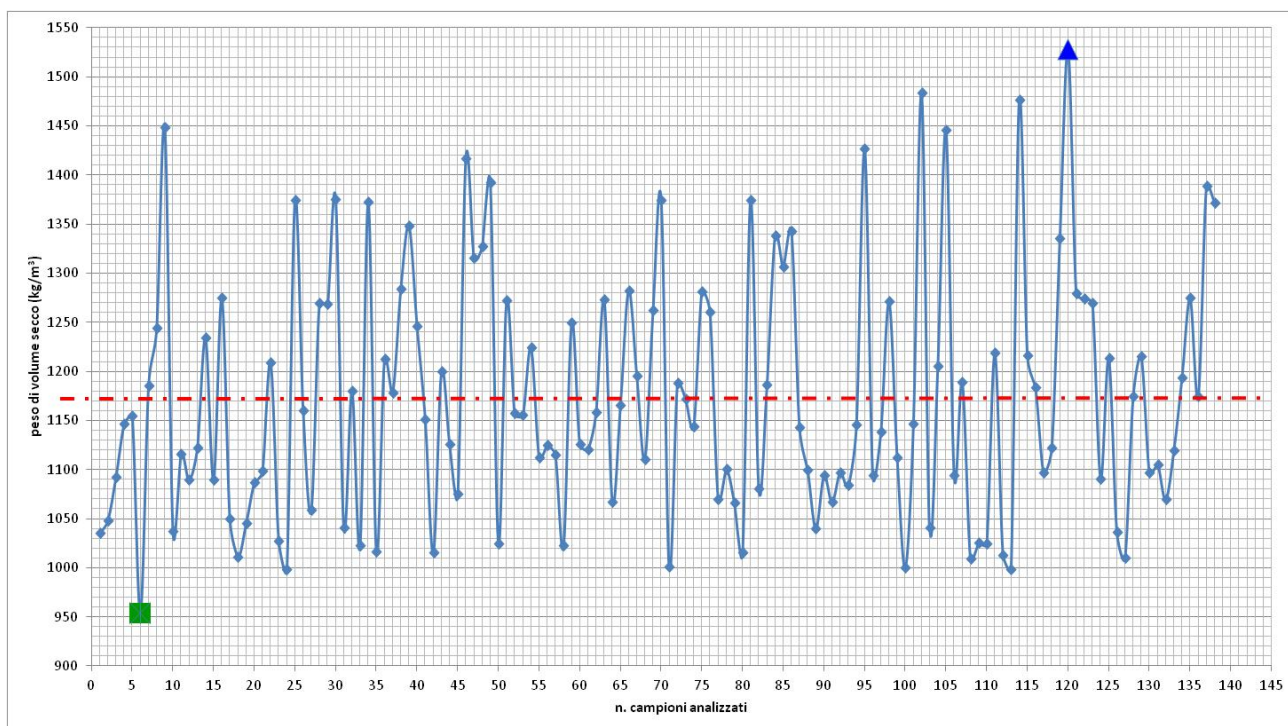


Figura 17: grafico relativo ai valori di peso di volume secco determinati dai laboratori di Natura s.r.l.. La linea in rosso indica la media dei valori.

In ogni caso poiché i valori determinati sono cautelativi ai fini dell'Analisi di Rischio, si ritiene che i dati possano essere comunque utilizzati anche se non propriamente rappresentativi.

Data la limitata variabilità dei dati si ritiene che la media sia rappresentativa della tendenza centrale.

Per l'utilizzo dei dati nell'Analisi di Rischio il progettista tenga conto dei seguenti aspetti:

- Non si riscontrano grandi variazioni della densità negli orizzonti indagati. Valuti comunque il proponente la possibilità di differenziare i valori di densità in funzione dell'orizzonte stratigrafico di riferimento.
- Il proponente, in base a specifiche caratteristiche delle subaree sorgenti individuate, potrà utilizzare differenti valori di densità.
- Il numero di determinazioni effettuate consente l'utilizzo di indicatori statistici (LCL 95%, studio del tipo di distribuzione, individuazione di outliers ecc.).
- Qualora, nell'individuazione di subset di popolazioni ci si trovi nella condizione di una popolazione <10 misure, per quella popolazione andrà utilizzato il valore maggiormente conservativo, cioè il minore.

Qualora l'esito dell'Analisi di Rischio per alcune aree interne al sito determini la non accettabilità dei rischi a causa dei valori cautelativi di densità adottati, il proponente, in accordo con l'Ente di Controllo, potrà valutare la possibilità di ripetere le determinazioni di densità limitatamente a tali aree per una migliore definizione delle caratteristiche sito-specifiche.

Allegato 1

Elenco delle attività di misura e loro quantificazione

Descrizione	Quantità analisi previste	Analisi di controllo SNPA
DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI SITO SPECIFICI PER ANALISI DI RISCHIO		
Analisi granulometrica con setacci per caratteristiche fisiche e meccaniche. Per via umida su quantità ≤ 5 kg, con un massimo di 8 vagli (sia su saturo sia su insaturo) su 20% campioni di suolo	137	14
Analisi granulometrica per sedimentazione con densimetro su 20% campioni suolo. Esclusa la determinazione del peso specifico	137	14
Carbonio organico su 20% campioni di suolo	137	14
Carbonio organico su 20% campioni di acqua di falda	7	1
Speciazione frazione idrocarburi volatili e non volatili secondo le classi Madep sui campioni di acqua che superano le relative CSC tab 2	37	4
Speciazione frazione idrocarburi volatili e non volatili secondo le classi Madep sui campioni di suolo che superano le relative CSC colonna A	684	68
Determinazione coefficiente di ripartizione solido liquido (Kd) sui campioni di suolo che superano le relative CSC colonna A.	684	68
Determinazione del peso di volume allo stato secco su 20% campioni insaturi	92	13
Determinazione del peso di volume allo stato secco su 20% campioni saturi	46	7