

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE**



COMUNE DI TORINO



**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
Lotto Generale: Politecnico - Rebaudengo**

PROGETTO DEFINITIVO		 INFRA.TO <i>infrastrutture per la mobilità</i>												INFRATRASPORTI S.r.l.	
DIRETTORE PROGETTAZIONI E Responsabile integrazione discipline specialistiche	IL PROGETTISTA														
Ing. R. Crova Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 60385	Dott. Geol. S. Strippoli Ordine dei geologi del Piemonte n. 733	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE STUDIO PER LA DETERMINAZIONE DEI VALORI DI FONDO NATURALE													
		ELABORATO								REV.		SCALA	DATA		
		Int.	Est.												
BIM MANAGER Geom. L. D'Accardi		MT	L2	T1	A0	D	AMB	GEN	R	013	0	2	-	20/07/2023	

AGGIORNAMENTI

Fg. 1 di 1

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	VISTO
0	EMISSIONE	28/02/22	Vari	S. Strippoli	S. Strippoli	R. Crova
1	EMISSIONE FINALE A SEGUITO DI VERIFICA PREVENTIVA	15/11/22	Vari	S. Strippoli	S. Strippoli	R. Crova
2	REVISIONE PER INTEGRAZIONE VOLONTARIA IN PROCEDURA PAUR	20/07/23	Vari	S. Strippoli	S. Strippoli	R. Crova
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

<table border="1"> <tr> <td>LOTTO 0</td> <td>CARTELLA</td> <td>16</td> <td>33</td> <td>MTL2T1A0D</td> <td>AMBGENR013</td> </tr> </table>						LOTTO 0	CARTELLA	16	33	MTL2T1A0D	AMBGENR013	<p align="center">STAZIONE APPALTANTE</p> <p align="center">DIRETTORE DI DIVISIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ Ing. R. Bertasio</p> <p align="center">RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. G. Marengo</p>						
LOTTO 0	CARTELLA	16	33	MTL2T1A0D	AMBGENR013													
																		

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Studio per la Determinazione dei Valori di Fondo Naturale	33_MTL2T1A0DAMBGENR013-0-2

INDICE

1.	PREMESSA	4
2.	QUANTITA' DI MATERIALE DA GESTIRE COME SOTTOPRODOTTO	5
3.	DEFINIZIONE DEL DATASET CAMPIONARIO	6
3.1	TRATTAMENTO DEI VALORI <LOD, <LOQ	8
3.2	IDENTIFICAZIONE DEI SUB-SET CAMPIONARI IN FUNZIONE DI FATTORI CHE CONTROLLANO LA DISTRIBUZIONE DEI PARAMETRI DI STUDIO	8
4.	ELABORAZIONI STATISTICHE EFFETTUATE	9
4.1	STATISTICA DESCRITTIVA E DISTRIBUZIONE DELLE POPOLAZIONI	9
4.2	INDIVIDUAZIONE DEI DATI ANOMALI (OUTLIERS)	16
4.3	DISTRIBUZIONE STATISTICA DI RIFERIMENTO	18
5.	IDENTIFICAZIONE DEI VALORI DI FONDO SITO-SPECIFICI E CONCLUSIONI OPERATIVE	19
5.1	DEFINIZIONE DEI VALORI DI FONDO SITO-SPECIFICI	19
5.2	CONFRONTO VALORI DI FONDO PROPOSTI CON I DATI FORNITI DA ARPA PIEMONTE (PARERE TECNICO PROT. 7037 DEL 27/06/2023)	20
5.3	APPROFONDIMENTI RICHIESTI DA ARPA PIEMONTE CON PROPRIO PARERE TECNICO PROT. 7037 DEL 27/06/2023	22
5.4	CONCLUSIONI E INDICAZIONI OPERATIVE	25

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1.	Statistica descrittiva - Unità AFR+INS+CSN (D.Lgs. 152/06 e DM 471/99)	10
Tabella 2.	Statistica descrittiva - Unità FAA+SAF+SFR (D.Lgs. 152/06 e DM 471/99)	10
Tabella 3.	Esiti test distribuzione del dataset CSN+AFR+INS (D.Lgs. 152/06 e DM 471/99)	15
Tabella 4.	Esiti test distribuzione del dataset SFR+FAA+SAF (D.Lgs. 152/06 e DM 471/99)	15
Tabella 5.	75° e 25° percentile, range interquartile outlier Unità CSN+AFR+INS (D.Lgs. 152/06 e DM 471/99)	18
Tabella 6.	Esiti test distribuzione del dataset CSN+AFR+INS senza outlier (D.Lgs. 152/06 e DM 471/99)	18
Tabella 7.	Confronto valori calcolati a seconda della distribuzione statistica (normale, gamma e log-normale) per l'unità CSN+AFR+INS – D.Lgs. 152/06	19
Tabella 8.	Confronto valori calcolati a seconda della distribuzione statistica (normale, gamma e log-normale) per l'unità CSN+AFR+INS – DM 471/99	19
Tabella 9.	Valori proposti per l'unità SFR+FAA+SAF – D.Lgs. 152/06 e DM 471/99	20

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Studio per la Determinazione dei Valori di Fondo Naturale	33_MTL2T1A0DAMBGENR013-0-2

Tabella 10. Confronto risultati analisi statistica con i dati Arpa Piemonte per l'unità CSN+AFR+INS	21
Tabella 11. Confronto risultati analisi statistica con i dati Arpa Piemonte per l'unità SFR+FAA+SAF	21
Tabella 12. Confronto risultati analisi statistica con i VFN approvati per sito 2749	21
"Ex Westinghouse, Nebiolo, Giardino Lamarmora" (dati Arpa Piemonte) per l'unità CSN+AFR+INS	21
Tabella 13. Confronto risultati analisi statistica con i VFN approvati per sito 2675 "Ex Scalo Vallino" (dati Arpa Piemonte) per l'unità CSN+AFR+INS	22
Tabella 14. Confronto risultati analisi statistica con i VFN approvati per sito 2069 "Ex Diatto" (dati Arpa Piemonte) per l'unità CSN+AFR+INS	22
Tabella 15. Unità CSN+AFR+INS Tratta sud esiti test di distribuzione	23
Tabella 16. Unità CSN+AFR+INS Tratta nord esiti test di distribuzione	23
Tabella 17. Confronto valori calcolati a seconda della distribuzione statistica (normale, gamma e log-normale) per l'unità CSN+AFR+INS Tratta sud – D.Lgs. 152/06	23
Tabella 18. Confronto valori calcolati a seconda della distribuzione statistica (normale, gamma e log-normale) per l'unità CSN+AFR+INS Tratta sud – DM 471/99	24
Tabella 19. Confronto valori calcolati a seconda della distribuzione statistica (normale, gamma e log-normale) per l'unità CSN+AFR+INS Tratta Nord – D.Lgs. 152/06	24
Tabella 20. Confronto valori calcolati a seconda della distribuzione statistica (normale, gamma e log-normale) per l'unità CSN+AFR+INS Tratta Nord – DM 471/99	24
Tabella 21. Valori di fondo naturale proposti per il Sito	25

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Studio per la Determinazione dei Valori di Fondo Naturale	33_MTL2T1A0DAMBGENR013-0-2

1. PREMESSA

Il presente studio si inserisce nell'ambito dell'affidamento dei servizi di ingegneria relativi alla Progettazione Definitiva della Linea 2 della Metropolitana Automatica di Torino. La gestione dei materiali di scavo di tale opera rientra nell'ambito normativo del DPR 120/17.

Le indagini ambientali eseguite in fase di Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica Preliminare (PFTE) e di Progetto Definitivo (PD) hanno evidenziato la presenza di superamenti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (nel seguito "CSC") di cui alla Col. A e B della Tab. 1 All. 5 parte IV del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. per alcuni dei parametri analizzati riconducibili a fondo naturale. In funzione di tali superamenti, ed in ottemperanza a quanto previsto dalla normativa ambientale vigente (con specifico riferimento all'art. 11 del DPR 120/17), è stato sviluppato il presente Studio per la Determinazione dei Valori di Fondo Naturale sito-specifici.

Le elaborazioni statistiche effettuate per il presente studio sono quelle descritte dalle "Linee guida per la determinazione dei valori di fondo per i suoli e per le acque sotterranee" del SNPA n. 8/2018 (ex Manuali e Linee Guida ISPRA n. 174/2018) e dalle metodiche previste dalla norma UNI ISO 19258:2018 - Soil Quality -- Guidance on the determination of background values.

Infine, le elaborazioni statistiche condotte nel presente studio fanno inoltre riferimento, a titolo di confronto, con quelle sviluppate da ARPA Piemonte nel proprio studio del dicembre 2020 sui valori di concentrazione di Cromo, Nichel e Cobalto nei suoli della Città di Torino e cintura ed indirizzi per la predisposizione dei piani per l'inquinamento diffuso e valori di fondo naturale.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Studio per la Determinazione dei Valori di Fondo Naturale	33_MTL2T1A0DAMBGENR013-0-2

2. QUANTITA' DI MATERIALE DA GESTIRE COME SOTTOPRODOTTO

In termini ambientali il **materiale da scavo generato dagli scavi della galleria di linea, delle stazioni e dei pozzi di ventilazione ricade in siti con destinazione d'uso assimilabile a industriale/commerciale**. Le CSC (Concentrazioni Soglia di Contaminazione) di riferimento per l'opera sono pertanto quelle di cui alla Col. B, Tab. 1, all. 5, parte IV del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.

Tali CSC, sulla base della caratterizzazione ambientale eseguita sui terreni che saranno oggetto di scavo e da gestire in regime di sottoprodotto ai sensi dell'art. 184-bis del D. Lgs. 152/06 e s.m.i. e del DPR 120/17, non risultano mai superate, fatta eccezione per i campioni di terreni prelevati nel sondaggio ambientale SA-16 in cui è risultato un modesto superamento delle CSC di Col. B per il parametro Rame e Antimonio (rispettivamente pari a 730 e 81 mg/kg rispetto ad una CSC di 600 e 30 mg/kg). Si rimanda all'elaborato *MTL2T1A0DAMBGENR010-0-0 - Piano di Utilizzo Terre e Rocce da Scavo (ai sensi dell'Art. 9 del DPR 120/17)* per il quadro completo degli esiti della caratterizzazione ambientale dei terreni.

Il presente Studio per la Determinazione dei Valori di Fondo Naturale viene pertanto effettuato al fine di valutare la compatibilità del materiale da scavo prodotto nella realizzazione dell'opera e gestibile in regime di sottoprodotto con i **siti di destinazione finale individuati** dal presente Progetto Definitivo nel Piano di Utilizzo Terre e Rocce da Scavo (*MTL2T1A0DAMBGENR010-0-0 - Piano di Utilizzo Terre e Rocce da Scavo (ai sensi dell'Art. 9 del DPR 120/17)*) o con quelli che potranno essere ulteriormente individuati nella successiva fase di Progettazione Esecutiva.

Si richiama come l'opera in oggetto genererà ca. **2.401.207 mc di materiale di scavo** (volume in banco) da conferire fuori sito in regime di sottoprodotto verso i siti di destinazione finale individuati dal Piano di Gestione delle Terre e Rocce da Scavo elaborato per l'opera ai sensi del DPR 120/17. Si specifica che tale volumetria è commisurata al netto della quota parte di materiali da gestire in regime di rifiuto (3.319 mc ca.) e di quella necessaria per i reinterri in cantiere (446.810 mc ca.).

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Studio per la Determinazione dei Valori di Fondo Naturale	33_MTL2T1A0DAMBGENR013-0-2

3. DEFINIZIONE DEL DATASET CAMPIONARIO

Al fine della costituzione del Dataset Campionario sono state utilizzate le seguenti sorgenti di dati:

- Esiti delle indagini ambientali condotte nel corso del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (PFTE);
- Esiti delle indagini ambientali condotte nel corso del Progetto Definitivo (PD).

Sulla base degli esiti della caratterizzazione ambientale eseguita, per i dettagli si rimanda all'elaborato MTL2T1A0DAMBGENR010 - Piano di Utilizzo Terre e Rocce da Scavo (ai sensi dell'Art. 9 del DPR 120/17), vengono nel seguito riportate le considerazioni assunte per la scelta del dataset campionario:

- sono stati inseriti nel dataset campionario unicamente i superamenti relativi ai metalli e sono stati tralasciati i superamenti delle CSC riscontrati per i parametri IPA, idrocarburi con C>12, pesticidi e diclorometano in quanto si ritengono correlabili ad un'origine antropica;
- non sono stati inseriti nel dataset campionario i metalli Sn totale e Sb, in quanto non essendo stati ricercati su tutti i campioni analizzati, risultano essere ai fini statistici non rappresentativi;
- non è stato inserito nel dataset campionario il Cr VI in quanto è stato rilevato un unico lieve superamento in corrispondenza del punto di indagine SA-D21 (2,8 mg/kg rispetto ad una CSC di 2 mg/kg) facendolo presupporre un possibile artefatto analitico.

Nella Tabella in **Allegato 1** si riporta i dataset campionari utilizzati per le elaborazioni statistiche finalizzate alla determinazione dei Valori di Fondo Naturali sito-specifici.

La tabella riporta le seguenti informazioni (colonne):

- Nome campione;
- Profondità di prelievo (m);
- Scheletro (%);
- Concentrazioni di Co, Cr e Ni (per le unità litostratigrafiche CSN+AFR+INS e SFR+FAA+SAF);
- Concentrazioni di Co, Cr e Ni, Pb, Cu, Zn, As e Hg (unicamente per l'unità litostratigrafica UID+TV);
- Unità litostratigrafica di appartenenza del campione prelevato. Nell'elaborato *MTL2T1A0DGOGENR001 - Relazione geologica idrogeologica* del presente Progetto Definitivo viene descritto come i materiali da scavo siano riconducibili alle seguenti principali unità litostratigrafiche:
 - Unità UID = terreno di riporto di origine antropica e terreni vegetali (TV). Attuale;
 - Unità CSN = ghiaie sabbiose, sabbie e sabbie siltose, da poco o nulla alterate a debolmente alterate. Depositi fluviali, Olocene – Attuale;
 - Unità AFR = ghiaie eterometriche da fini a grosse con presenza di clasti poligenici centimetrici in matrice sabbiosa-limosa e intercalazioni centimetriche di sabbie fini e livelli a ciottoli, grado di cementazione da nullo a medio. Depositi fluvioglaciali, Pleistocene;
 - Unità INS = ghiaie eterometriche da fini a grosse con presenza di clasti poligenici centimetrici in matrice sabbiosa-limosa e intercalazioni centimetriche di sabbie fini e livelli a ciottoli, con alterazione diffusa. Depositi incertae sedis attribuibili alla base dei depositi fluvioglaciali dell'unità AFR. Depositi fluvioglaciali, Pleistocene;

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Studio per la Determinazione dei Valori di Fondo Naturale	33_MTL2T1A0DAMBGENTR013-0-2

- Unità SFR = sabbie da giallo brune a grigie, da fini a grosse e ghiaie fini, addensate, generalmente alterate nella parte superiore. Depositi da fluviali a marino marginali (Sabbie di Ferrere), Pliocene;
- Unità FAA = limi argillosi e argille limose grigio e grigio azzurre, con livelli centimetrici sabbioso limosi e ghiaioso limosi. Depositi marini (Argille Azzurre), Pliocene inferiore-Zancleano;
- Unità SAF = argille limose di colore grigio, molto compatte e localmente litificate. Depositi marini (Marne di Sant'Agata Fossili), Miocene superiore-Tortoniano;

Il dataset campionario è complessivamente costituito da n. 116 campioni di terreno; sulla base dei dati litostratigrafici disponibili questi possono essere attribuiti alle seguenti principali unità litostratigrafiche:

- N. 37 campioni riconducibili all'unità UID (riporto compreso il campione di terreno vegetale);
- N. 2 campioni riconducibili all'unità CSN (depositi fluviali);
- N. 73 campioni riconducibili all'unità INS e AFR (depositi fluvio-glaciali);
- N. 1 campione riconducibile all'unità SFR (depositi fluviali/marini);
- N. 2 campioni riconducibili all'unità FAA (depositi marini);
- N. 1 campione riconducibile all'unità SAF (depositi marini).

I campioni del dataset campionario sono stati ricondotti a N. 3 sub-unità litostratigrafiche distinte in funzione dell'origine/genesi del sedimento e dell'affinità litologica dei litotipi come di seguito riportato:

- N. 37 campioni sono stati ricondotti alla sub-unità UID+TV;
- N. 75 campioni appartenenti alla sub-unità CSN+AFR+INS;
- N. 4 campioni riconducibili alla sub-unità SFR+FAA+SAF.

Come descritto nelle linee guida SNPA per la determinazione dei valori di fondo dei suoli, per ottenere una statistica affidabile è necessario avere un numero minimo di dati variabile tra 10 e 30, pertanto l'analisi di solo 4 dati di cui è costituita la sub-unità SFR+FAA+SAF porterebbe ad un'analisi statistica non attendibile. Tuttavia, per completezza di informazioni e per permettere un confronto tra le sub-unità distinte nel presente studio, si è comunque proceduto nell'elaborazione della statistica descrittiva e nell'analisi della distribuzione della popolazione di valori per tutte le N. 2 sub-unità individuate nel presente studio.

In seguito alla richiesta di Arpa Piemonte nell'ambito del proprio parere tecnico prot. 00007037 del 27/06/2023, i campioni afferibili all'unità UID+TV non sono stati considerati nelle elaborazioni statistiche finalizzate alla determinazione dei Valori di Fondo Naturale in quanto riconducibili a terreno di riporto antropico.

Nell'elaborato MTL2T1A0DGEAGENT001 – Carta e sezione geologica del presente Progetto Definitivo sono riportate le sezioni geologiche dell'area di studio, con identificazione delle opere in progetto, dell'ubicazione dei sondaggi geognostici eseguiti (geotecnici e ambientali) e delle profondità di prelievo dei campioni ambientali relativi alle fasi di PFTE e PD. Come risulta evidente dalle sezioni geologiche citate, la maggior parte della volumetria di scavo della galleria di linea e buona parte di quella relativa dai principali manufatti (stazioni e pozzi) risulta compresa nelle unità litostratigrafiche AFR e INS e solo una minima parte risulta compresa nelle unità CSN, SFR, FAA e SAF.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Studio per la Determinazione dei Valori di Fondo Naturale	33_MTL2T1A0DAMBGENR013-0-2

3.1 Trattamento dei valori <LOD, <LOQ

I campioni presentanti risultati inferiori al rispettivo LOD (Limit of Detection) o LOQ (Limit of Quantification) sono stati trattati a fini statistici ponendo il risultato pari alla metà del LOD o LOQ.

3.2 Identificazione dei sub-set campionari in funzione di fattori che controllano la distribuzione dei parametri di studio

Le Linee Guida ISPRA riportano quanto segue: “*Qualora un parametro di cui si vuole determinare il VF mostri evidenti correlazioni con le caratteristiche litologiche dei terreni [...] sarà opportuno suddividere le osservazioni inerenti quel parametro in dataset distinti da elaborare separatamente e all’interno dei quali dette caratteristiche siano sostanzialmente omogenee*”.

Nel caso specifico, la distribuzione dei metalli Co, Cr e Ni è legata all’assetto geologico locale, essendo questi metalli associati alle rocce ultramafiche, presenti principalmente nei depositi fluvioglaciali oggetto di scavo.

Sulla base di queste considerazioni e di uno screening statistico preliminare (si veda il Capitolo seguente per maggiori dettagli), è stato scelto di suddividere il dataset campionario in due sub-set:

- campioni riconducibili alle unità litologiche CSN+AFR+INS (depositi fluviali e fluvioglaciali);
- campioni riconducibili all’unità litologiche SFR+FAA+SAF (depositi fluviali/marini e marini).

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Studio per la Determinazione dei Valori di Fondo Naturale	33_MTL2T1A0DAMBGENR013-0-2

4. ELABORAZIONI STATISTICHE EFFETTUATE

A seguito della costituzione del dataset campionario, come descritto al Capitolo precedente, sono state effettuate una serie di elaborazioni statistiche volte a:

- identificare la distribuzione di riferimento per le popolazioni campionarie oggetto di studio;
- identificare potenziali outliers;
- verificare l'eventuale presenza di popolazioni multiple.

Gli esiti delle elaborazioni sono descritti nei paragrafi seguenti. Le elaborazioni statistiche sono state condotti in ambiente Excel e tramite l'applicativo Pro UCL 5.1 sviluppato dall'Agenzia Americana per la Protezione dell'Ambiente (US-EPA).

4.1 Statistica descrittiva e distribuzione delle popolazioni

Una volta individuato il set di osservazioni considerato rappresentativo della popolazione di valori legata ad un determinato contributo/fenomeno, è opportuno individuare una funzione di probabilità che approssimi meglio l'insieme dei dati disponibili (es. gaussiana, log-normale).

L'individuazione del tipo di distribuzione che meglio approssima il campione di dati serve a definire i descrittori statistici più appropriati per calcolare il valore del fondo. Questa operazione è tipicamente condotta applicando test statistici (Shapiro e Wilk, D'Agostino, Lilliefors).

Nel caso di specie si è proceduto ad effettuare un'analisi dati finalizzata alla definizione della statistica descrittiva dei dataset precedentemente citati.

Si specifica che, al fine di poter confrontare i risultati ottenuti con quelli derivanti dalle elaborazioni statistiche di ARPA Piemonte si è provveduto al trattamento dei dati secondo quanto segue:

- utilizzo delle concentrazioni di riferimento, ricavate in base all'analisi dei terreni sulla frazione inferiore ai 2 cm (come definito dal D.Lgs. 152/06, approccio utilizzato per il confronto con le CSC del succitato decreto);
- normalizzazione delle concentrazioni di riferimento prendendo in considerazione la sola frazione inferiore a 2 mm, senza includere la frazione di scheletro 2 cm - 2 mm (come previsto dall'abrogato DM 471/99 e dai metodi di analisi chimica del suolo di cui alla GU 248 del 21/10/1999, approccio utilizzato per il confronto con i dati di ARPA Piemonte).

Le Tabelle seguenti riportano gli esiti della statistica descrittiva applicata ai due dataset campionari identificati (CSN+AFR+INS e SFR+FAA+SAF). Come precedentemente indicato le tabelle citate riportano gli esiti della statistica rispetto ai dati espressi ai sensi del D. Lgs. 152/06 e s.m.i. (parametro con suffisso "152") e quelli elaborati sulla frazione inferiore ai 2 mm (parametri con suffisso "471"). Tale nomenclatura sarà adottata in tutto il prosieguo del documento. Inoltre si precisa che in tutte le tabelle le concentrazioni si intendono espresse in mg/kg.

**Tabella 1. Statistica descrittiva - Unità AFR+INS+CSN (D.Lgs. 152/06 e DM 471/99)**

AFR+INS+CSN (depositi fluviali/fluvioglaciale)	Co152	Cr152	Ni152	Co471	Cr471	Ni471
Massimo (mg/kg)	63,00	640,00	315,00	94,75	880,64	418,95
Minimo (mg/kg)	1,09	46,20	32,40	1,81	69,06	51,42
Media (mg/kg)	11,41	155,86	111,75	15,50	210,42	150,52
Mediana (mg/kg)	9,01	126,00	106,00	12,55	184,17	145,20
Deviazione standard (mg/kg)	8,86	104,31	55,64	12,51	132,94	67,79
Curtosi	16,01	7,34	2,89	22,43	8,51	3,22
Asimmetria	3,42	2,23	1,42	4,12	2,30	1,48
Conteggio	75	75	75	75	75	75

Tabella 2. Statistica descrittiva - Unità FAA+SAF+SFR (D.Lgs. 152/06 e DM 471/99)

SFR+FAA+SAF (depositi fluviali/marini)	Co152	Cr152	Ni152	Co471	Cr471	Ni471
Massimo (mg/kg)	20,80	359,00	193,00	21,02	457,37	245,88
Minimo (mg/kg)	12,20	115,00	91,00	12,26	115,66	91,53
Media (mg/kg)	15,75	233,00	141,50	16,73	258,63	155,44
Mediana (mg/kg)	15,00	229,00	141,00	16,82	230,75	142,17
Deviazione standard (mg/kg)	4,00	101,18	44,73	3,59	144,14	66,99
Curtosi	-2,09	0,70	-1,96	1,29	1,81	0,55
Asimmetria	0,66	0,22	0,05	-0,14	1,07	0,98
Conteggio	4	4	4	4	4	4

Le figure seguenti mostrano i Q-Q Plots dei due dataset campionari (prima dell'eliminazione di eventuali outliers).

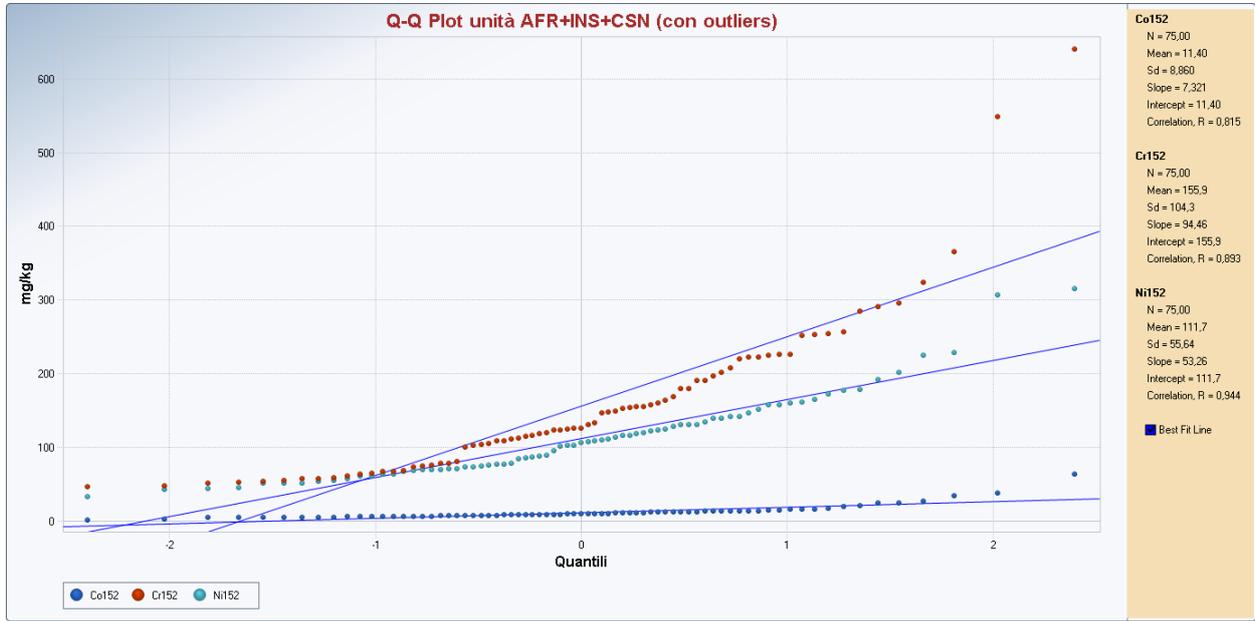


Figura 1. Q-Q Plot Unità AFR+INS+CSN (con outliers) parametri Co, Cr e Ni (D. Lgs. 152/06)

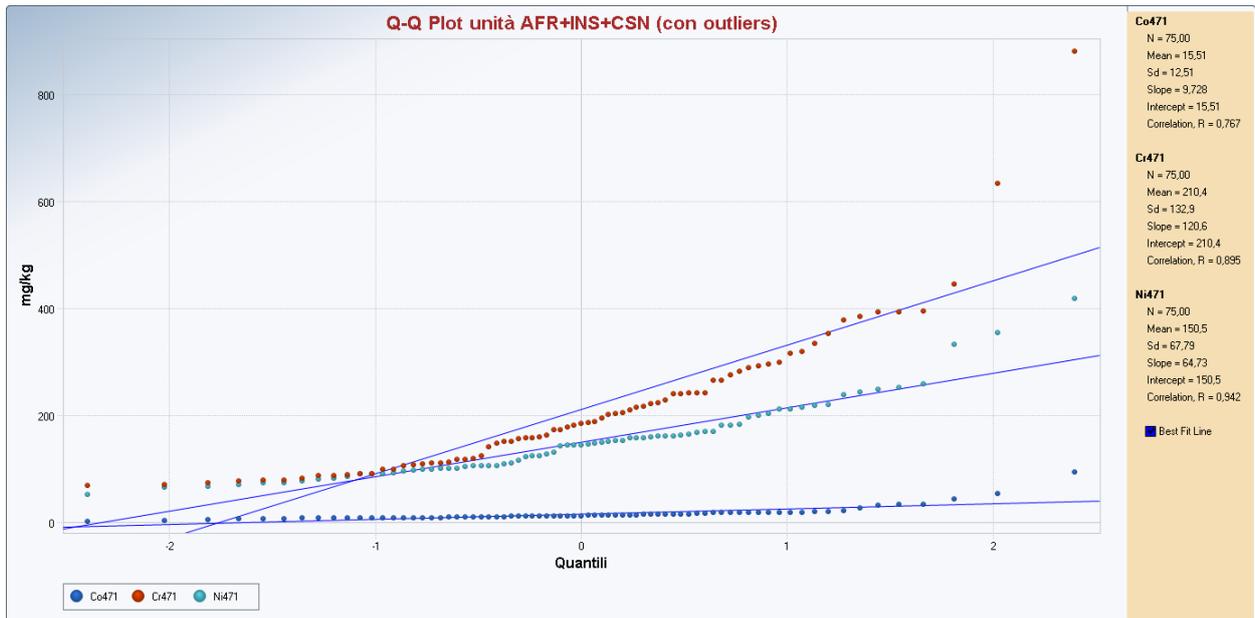


Figura 2. Q-Q Plot Unità AFR+INS+CSN (con outliers) parametri Co, Cr e Ni (DM 471/99)

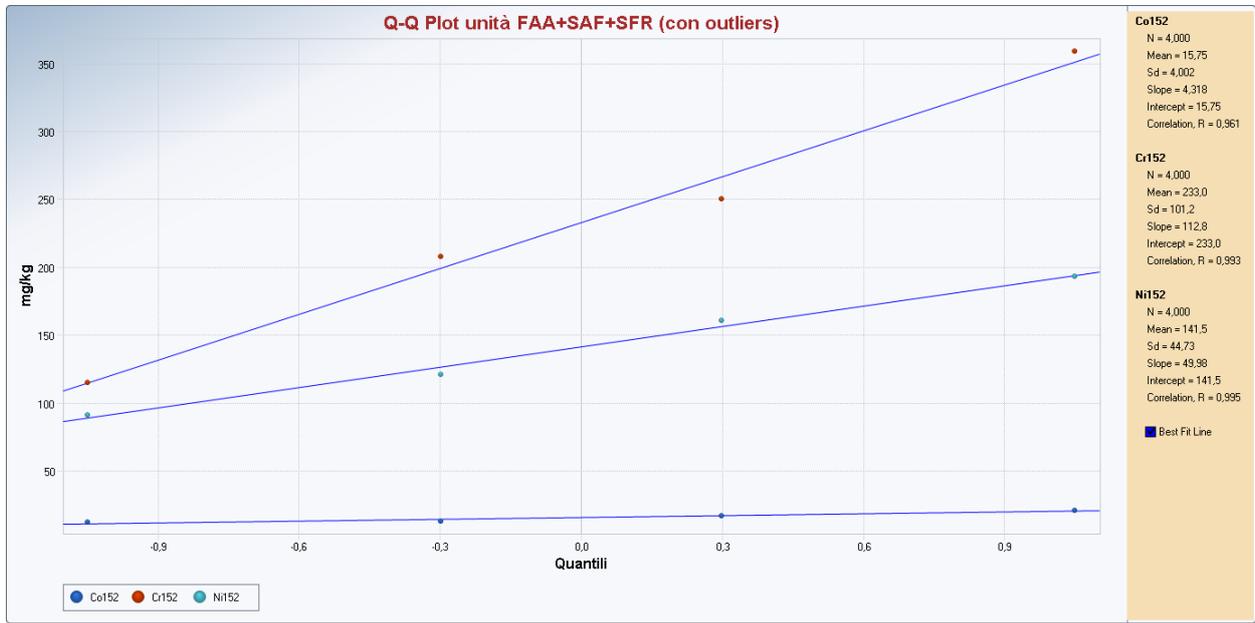


Figura 3. Q-Q Plot Unità FAA+SAF+SFR (con outliers) parametri Co, Cr e Ni (D. Lgs. 152/06)

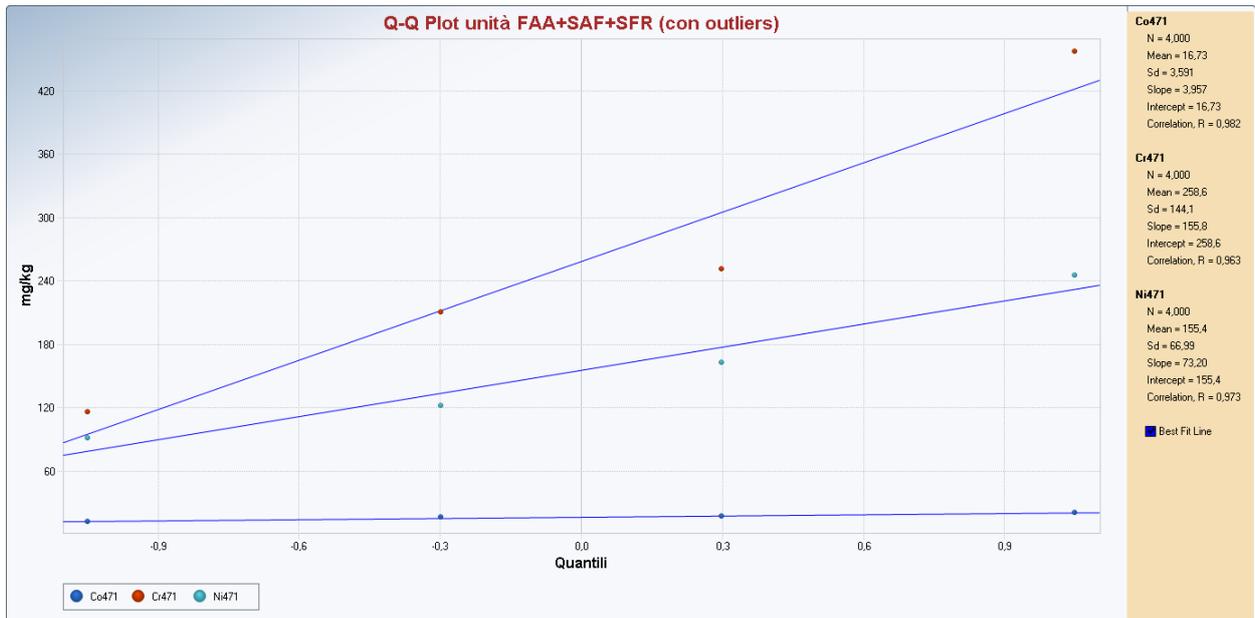


Figura 4. Q-Q Plot Unità FAA+SAF+SFR (con outliers) parametri Co, Cr e Ni (DM 471/99)

Le Figure seguenti mostrano gli istogrammi di distribuzione nei tre dataset, con sovrapposta la curva teorica di distribuzione normale (prima dell'eliminazione di eventuali outliers).

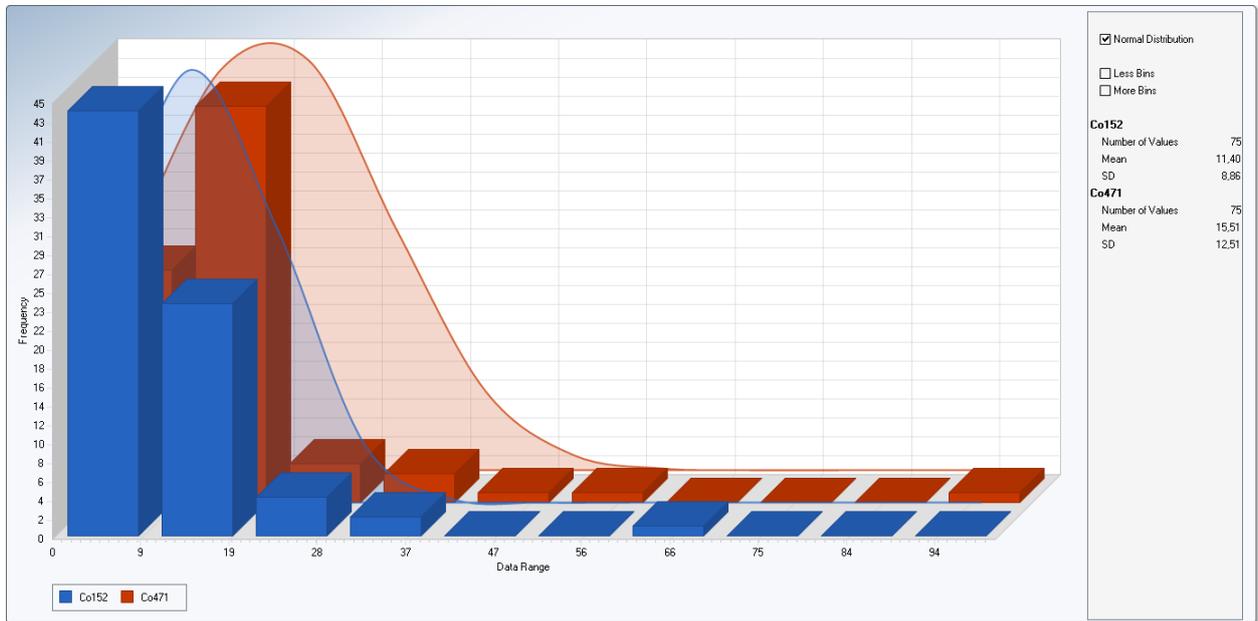


Figura 5. Istogrammi di distribuzione di Co - Unità CSN+AFR+INS (D. Lgs. 152/06 e DM 471/99)

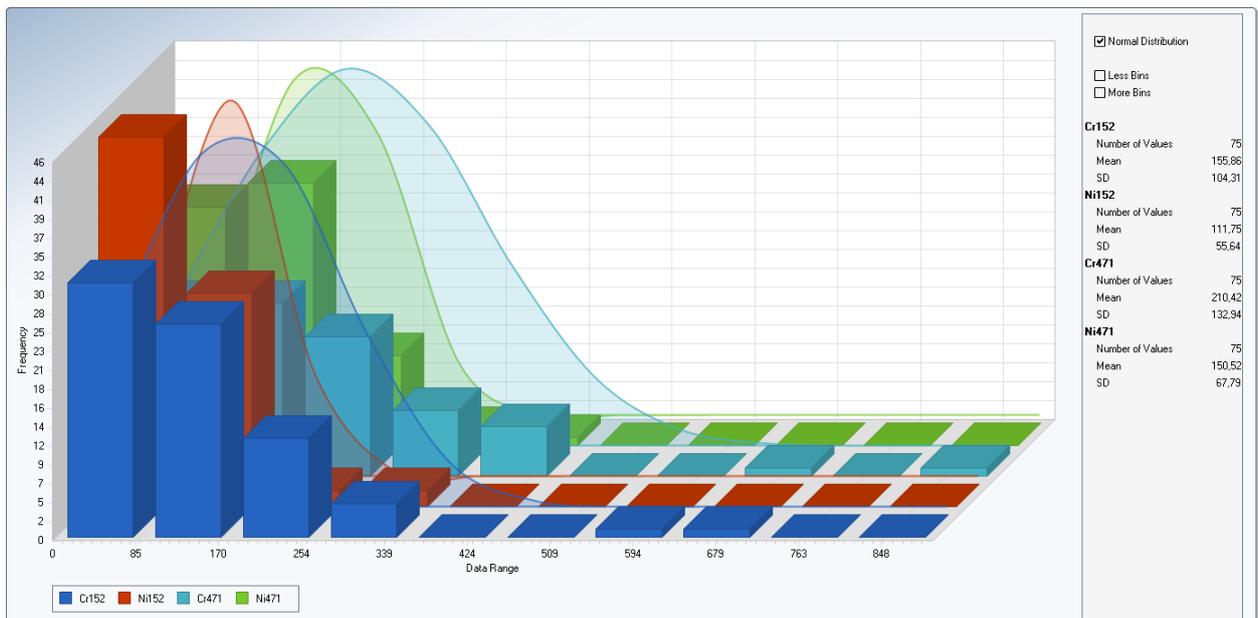


Figura 6. Istogrammi di distribuzione di Cr e Ni - Unità CSN+AFR+INS (D. Lgs. 152/06 e DM 471/99)

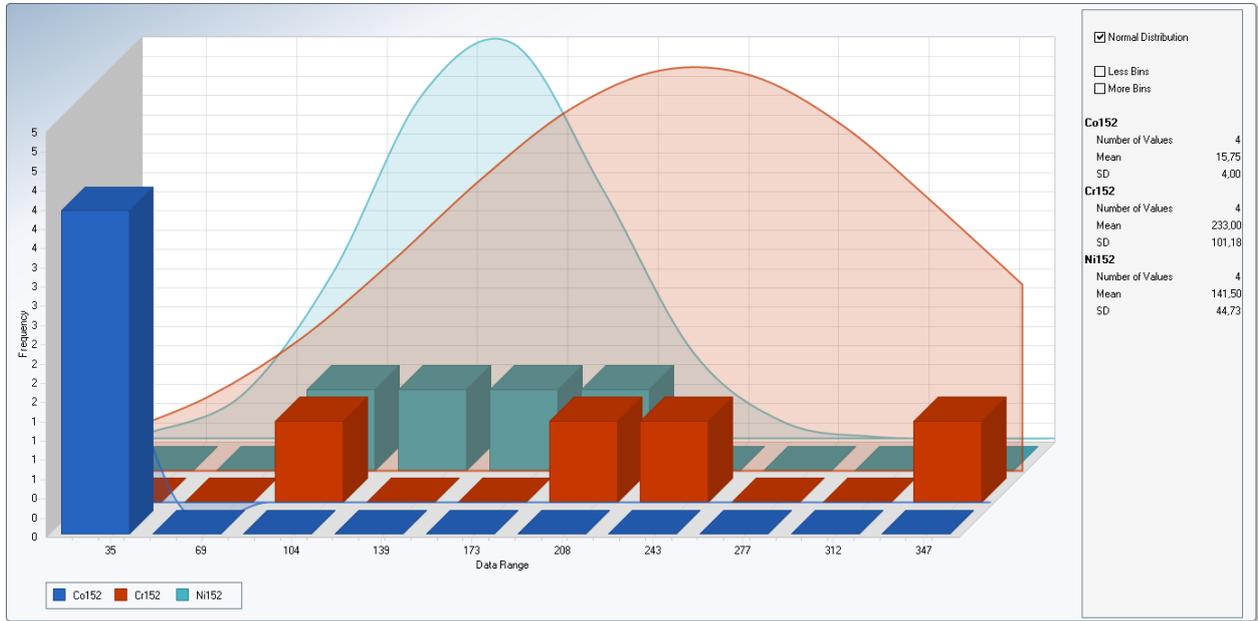


Figura 7. Istogrammi di distribuzione di Co, Cr e Ni - Unità SFR+FAA+SAF (D.Lgs. 152/06)

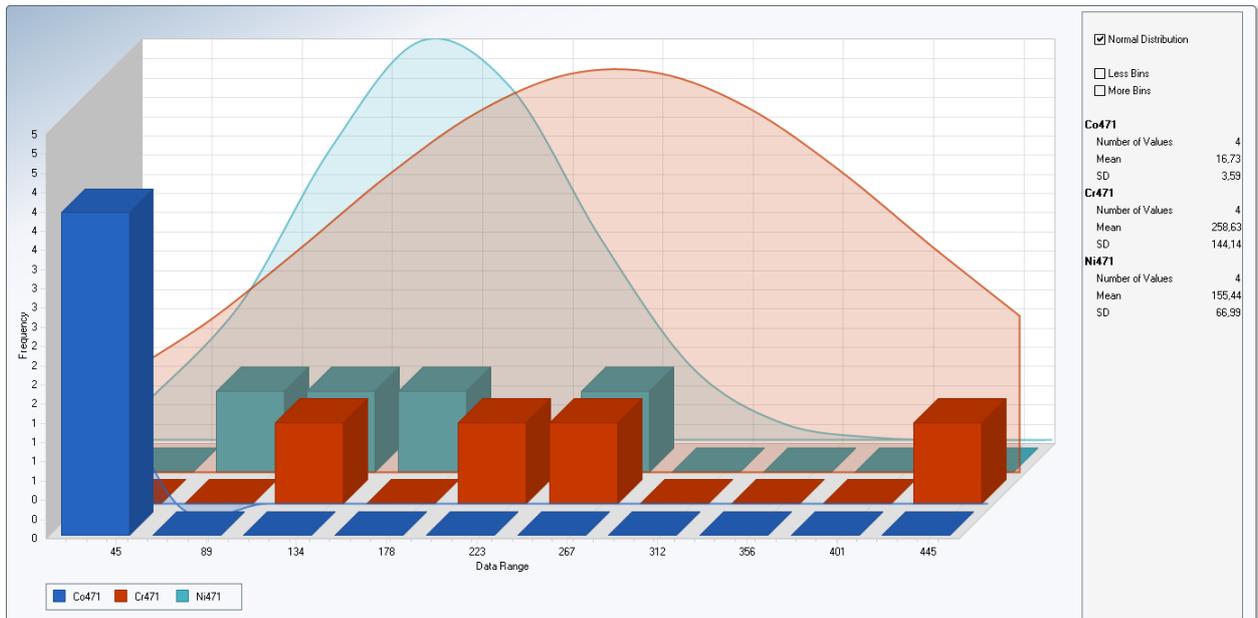


Figura 8. Istogrammi di distribuzione di Co, Cr e Ni - Unità SFR+FAA+SAF (DM 471/99)

Nelle tabelle seguenti si riportano gli esiti dei test per la verifica della distribuzione campionaria del tipo di distribuzione (livello di significatività 0,05) che meglio approssima il campione di dati nei dataset (test di Shapiro-Wilk e Lilliefors).

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Studio per la Determinazione dei Valori di Fondo Naturale	33_MTL2T1A0DAMBGENR013-0-2

Tabella 3. Esiti test distribuzione del dataset CSN+AFR+INS (D.Lgs. 152/06 e DM 471/99)

Dataset CSN+AFR+INS	Co152	Cr152	Ni152
	Data not Normal	Data not Normal	Data not Normal
	Data not Gamma Distributed	Data appear Gamma Distributed	Data appear Gamma
	Data appear Lognormal	Data appear Lognormal	Data appear Lognormal
	Co471	Cr471	Ni471
Data not Normal	Data not Normal	Data not Normal	
Data not Gamma Distributed	Data appear Gamma Distributed	Data appear Gamma Distributed	
Data not Lognormal	Data appear Lognormal	Data appear Lognormal	

Tabella 4. Esiti test distribuzione del dataset SFR+FAA+SAF (D.Lgs. 152/06 e DM 471/99)

Dataset SFR+FAA+SAF	Co152	Cr152	Ni152
	Data appear Normal	Data appear Normal	Data appear Normal
	Data appear Gamma Distributed	Data appear Gamma Distributed	Data appear Gamma
	Data appear Lognormal	Data appear Lognormal	Data appear Lognormal
	Co471	Cr471	Ni471
Data appear Normal	Data appear Normal	Data appear Normal	
Data appear Gamma Distributed	Data appear Gamma Distributed	Data appear Gamma Distributed	
Data appear Lognormal	Data appear Lognormal	Data appear Lognormal	

Come evidente nelle tabelle soprariportate, i dataset campionari risultano così distribuiti a seconda del trattamento dei dati:

D.Lgs. 152/06

- Unità CSN+AFR+INS: Cobalto, Cromo e Nichel Gamma/Lognormale;
- Unità SFR+FAA+SAF: Cobalto, Cromo e Nichel/ Normale.

DM 471/99

- Unità CSN+AFR+INS: Cromo e Nichel Gamma/Lognormale; Cobalto nessuna distribuzione;
- Unità SFR+FAA+SAF: Cobalto, Cromo e Nichel/ Normale.

Come si evince dai grafici Q-Q plot sopra riportati relativamente all'unità CSN+AFR+INS si procederà con le successive verifiche per tutti i parametri precedentemente analizzati (Co, Cr e Ni) in quanto ritenuti potenzialmente riconducibili ad un fondo naturale del Sito.



Infine, come già anticipato nel Capitolo 3, per l'unità SFR+FAA+SAF, non avendo una popolazione campionaria di dati sufficiente, non si procederà in ulteriori verifiche statistiche, proponendo, per i parametri che superano le CSC in tale unità, dei Valori di Fondo Naturale pari alla massima concentrazione (Cmax) riscontrata in Sito, come meglio dettagliato nel seguito.

4.2 Individuazione dei dati anomali (outliers)

Per l'individuazione dei dati anomali, vista la distribuzione statistica della popolazione campionaria si è adottato un approccio di tipo grafico, tramite la costruzione di box plots.

I box plot (esempio in Figura 9) sono dei diagrammi che riassumono gli aspetti principali di una distribuzione di valori; la base inferiore e superiore del rettangolo rappresentano rispettivamente il 25 e il 75 percentile (I e III quartile). La linea all'interno del rettangolo rappresenta la mediana (ovvero il 50 percentile). Accanto a questi parametri statistici fondamentali, il box plot deriva altri valori importanti per l'identificazione dei valori anomali; con il termine gradino (step) si indica 1,5 volte la differenza fra il valore corrispondente al 75° percentile e quello al 25° percentile.

Per l'identificazione degli outlier tramite i box plots si applica la cosiddetta "soglia di anomalia", ottenuta applicando un fattore 3 nel calcolo della soglia outlier.

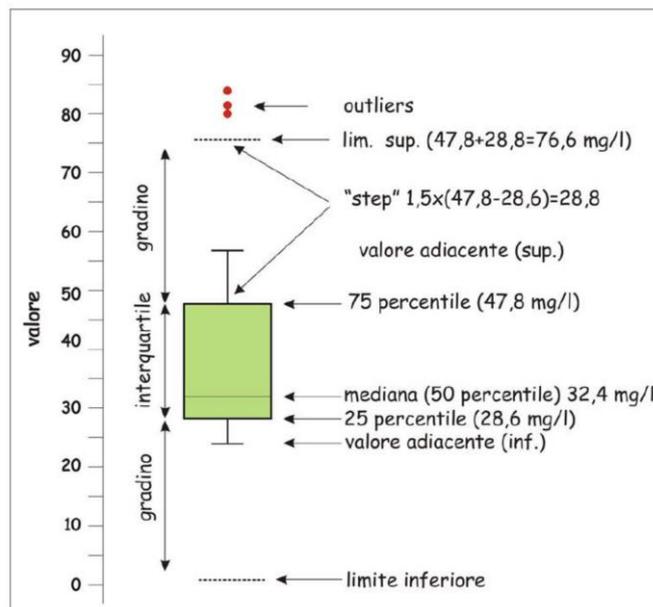


Figura 9. Esempio di BoxPlot e relativi parametri statistici identificativi

Le Figure seguenti mostrano i Box Plots per il dataset campionario esaminato (CSN+AFR+INS).

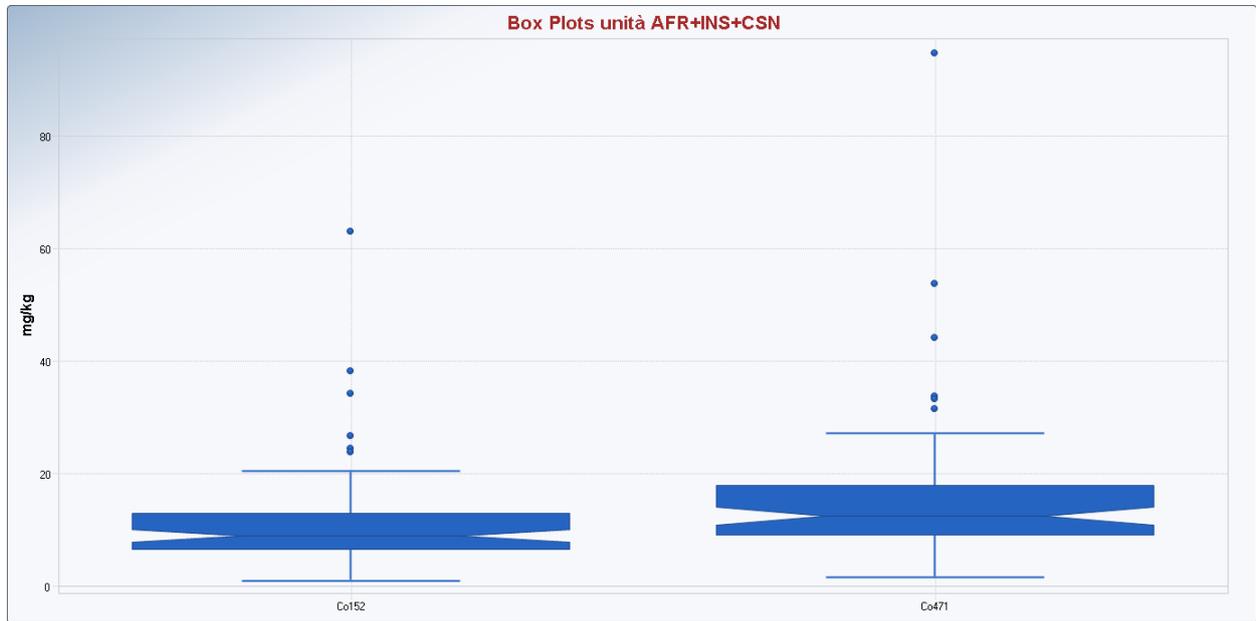


Figura 10. BoxPlot Co, Unità CSN+AFR+INS (D.Lgs. 152/06 e DM 471/99)

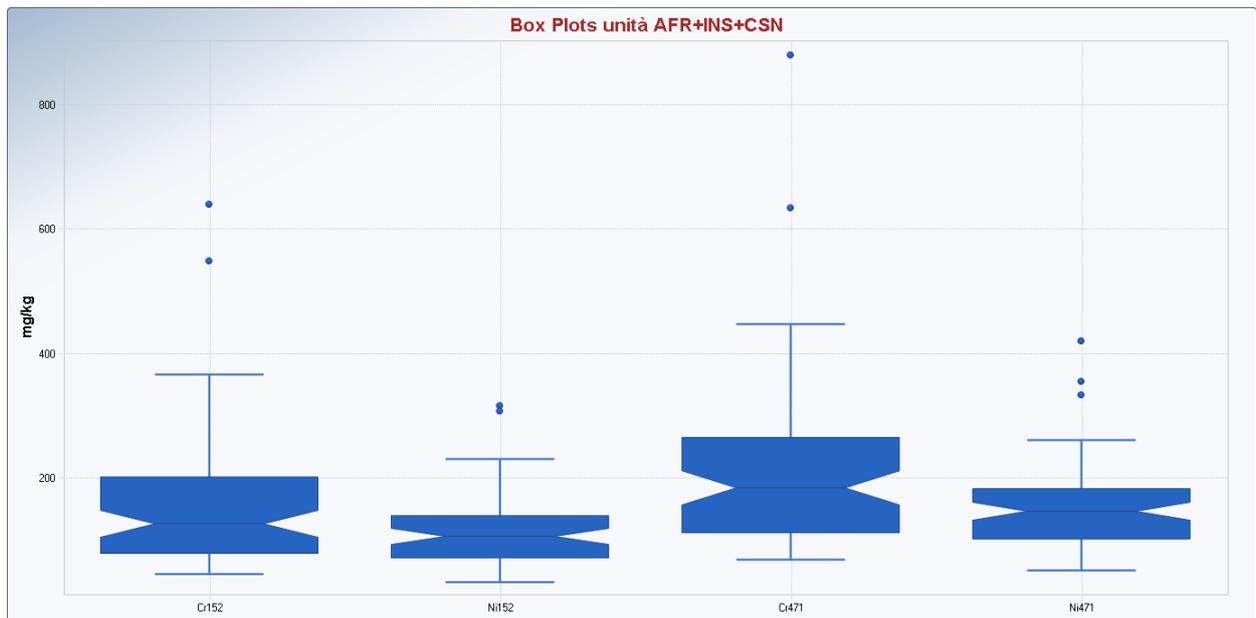


Figura 11. BoxPlot Cr e Ni, Unità CSN+AFR+INS (D.Lgs. 152/06 e DM 471/99)

Sulla base dei boxplots soprariportati, sono stati identificati gli outlier (positivi e negativi) per il dataset considerato, identificato come quel campione avente concentrazioni superiori alla "soglia di anomalia" come nel seguito descritto:

outlier positivo > 75° percentile + 3 IQR

outlier negativo < 25° percentile - 3 IQR

I valori del 25° percentile, 75° percentile e dei range interquartili identificati per il dataset campionario sono sintetizzati nelle tabelle seguenti.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Studio per la Determinazione dei Valori di Fondo Naturale	33_MTL2T1A0DAMBGENR013-0-2

Tabella 5. 75° e 25° percentile, range interquartile outlier Unità CSN+AFR+INS (D.Lgs. 152/06 e DM 471/99)

Unità CSN+AFR+INS	Co152	Cr152	Ni152	Co471	Cr471	Ni471
75° percentile	13	199	139	18	265	176
25° percentile	7	78	71	9	112	101
Range interquartile	6	121	69	8	153	75
Soglia outlier (75° percentile +3IQR)	32	561	345	43	724	400

Secondo la metodica precedentemente descritta sono stati individuati i seguenti potenziali outlier nel dataset:

- Unità CSN+AFR+INS:
 - Co - campioni SA-D09_2, SA-D10_2 e SA-D12_3 (concentrazioni rispettivamente pari a 38,2, 63, 34,2 mg/kg secondo il D.Lgs. 152/06; 44,2; 94,8 e 53,7 secondo il DM 471/99);
 - Cr tot - campione SA-D16 (concentrazione pari a 640 mg/kg secondo il D.Lgs. 152/06; 880,6 secondo il DM 471/99);
 - Ni – nessun outlier secondo il D.Lgs. 152/06 e campione SA/23_2 concentrazione pari a 419 mg/kg secondo il DM 471/99.

4.3 Distribuzione statistica di riferimento

A seguito dell'identificazione degli outlier di cui al paragrafo precedente si è proceduto a rimuovere tali valori dai dataset campionari e quindi alla rielaborazione degli studi circa la distribuzione statistica del dataset campionario, al fine di identificare quella che meglio si approssima alle popolazioni oggetto di studio.

Tabella 6. Esiti test distribuzione del dataset CSN+AFR+INS senza outlier (D.Lgs. 152/06 e DM 471/99)

Dataset CSN+AFR+INS	Co152	Cr152	Ni152
	Data not Normal	Data not Normal	Data not Normal
	Data appear Gamma	Data appear Gamma Distributed	Data appear Gamma
	Data appear Approximate Lognormal	Data appear Approximate Lognormal	Data appear Lognormal
	Co471	Cr471	Ni471
	Data not Normal	Data appear Approximate Normal	Data not Normal
Data appear Gamma Distributed	Data appear Gamma Distributed	Data appear Gamma Distributed	
Data appear Approximate Lognormal	Data appear Approximate Lognormal	Data appear Approximate Lognormal	



5. IDENTIFICAZIONE DEI VALORI DI FONDO SITO-SPECIFICI E CONCLUSIONI OPERATIVE

5.1 Definizione dei valori di fondo sito-specifici

Sulla base delle elaborazioni statistiche descritte nel Capitolo precedente si è proceduto ad identificare i possibili valori di fondo naturale sito-specifici (a seguito dell'eliminazione degli outlier) per i seguenti parametri ed unità:

- Co, Cr e Ni (unità CSN+AFR+INS).

I valori di fondo sono stati calcolati con riferimento ai descrittori UTL 95, 90° percentile e 95° percentile delle principali distribuzioni campionarie (Normale, Gamma e Log-normale).

I valori di fondo così definiti sono riportati nelle tabelle seguenti.

Tabella 7. Confronto valori calcolati a seconda della distribuzione statistica (normale, gamma e log-normale) per l'unità CSN+AFR+INS – D.Lgs. 152/06

	Co152			Cr152			Ni152		
	Normal e	Gamm a	Log- normal e	Normal e	Gamm a	Log- normal e	Normal e	Gamm a	Log- normal e
UTL95	18,7	21,3	24,2	285,8	323,9	354,8	195,4	216,3	231,2
90° percentil e	15,5	15,9	16,8	234,5	239,0	244,0	163,9	167,3	170,2
95° percentil e	17,2	18,4	20,3	261,0	278,6	296,0	180,2	190,6	199,4

Tabella 8. Confronto valori calcolati a seconda della distribuzione statistica (normale, gamma e log-normale) per l'unità CSN+AFR+INS – DM 471/99

	Co471			Cr471			Ni471		
	Normal e	Gamm a	Log- normal e	Normal e	Gamm a	Log- normal e	Normal e	Gamm a	Log- normal e
UTL95	24,0	26,9	29,9	372,2	419,0	453,8	253,0	273,4	287,2
90° percentil e	20,1	20,6	21,5	308,0	314,6	320,4	214,4	217,2	219,3
95° percentil e	22,1	23,5	25,5	341,2	363,5	383,5	234,3	244,4	252,1

Come già illustrato nei capitoli precedenti, per quanto riguarda il dataset SFR+FAA+SFR, non avendo a disposizione sufficienti dati per poter effettuare lo studio statistico, si propone, come

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Studio per la Determinazione dei Valori di Fondo Naturale	33_MTL2T1A0DAMBGENR013-0-2

valore di fondo naturale la concentrazione massima rilevata per i parametri individuati (Co, Cr e Ni).

Tabella 9. Valori proposti per l'unità SFR+FAA+SAF – D.Lgs. 152/06 e DM 471/99

	D.lgs. 152/06	DM 471/99
Co max	20,8	21,0
Cr max	359	457,4
Ni max	193	245,9

Con riferimento ai Valori di fondo presentati nelle tabelle precedenti, in funzione della distribuzione campionaria scelta e di quanto argomentato nel presente documento, si propone:

- **l'adozione dell'UTL95 come indicatore del fondo naturale del Sito, definito a partire dalle concentrazioni espresse ai sensi del D.Lgs.- 152/06 e s.m.i. relativo l'unità CSN+AFR+INS;**
- **l'adozione della Cmax individuata per ogni metallo in relazione all'unità SFR+FAA+SFR.**

In fase di Progettazione Esecutiva e, successivamente, in fase costruttiva, in applicazione del previsto protocollo di caratterizzazione dei materiali da scavo in corso d'opera, si potrà eventualmente aggiornare le elaborazioni statistiche condotte nel presente studio, al fine di verificare la riconducibilità a fenomeni di fondo naturale di eventuali superamenti delle concentrazioni riportate nelle tabelle suddette.

5.2 Confronto Valori di Fondo proposti con i dati forniti da ARPA Piemonte (parere tecnico prot. 7037 del 27/06/2023)

Nella tabella seguente si riporta un confronto dei valori di fondo naturale proposti per le due unità litologiche interferite dal progetto della Linea 2 - Tratta Politecnico Rebaudengo con i dati forniti da Arpa Piemonte (nell'ambito del parere tecnico prot. 7037 del 27/06/2023) relativi ad alcuni siti caratterizzati da terreni fluvio-glaciali, nell'ambito di procedure di bonifica.

Unicamente per agevolare il confronto con i dati ARPA Piemonte si riportano le concentrazioni espresse anche ai sensi del DM 471/99 (ribadendo tuttavia che in corso d'opera si farà riferimento ai risultati delle caratterizzazioni ambientali espresse ai sensi del D.Lgs. 152/06 e s.m.i, confrontate quindi con i valori di fondo di cui al presente studio).

**Tabella 10. Confronto risultati analisi statistica con i dati Arpa Piemonte per l'unità
CSN+AFR+INS**

Descrittori	Co152	Co471	Cr152	Cr471	Ni152	Ni471
UTL 95	21,3	26,9	323,9	419	216,3	273,4
Dati Arpa (90° percentile senza outliers)	20		203		153	
CSC – Col. A (mg/kg)	20		150		120	
CSC – Col. B (mg/kg)	250		800		500	

**Tabella 11. Confronto risultati analisi statistica con i dati Arpa Piemonte per l'unità
SFR+FAA+SAF**

Descrittori	Co152	Co471	Cr152	Cr471	Ni152	Ni471
Valore di fondo proposto	20,8	21	359	457,4	193	245,9
Dati Arpa (90° percentile senza outliers)	20		203		153	
CSC – Col. A (mg/kg)	20		150		120	
CSC – Col. B (mg/kg)	250		800		500	

ARPA Piemonte, nell'ambito del proprio parere tecnico prot. 00007037 del 27/06/2023, ha inoltre segnalato la presenza di ulteriori studi sui VFN su depositi fluvioglaciali confrontabili, sotto il profilo geologico, con quelli ricadenti nel set CSN+AFR+INS e nello specifico:

**Tabella 12. Confronto risultati analisi statistica con i VFN approvati per sito 2749
"Ex Westinghouse, Nebiolo, Giardino Lamarmora" (dati Arpa Piemonte) per l'unità
CSN+AFR+INS**

Descrittori	Co152	Cr152	Ni152
UTL 95	21,3	323,9	216,3
VFN approvati per Sito Anagrafe 2749 ("Ex Westinghouse, Nebiolo, Giardino Lamarmora")	20,6	167,4	220,4
CSC – Col. A (mg/kg)	20	150	120
CSC – Col. B (mg/kg)	250	800	500

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Studio per la Determinazione dei Valori di Fondo Naturale	33_MTL2T1A0DAMBGENR013-0-2

Tabella 13. Confronto risultati analisi statistica con i VFN approvati per sito 2675 "Ex Scalo Vallino" (dati Arpa Piemonte) per l'unità CSN+AFR+INS

Descrittori	Co152	Cr152	Ni152
UTL 95	21,3	323,9	216,3
VFN approvati per Sito Anagrafe 2675 ("Ex Scalo Vallino")	19,14	148,2	253,4
CSC – Col. A (mg/kg)	20	150	120
CSC – Col. B (mg/kg)	250	800	500

Tabella 14. Confronto risultati analisi statistica con i VFN approvati per sito 2069 "Ex Diatto" (dati Arpa Piemonte) per l'unità CSN+AFR+INS

Descrittori	Co152	Cr152	Ni152
UTL 95	21,3	323,9	216,3
VFN approvati per Sito Anagrafe 2069 ("Ex Diatto")	31	272,2	292
CSC – Col. A (mg/kg)	20	150	120
CSC – Col. B (mg/kg)	250	800	500

Tali studi confermano quanto riportato nel presente elaborato, circa la sussistenza di superamenti diffusi delle CSC di riferimento per Co, Cr e Ni, ascrivibili a fenomeni di fondo naturale.

Visto il carattere puntuale di tali studi, tuttavia, e lo sviluppo lineare dell'opera in progetto, si ritengono maggiormente rappresentativi gli esiti e le conclusioni derivanti dall'approccio statistico illustrato nel presente elaborato.

Gli studi di cui sopra si citano tuttavia a supporto dell'esame bibliografico dei dati a disposizione.

5.3 Approfondimenti richiesti da ARPA Piemonte con proprio parere tecnico prot. 7037 del 27/06/2023

ARPA Piemonte, in sede di istruttoria tecnica al presente studio, ha presentato la seguente osservazione:

Risulta inoltre da valutare se il dataset relativo ai campioni fluvio-glaciali (CSN-AFR-INS) possa essere ulteriormente affinato suddividendo la porzione più a nord, nel tratto compreso tra SA15 a SA24, dalla restante tratta ricadente più a sud, in quanto parrebbero emergere valori di metalli con differenze significative tra le due porzioni.

Al fine di ottemperare a quanto richiesto da ARPA Piemonte, il dataset relativo ai campioni fluvio-glaciali (CSN-AFR-INS), a seguito della rimozione degli outlier, è stato diviso in 2 sub-set:

- uno riconducibile ai campioni della tratta sud tra Pozzo Corelli e Stazione Politecnico da pk 5+900 a pk 13+400 (numerosità campionaria: 45 campioni).

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Studio per la Determinazione dei Valori di Fondo Naturale	33_MTL2T1A0DAMBGENR013-0-2

- uno riconducibile ai campioni della tratta nord tra Deposito Rebaudengo e Stazione Corelli da pk 13+400 a pk 15+900 (numerosità campionaria: 24 campioni).

A seguito della suddivisione dei campioni nei 2 sub-set di cui sopra sono state quindi ricondotte le simulazioni statistiche precedentemente descritte.

Dal punto di vista della distribuzione campionaria i 2 sub-set sono risultati così distribuiti:

Tabella 15. Unità CSN+AFR+INS Tratta sud esiti test di distribuzione

Dataset CSN+AFR +INS Tratta sud	Co152			Cr152			Ni152		
	Data appear Normal			Data appear Normal			Data not Normal		
	Data appear Gamma			Data appear Gamma Distributed			Data appear Gamma Distributed		
	Data appear Approximate Lognormal			Data appear Approximate Lognormal			Data appear Lognormal		
	Co471			Cr471			Ni471		
	Data appear Normal			Data appear Approximate Normal			Data not Normal		
	Data appear Gamma Distributed			Data appear Gamma Distributed			Data NOT Gamma Distributed		
Data appear Lognormal			Data appear Approximate Lognormal			Data appear Lognormal			

Tabella 16. Unità CSN+AFR+INS Tratta nord esiti test di distribuzione

Dataset CSN+AFR +INS Tratta nord	Co152			Cr152			Ni152		
	Data not Normal			Data appear Normal			Data appear Normal		
	Data NOT Gamma Distributed			Data appear Gamma Distributed			Data appear Gamma Distributed		
	Data appear Approximate Lognormal			Data appear NOT Lognormal			Data appear NOT Lognormal		
	Co471			Cr471			Ni471		
	Data not Normal			Data appear Approximate Normal			Data not Normal		
	Data appear Gamma Distributed			Data appear Gamma Distributed			Data appear Gamma Distributed		
Data appear Lognormal			Data appear Approximate Lognormal			Data appear Lognormal			

Gli esiti delle simulazioni per il calcolo dei valori di fondo sui 2 sub-set (tratta sud/tratta nord) sono riportati nelle tabelle seguenti.

Tabella 17. Confronto valori calcolati a seconda della distribuzione statistica (normale, gamma e log-normale) per l'unità CSN+AFR+INS Tratta sud – D.Lgs. 152/06

	Co152			Cr152			Ni152		
	Normale	Gamma	Log-normale	Normale	Gamma	Log-normale	Normale	Gamma	Log-normale
UTL95	18,10	22,06	26,38	255,8	291,4	318,9	188,7	213,8	231,3
90° percentile	14,65	15,49	16,67	204,4	207,7	209,6	153,9	157,9	160,2
95° percentile	16,21	18,06	20,52	227,7	242,2	253,4	169,7	181,1	189,1

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Studio per la Determinazione dei Valori di Fondo Naturale	33_MTL2T1A0DAMBGENR013-0-2

Tabella 18. Confronto valori calcolati a seconda della distribuzione statistica (normale, gamma e log-normale) per l'unità CSN+AFR+INS Tratta sud – DM 471/99

	Co471			Cr471			Ni471		
	Normale	Gamma	Log-normale	Normale	Gamma	Log-normale	Normale	Gamma	Log-normale
UTL95	24,25	28,88	33,62	343,5	382,8	412,1	248,6	276,3	294,1
90° percentile	19,76	20,76	22,06	276,3	278,8	279,7	205,1	209,7	211,6
95° percentile	21,79	23,99	26,69	306,7	322,4	333,3	224,8	237,7	245,6

Tabella 19. Confronto valori calcolati a seconda della distribuzione statistica (normale, gamma e log-normale) per l'unità CSN+AFR+INS Tratta Nord – D.Lgs. 152/06

	Co152			Cr152			Ni152		
	Normale	Gamma	Log-normale	Normale	Gamma	Log-normale	Normale	Gamma	Log-normale
UTL95	21,13	22,07	22,89	352,8	405,1	444,8	225,4	244,3	256,5
90° percentile	16,27	15,90	15,43	275,6	283,6	285,8	179,0	180,6	178,7
95° percentile	21,22	18,06	17,74	302,9	323,6	334,2	195,4	202,6	203,1

Tabella 20. Confronto valori calcolati a seconda della distribuzione statistica (normale, gamma e log-normale) per l'unità CSN+AFR+INS Tratta Nord – DM 471/99

	Co471			Cr471			Ni471		
	Normale	Gamma	Log-normale	Normale	Gamma	Log-normale	Normale	Gamma	Log-normale
UTL95	25,51	25,97	26,52	442,4	512,0	562,5	286,6	299,7	308,4
90° percentile	20,09	19,60	19,04	350,9	365,0	370,3	230,1	229,3	225,2
95° percentile	22,01	21,89	21,41	383,3	413,4	429,3	250,1	254,3	251,7

L'analisi del dataset relativo ai campioni fluvioglaciali (CSN-AFR-INS) differenziata in tratta nord e tratta sud ha evidenziato valori leggermente maggiori nella tratta nord (Deposito Rebaudengo e Stazione Corelli) per il parametro Cromo; il valore dei parametri Cobalto e Nichel sono analoghi nelle due tratte oltre che in linea con i dati bibliografici presentati nel paragrafo 5.2.

Relativamente al parametro Cromo si riscontrano alcuni valori più alti, tali da non essere considerati outliers, in due campioni relativi a n.2 sondaggi SA-D22 e SA-D23 localizzati in adiacenza all'area oggetto del "Piano di indagini preliminari ai sensi del comma 4 dell'Art. 242 ter del D.Lgs. 152/06" (Addendum 2 all'elaborato MTL2T1A0DAMBGENR010). Si rimandano successivamente alla fase di caratterizzazione integrativi gli affinamenti sito specifici relativi a tale parametro.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Studio per la Determinazione dei Valori di Fondo Naturale	33_MTL2T1A0DAMBGENR013-0-2

Alla luce di quanto sopra riferito non si ritiene necessario differenziare il tracciato nelle due tratte nord e sud in quanto entrambe sono riconducibili a depositi di origine fluvioglaciale del bacino della Dora Riparia.

5.4 Conclusioni e indicazioni operative

L'esecuzione del presente studio ha evidenziato la riconducibilità a fenomeni di fondo naturale dei superamenti delle CSC di Col. A riscontrati per i parametri Co, Cr e Ni.

I Valori di Fondo Naturale proposti per le due unità geologiche individuate sono sintetizzati nella tabella seguente.

Tabella 21. Valori di fondo naturale proposti per il Sito

Descrittori	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Ni (mg/kg)
unità CSN+AFR+INS	21,3	323,9	216,3
unità SFR+FAA+SAF	20,8	359	193
CSC – Col. A (mg/kg)	20	150	120
CSC – Col. B (mg/kg)	250	800	500

Tali Valori di Fondo Naturale potranno eventualmente essere oggetto di aggiornamento in fase di Progettazione Esecutiva o in fase costruttiva quando saranno disponibili nuovi dati di caratterizzazione ambientale del Sito.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
Studio per la Determinazione dei Valori di Fondo Naturale	33_MTL2T1A0DAMBGENR013-0-2

ALLEGATO 1: DATASET CAMPIONARIO

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		ID campione	Prof. prelievo	Unità lito	Co152	Cr152	Ni152	Co471	Cr471	Ni471
2	da pk 5+900 a pk 13+400	SA11	9-10	AFR	12,2	50,5	60,8	18,56	76,81	92,48
3	da pk 5+900 a pk 13+400	SA11	20-21	AFR/INS	11,8	157	139	18,22	242,41	214,62
4	da pk 5+900 a pk 13+400	SA/12_2	8-9	AFR	5,21	68,2	53,8	8,33	108,98	85,97
5	da pk 5+900 a pk 13+400	SA/12_3	19-20	AFR/INS	8,47	57,4	70	12,23	82,89	101,08
6	da pk 5+900 a pk 13+400	SA/13_2	10-11	AFR	5,38	58,7	61	8,02	87,52	90,95
7	da pk 5+900 a pk 13+400	SA/13_3	24-25	INS	13	108	160	14,95	124,20	184,00
8	da pk 5+900 a pk 13+400	SA/14_02	14-15	AFR	1,66	46,2	32,4	2,63	73,32	51,42
9	da pk 5+900 a pk 13+400	SA/14_03	28-29	AFR/INS	1,09	66,8	42,2	1,81	110,69	69,93
10	da pk 5+900 a pk 13+400	SA15	8-9	AFR	12,1	130	131	18,76	201,50	203,05
11	da pk 5+900 a pk 13+400	SA15	19-20	AFR	13	57,3	63,5	20,64	90,99	100,84
12	da pk 5+900 a pk 13+400	SA/16_2	12-13	AFR	10,2	111	113	14,59	158,73	161,59
13	da pk 5+900 a pk 13+400	SA/16_3	24-25	INS	15,3	290	139	20,00	379,03	181,67
14	da pk 5+900 a pk 13+400	SA/17_1	0-1	CSN	15,3	225	201	19,23	282,83	252,66
15	da pk 5+900 a pk 13+400	SA/17_2	8-9	AFR	4,35	55,2	51	6,99	88,76	82,01
16	da pk 5+900 a pk 13+400	SA/17_3	19-20	AFR	6,08	78,2	68,8	8,76	112,69	99,14
17	da pk 5+900 a pk 13+400	SA/18_1	0-1	CSN	12,6	115	72,9	12,90	117,76	74,65
18	da pk 5+900 a pk 13+400	SA/18_2	9-10	AFR	4,57	52	66,7	6,21	70,67	90,65
19	da pk 5+900 a pk 13+400	SA/18_3	19-20	AFR/INS	14,4	155	122	18,86	203,05	159,82
20	da pk 5+900 a pk 13+400	SA25	10-11	AFR	5,21	65	68,9	7,95	99,19	105,14
21	da pk 5+900 a pk 13+400	SA/19_2	7-8	AFR	6,58	102	84,1	9,12	141,37	116,56
22	da pk 5+900 a pk 13+400	SA/19_3	16-17	AFR	4,25	47,3	51,1	6,21	69,06	74,61
23	da pk 5+900 a pk 13+400	SA/20_2	8-9	AFR	6,64	77,4	77,6	9,12	106,35	106,62
24	da pk 5+900 a pk 13+400	SA/20_3	17-18	AFR	5,28	53,2	54,4	7,79	78,47	80,24
25	da pk 5+900 a pk 13+400	SA/21_2	4-5	AFR	9,01	112	158	12,54	155,90	219,94
26	da pk 5+900 a pk 13+400	SA/21_3	10-11	AFR	9,04	126	116	12,79	178,29	164,14
27	da pk 5+900 a pk 13+400	SA-D01	14,5-15,5	AFR	23,8	119	116	31,46	157,32	153,35
28	da pk 5+900 a pk 13+400	SA-D01	29-30	INS	7,9	100	87	11,89	150,50	130,94
29	da pk 5+900 a pk 13+400	SA-D02	14,5-15,5	AFR	12,9	253	178	18,01	353,19	248,49
30	da pk 5+900 a pk 13+400	SA-D02	29-30	INS	9,7	148	124	12,77	194,77	163,18
31	da pk 5+900 a pk 13+400	SA-D03	17-18	AFR	8,9	154	123	12,18	210,67	168,26
32	da pk 5+900 a pk 13+400	SA-D03	34-35	INS	13,6	222	165	17,95	293,04	217,80
33	da pk 5+900 a pk 13+400	SA-D04	19,5-20,5	AFR	10,7	196	172	13,17	241,28	211,73
34	da pk 5+900 a pk 13+400	SA-D05	19,5-20,5	AFR	6,2	80	71	8,34	107,60	95,50
35	da pk 5+900 a pk 13+400	SA-D06	17-18	AFR	5,23	76	43,4	8,19	119,02	67,96
36	da pk 5+900 a pk 13+400	SA-D07	17-18	AFR/INS	13,5	168	106	19,26	239,74	151,26
37	da pk 5+900 a pk 13+400	SA-D08	17-18	AFR	6,2	147	63	9,62	228,14	97,78
38	da pk 5+900 a pk 13+400	SA-D09	34-35	INS	12,4	164	151	13,93	184,17	169,57
39	da pk 5+900 a pk 13+400	SA-D10	34-35	INS	9,3	149	77	12,81	205,17	106,03
40	da pk 5+900 a pk 13+400	SA-D11	12-13	AFR	11,5	226	130	15,02	295,16	169,78
41	da pk 5+900 a pk 13+400	SA-D11	24-25	AFR	7,7	105	95	11,72	159,81	144,59
42	da pk 5+900 a pk 13+400	SA-D12	12-13	AFR	11,2	257	142	16,77	384,73	212,57
43	da pk 5+900 a pk 13+400	SA-D13	9,5-10,5	AFR	10,7	190	134	12,63	224,20	158,12
44	da pk 5+900 a pk 13+400	SA-D13	19-20	AFR	4,1	60,4	45,2	5,88	86,61	64,82
45	da pk 5+900 a pk 13+400	SA-D14	12-13	AFR	5,7	104	70	8,08	147,37	99,19
46	da pk 5+900 a pk 13+400	SA-D14	24-25	AFR	7,3	126	75	10,56	182,20	108,45
47	da pk 13+400 a pk 15+900	SA-D15	9,5-10,5	AFR	7,9	155	110	10,98	215,45	152,90
48	da pk 13+400 a pk 15+900	SA-D15	19-20	AFR	7,8	124	89	10,85	172,48	123,80

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
49	da pk 13+400 a pk 15+900	SA-D16	7-8	AFR	10,3	207	130	14,40	289,39	181,74
50	da pk 13+400 a pk 15+900	SA-D17	10-11	AFR	8,3	160	85	12,55	241,92	128,52
51	da pk 13+400 a pk 15+900	SA-D17	20-21	INS	5,35	118	57,2	8,49	187,27	90,78
52	da pk 13+400 a pk 15+900	SA-D18	7-8	AFR	7,2	201	118	9,88	275,77	161,90
53	da pk 13+400 a pk 15+900	SA-D18	14-15	AFR	5,58	109	73	7,75	151,29	101,32
54	da pk 13+400 a pk 15+900	SA-D19	11-12	AFR	7,5	123	109	9,89	162,24	143,77
55	da pk 13+400 a pk 15+900	SA-D19	22-23	INS	26,8	254	161	33,31	315,72	200,12
56	da pk 13+400 a pk 15+900	SA-D20	9,5-10,5	AFR	7,9	123	102	11,08	172,57	143,11
57	da pk 13+400 a pk 15+900	SA-D20	19-20	INS	17,3	116	147	17,47	117,16	148,47
58	da pk 13+400 a pk 15+900	SA-D21	9,5-10,5	AFR	8,4	180	107	12,36	264,96	157,50
59	da pk 13+400 a pk 15+900	SA-D21	19-20	INS	12,8	285	142	17,70	394,16	196,39
60	da pk 13+400 a pk 15+900	SA-D22	12-13	AFR	9	179	120	10,89	216,59	145,20
61	da pk 13+400 a pk 15+900	SA-D22	24-25	INS	10	365	102	12,22	446,03	124,64
62	da pk 13+400 a pk 15+900	SA-D23	9,5-10,5	AFR	9	133	111	12,77	188,73	157,51
63	da pk 13+400 a pk 15+900	SA-D23	19-20	INS	15,4	324	157	15,88	334,04	161,87
64	da pk 13+400 a pk 15+900	SA-D24	9,5-10,5	AFR	11,8	222	192	15,93	299,70	259,20
65	da pk 13+400 a pk 15+900	SA-D24	19-20	INS	8,4	220	101	12,20	319,44	146,65
66	da pk 13+400 a pk 15+900	SA/22_2	4-5	AFR	13,2	152	228	19,25	221,62	332,42
67	da pk 13+400 a pk 15+900	SA/22_3	10-11	AFR	7,36	191	88,1	10,22	265,11	122,28
68	da pk 13+400 a pk 15+900	SA/23_3	10-11	AFR	7,49	72,9	76,4	10,21	99,36	104,13
69	da pk 13+400 a pk 15+900	SA24	4-5	AFR	14,4	226	225	15,32	240,46	239,40
70	da pk 13+400 a pk 15+900	SA24	10-11	AFR	5,65	63,7	74,8	8,05	90,77	106,59