

Area Vasta Costa - Dipartimento ARPAT di Livorno  
Settore Supporto Tecnico  
via Marradi, 114 - 57126 Livorno

N. Prot Vedi segnatura informatica LI.01.01.01/8.1 del a mezzo: PEC

A **SNAM Rete Gas SpA**  
ingcos.cenord@pec.snam.it  
c.a. Dott. Giorgio Moncalvo  
Dott. Geol. Pieramelio Baldelli

e p.c. Regione Toscana  
Settore Bonifiche e siti orfani PNNR

Regione Toscana  
Settore Valutazione Impatto Ambientale  
Valutazione Ambientale Strategica

**Oggetto:** Progetto “Rifacimento metanodotto Livorno-Piombino DN 750 (30”), DP 75 bar ed opere connesse”.  
Definizione dei Valori di Fondo Naturali per il tracciato di progetto ai sensi dell’art.11 c.1 del DPR 120/2017.

#### Riferimento

Richiesta inviata da SNAM Rete Gas SpA con nota del 04/11/2022, acquisita da ARPAT al prot. n. 2022/0085298.

#### Documentazione esaminata:

Relazione “Validazione dei valori di fondo naturali per il progetto ‘Rifacimento metanodotto Livorno – Piombino DN 750 (30”) DP 75 Bar ed opere connesse” elaborata da SAIPEM ed inviata da SNAM Rete Gas SpA in allegato alla nota del 04/11/2022.

#### **VALUTAZIONE**

Il documento in esame riporta gli esiti dell’indagine effettuata per la determinazione del Valore di Fondo Naturale (VFN) lungo il tracciato del progetto “Rifacimento metanodotto Livorno – Piombino DN 750 (30”) DP 75 Bar ed opere connesse” per i parametri: Arsenico, Cobalto, Cromo totale, Nichel, Piombo, Rame, Zinco. Il tracciato ha lunghezza di 86,84 km dal Comune di Piombino fino al Comune di Collesalveti. L’indagine è stata eseguita ai sensi dell’art. 11 del DPR 120/2017 di concerto con ARPAT a partire da un dataset originario di 408 campioni di suoli prelevati da 137 sondaggi effettuati lungo il tracciato che avevano mostrato per alcuni campioni il superamento delle CSC di colonna A, Tab.1, All.5, Parte IV D. Lgs. 152/2006, per i parametri sopra riportati (i 3 campioni della verticale C123 sono stati confrontati con la colonna B di Tab. 1).

La Società, come previsto dalla normativa vigente, ha segnalato i superamenti delle CSC ai sensi dell'art. 245 del D.Lgs. 152/2006, ed ha presentato un piano di indagine integrativa concordata ed effettuata in contraddittorio con ARPAT. L'indagine ha visto l'esecuzione di 14 sondaggi integrativi (10% dei sondaggi totali perforati durante la caratterizzazione preliminare) con prelievo di 42 campioni ed ha permesso la validazione dell'intero dataset analitico costituito da 444 campioni su 149 verticali (6 campioni provenienti dalle verticali C119 e C120 sono stati analizzati anche in fase di contraddittorio e hanno sostituito i precedenti). I superamenti delle CSC per i metalli sopra indicati sono risultati 350 e riguardano 131 verticali lungo il tracciato.

Si riporta di seguito lo schema seguito per la validazione statistica dei dati analitici prodotti dal laboratorio Snam e dal laboratorio ARPAT.

Parametro	Matrice	numerosità		n < 5			5 <= n < 10		n >= 10				ESITO
		confronti	differenze utili	E' accettabile il confronto dei valori appaiati tenuto conto delle incertezze con la formula dell'En ?	I Limiti d'Accordo sono contenuti ?		I dati sono significativamente correlati ?		Le differenze sono statisticamente non significative ?		Eventuale ricalcolo	I dati sono statisticamente validabili ?	
					( LA  < LQ = CSC/3)	( LA  < LQ = CSCmax/3)	r Pearson	r Spearman	Test t	Test Segni			
					En	Test Bland Altman							
scheletro tra 2 cm e 2 mm	terreni												
arsenico	terreni	42	42	no	no	si							SI
cadmio	terreni												
cobalto	terreni	42	42	no	si								SI
cromo totale	terreni	41	41	no	no	si							SI
cromo VI	terreni												
mercurio	terreni												
nicel	terreni	41	41	no	no		na	si	na	no	si		(SI)
piombo	terreni	41	41	no	si								SI
rame	terreni	42	42	no	si								SI
zinco	terreni	42	42	no	no	si							SI
idrocarburi pesanti C>12	terreni												
amianto (mg/kg)	terreni												

I VFN sono stati ottenuti dall'analisi statistica dei dati puntuali raccolti in fase di caratterizzazione nel dataset preliminare (408 campioni su 137 verticali), con gli approcci metodologici descritti nelle Linee guida per la Determinazione dei Valori di Fondo per i Suoli e per le Acque Sotterranee (Linee Guida SNPA 08 2018) redatte da ISPRA nel 2018.

Il calcolo dei VFN permette di ottenere un subset di campioni per i quali le concentrazioni di uno o più parametri sono superiori ai rispettivi VFN e quindi di isolare le verticali nelle quali sono presenti outliers non spiegabili statisticamente come valori naturali (Ispra, 2018).

In particolare, è stata applicata una tecnica di valutazione di popolazioni multiple (sezione B5 delle Linee Guida) analizzando in modo univariato (per singolo parametro) i dati ottenuti dalla caratterizzazione dell'intero tracciato e, per questi, limitatamente alla porzione eccedente la CSC di colonna A, sono ricercati, secondo la metodologia Sinclair (1974) associata ad un algoritmo di clustering, i punti di flesso e dunque la separazione in distinte popolazioni a distribuzione normale.

Quindi, all'interno delle distribuzioni di ciascun parametro sono state identificate alcune popolazioni superiori al limite delle CSC di Colonna A che sono state riassunte in apposite tabelle e sono stati identificati, se presenti, qui definibili come outliers e non riferibili ad una popolazione di fondo naturale statisticamente definita, in quanto il loro esiguo numero non ne consente una caratterizzazione statistica. Può trattarsi sia di "falsi outlier" nel senso di una assoluta estraneità al contesto del fondo naturale e provocati da locali e accidentali contaminazioni antropiche, sia di valori estremi ancora di origine naturale e soprattutto, quando continui alle popolazioni più elevate, dovuti ad anomali e locali arricchimenti naturali del contaminante. Da osservare, inoltre, che il valore di fondo della popolazione normale riconosciuta, riferito come si sa convenzionalmente al 95° percentile va inteso come primo riferimento di confronto per ulteriori e successive determinazioni del potenziale contaminante ma non è da applicare evidentemente ai valori stessi che hanno definito la popolazione. Operazione che è stata invece condotta da Snam e porterebbe, ad esempio, a destinare inutilmente a rifiuto i terreni della verticale (C028 - CA3 - Prof.: 2.00 - 3.00 m) con 38 ppm di Co a fronte di un VFN dato dal 95° percentile di 37 (37,34) ppm. Rientrano invece nella definizione qui data di outlier locale i tenori quasi doppi, sempre di cobalto in C038 - CA3 - Prof.: 2.00 - 3.00 m e C038 - CA1 - Prof.: 0.00 - 1.00, pari a 65 e 61 ppm rispettivamente.

Successivamente sono state verificate le popolazioni sul tracciato di progetto del metanodotto con ulteriore test statistico di Moran (Indice di Moran) che è un test di dipendenza geospaziale che misura l'autocorrelazione del parametro analizzato e permette di confermare la presenza di cluster territorialmente simili per il parametro in analisi. Tale analisi ha consentito di identificare con precisione i domini esclusivi di concentrazione delle singole popolazioni in forma di cluster positivi, dotati cioè di una significativa autocorrelazione spaziale positiva. Per differenza sono state invece delineate sia le zone corrispondenti a cluster negativi, dove il contaminante è generalmente in concentrazioni inferiori alle CSC sia, in ultimo le aree con distribuzione "randomica" laddove la distribuzione spaziale delle classi appare casuale e, come valore di fondo, può essere assunto realisticamente, quello della popolazione superiore.

Di seguito si riporta una sintesi dell'analisi svolta da Snam per i metalli che hanno presentato il superamento delle CSC di cui alla normativa di riferimento.

### Arsenico

Per l'arsenico sono state individuate 2 popolazioni (B e C) superiori alla soglia CSC di colonna A (=20 mg/kg).

Arsenico					
Classe	Num	%	Mean	sd	Vfnorm
A	1	0.2%	108	NA	NA
B	10	2.5%	60.7	3.2	66
C	42	10.3%	43.7	5.6	53
<CSC	355	87.0%	NA	NA	NA

nella figura 4 del documento in esame, a cui si rimanda e si raccomanda, come prescritto in seguito, di produrne per tutte una versione di scala adeguata e leggibile, sono riportate: la distribuzione delle popolazioni B (concentrazioni di Arsenico comprese tra 53 mg/Kg e 66 mg/Kg) e C (concentrazioni di Arsenico comprese tra 20 mg/Kg e 53 mg/Kg) nelle verticali di caratterizzazione eseguite lungo il tracciato del metanodotto e i cluster di autocorrelazione spaziale positiva (hot-spots) e negativa (cold-spots) riscontrati con l'analisi di Moran. L'autocorrelazione spaziale positiva (hot-spots) riscontrata nella porzione meridionale del tracciato è stata ulteriormente suddivisa per fasce continue di popolazioni superiori alle CSC (popolazione B e C).

### Cobalto

Per il cobalto sono state individuate 3 popolazioni (B, C e D) superiori alla soglia CSC di Colonna A (= 20 mg/kg).

Cobalto					
Classe	Num	%	Mean	sd	Vfnorm
A	2	0.50%	63		
B	9	2.20%	33.77	2.11	37.4
C	13	3.20%	28.38	1.33	30.6
D	50	12.20%	23.2	1.43	25.6
<CSC	334	81.90%			

nella figura 5 del documento in esame, a cui si rimanda, sono riportate: la distribuzione delle popolazioni B (concentrazioni di Cobalto comprese tra 37.4 mg/Kg e 30.6 mg/Kg) e C (concentrazioni di Cobalto comprese tra 30.6 mg/Kg e 25.6 mg/Kg) e D (concentrazioni di Cobalto comprese tra 20 mg/Kg e 25.6 mg/Kg) nelle verticali di caratterizzazione eseguite lungo il tracciato del metanodotto e i cluster di autocorrelazione spaziale positiva (hot-spots) e negativa (cold-spots) riscontrati con l'analisi di Moran.

L'autocorrelazione spaziale positiva (hot-spots) riscontrata nella porzione settentrionale del tracciato è stata ulteriormente suddivisa per fasce continue di popolazioni superiori alle CSC (popolazione B e C).

### Cromo totale

Per il parametro Cromo Totale, sono presenti 6 popolazioni superiori (definite A, B, C, D, E ed F) alla soglia CSC di Colonna A (= 150 mg/kg) e non sono presenti outlier (quindi tutti i valori riscontrati nell'indagine preliminare sono spiegabili dal punto di vista statistico come origine naturale).

Cromo tot					
Classe	Num	%	Mean	sd	Vfnorm
A	6	1.50%	632	82.7	768
B	33	8.10%	416	58.5	512
C	27	6.60%	301	13.5	323
D	41	10.00%	253	10.9	271
E	66	16.20%	210	12.5	231
F	63	15.40%	168	11.8	188
<CSC	172	42.20%			

Nella figura 6 del documento in esame sono riportate: la distribuzione delle popolazioni A (concentrazioni di Cromo totale comprese tra 768 mg/Kg e 512 mg/Kg), B (concentrazioni comprese tra 512 mg/Kg e 323 mg/Kg), C (concentrazioni comprese tra 323 mg/Kg e 271 mg/Kg), D (concentrazioni comprese tra 271 mg/Kg e 231 mg/Kg), E (concentrazioni comprese tra 231 mg/Kg e 188 mg/Kg) e F (concentrazioni comprese tra 188 mg/Kg e 150 mg/Kg) nelle verticali di caratterizzazione eseguite lungo il tracciato del metanodotto e i cluster di autocorrelazione spaziale positiva (hot-spots) e negativa (cold-spots) riscontrati con l'analisi di Moran. L'autocorrelazione spaziale positiva (hot-spots) riscontrata nella porzione centrale del tracciato è stata ulteriormente suddivisa per fasce continue di popolazioni superiori alle CSC (popolazioni A, B, C, D, E e F).

### Nichel

Per il parametro Nichel, sono presenti 6 popolazioni (A, B, C, D, E ed F) superiori alla soglia CSC di Colonna A (= 120 mg/kg). Non vengono identificati outlier (quindi tutti i valori riscontrati nell'indagine preliminare sono spiegabili dal punto di vista statistico come origine naturale).

Nichel					
Classe	Num	%	Mean	sd	Vfnorm
A	23	5.60%	394	94	549.36
B	14	3.40%	287	12	307.44
C	15	3.70%	251	4	258.3
D	11	2.70%	232	3	236.88
E	27	6.60%	210	6	220.5
F	120	29.40%	153	23	194.04
<CSC	198	48.50%			

Nella figura 7 del documento in esame sono riportate: la distribuzione delle popolazioni A (concentrazioni di Nichel comprese tra 436 mg/Kg e 244 mg/Kg), B (concentrazioni comprese tra 244 mg/Kg e 205 mg/Kg), C (concentrazioni comprese tra 205 mg/Kg e 188 mg/Kg), D (concentrazioni comprese tra 188 mg/Kg e 175 mg/Kg), E (concentrazioni comprese tra 175 mg/Kg e 154 mg/Kg) e F (concentrazioni comprese tra 154 mg/Kg e 120 mg/kg) nelle verticali di caratterizzazione eseguite lungo il tracciato del metanodotto e i cluster di autocorrelazione spaziale positiva (hot-spots) e negativa (cold-spots) riscontrati con l'analisi di Moran. L'autocorrelazione spaziale positiva (hot-spots) riscontrata nella porzione centrale del tracciato è

stata ulteriormente suddivisa per fasce continue di popolazioni superiori alle CSC (popolazioni A, B, C, D, E e F).

### Rame

Per il parametro Rame, sono presenti 2 popolazioni (A e B) superiori alla soglia CSC di Colonna A (= 120 mg/kg). Non vengono identificati outlier e quindi tutti i valori riscontrati spiegabili dal punto di vista statistico come origine naturale.

Rame					
Classe	Num	%	Mean	sd	Vfnorm
A	5	1.30%	253.6	37.4	315
B	8	1.90%	149	27.9	182
<CSC	395	96.80%			

Nella figura 8 del documento in esame sono riportate: la distribuzione delle popolazioni A (concentrazioni di Rame comprese tra 315 mg/Kg e 182 mg/Kg) e B (concentrazioni comprese tra 182 mg/Kg e 120 mg/Kg) nelle verticali di caratterizzazione eseguite lungo il tracciato del metanodotto e i cluster di autocorrelazione spaziale positiva (hot-spots) e negativa (cold-spots) riscontrati con l'analisi di Moran. L'autocorrelazione spaziale positiva (hot-spots) riscontrata nella porzione meridionale del tracciato è stata ulteriormente suddivisa per fasce continue di popolazioni superiori alle CSC (popolazioni A e B).

### Piombo

Per il parametro Piombo, è presente 1 popolazione (A) superiore alla soglia CSC di Colonna A (= 100 mg/kg). Non vengono identificati outlier e quindi tutti i valori riscontrati nell'indagine preliminare sono spiegabili dal punto di vista statistico come origine naturale.

Piombo					
Classe	Num	%	Mean	sd	Vfnorm
A	15	3.70%	453	217	810
<CSC	393	96.30%			

Nella figura 9 del documento in esame sono riportate: la distribuzione della popolazione A (concentrazioni di Piombo comprese tra 810 mg/Kg e 100 mg/Kg) nelle verticali di caratterizzazione eseguite lungo il tracciato del metanodotto e i cluster di autocorrelazione spaziale positiva (hot-spot) riscontrati con l'analisi di Moran. Non sono presenti cluster di autocorrelazione negativa (cold-spots).

L'autocorrelazione spaziale positiva (hot-spot) riscontrata nella porzione centro-meridionale del tracciato è stata ulteriormente suddivisa per fasce continue di popolazione superiore alle CSC (popolazione A).

### Zinco

Per il parametro Zinco, è presente 1 popolazione (A) superiore alla soglia CSC di Colonna A (= 150 mg/kg). Non vengono identificati outlier e quindi tutti i valori riscontrati sono spiegabili dal punto di vista statistico come origine naturale.

Zinco					
Classe	Num	%	Mean	sd	Vfnorm
A	14	3.40%	591	422	1290
<CSC	394	96.60%			

Nella figura 10 del documento in esame sono riportate: la distribuzione della popolazione A (concentrazioni di Zinco comprese tra 1290 mg/Kg e 150 mg/Kg) nelle verticali di caratterizzazione eseguite lungo il

tracciato del metanodotto e i cluster di autocorrelazione spaziale positiva (hot-spot) riscontrati con l'analisi di Moran. Non sono presenti cluster di autocorrelazione negativa (cold-spots).

L'autocorrelazione spaziale positiva (hot-spot) riscontrata nella porzione centro-meridionale del tracciato è stata ulteriormente suddivisa per fasce continue di popolazione superiore alle CSC (popolazione A).

L'analisi statistica ha dimostrato quindi la presenza per gli analiti Arsenico, Cobalto, Cromo totale, Nichel, Rame, di più popolazioni con concentrazioni superiori alle corrispettive CSC di Colonna A; per i parametri Piombo e Zinco è stata riscontrata una sola popolazione con concentrazione superiore alla CSC di colonna A. Per ogni popolazione superiore alla CSC di riferimento è stato definito il VFN. L'analisi geospaziale e il calcolo dell'Indice di Moran hanno verificato lungo il tracciato di progetto la presenza di regioni accomunate da una correlazione positiva (cluster di tipo hot-spots) e per ogni cluster è stata riscontrata la presenza di sottozone con continuità ascrivibile a singole popolazioni.

Nelle rimanenti zone con distribuzione randomica (nessuna autocorrelazione spaziale statisticamente significativa) è stata assunta, come valevole ai fini della definizione dei VFN, la popolazione superiore presente all'interno di ciascuna verticale.

Nella Tabella 8 del documento in esame, a cui si rimanda, sono riportate, per ogni verticale di indagine, le progressive km lungo il tracciato e viene indicato se la concentrazione riscontrata per i metalli in studio è <CSC oppure appartenente ad una specifica popolazione superiore alle CSC determinata secondo l'analisi statistica sopra descritta e rappresentante un fondo naturale. Infine, sono evidenziate le verticali con i superamenti ai VFN che risultano le seguenti 10 verticali su 149 totali:

- C028 (livello 3 per Cobalto)
- C038 (livelli 1 e 3 per il Cobalto)
- C049-10m (livelli 1 e 2 per il Nichel)
- C049 (livelli 1 e 2 per il Nichel)
- C049+10m (livelli 1,2 e 3 per il Nichel)
- C085 livello 2 (Cromo totale)
- C111 (livello 1 per Arsenico, Cadmio e Piombo, livelli 2 e 3 per Piombo)
- C113 (livello 1 per Arsenico)
- C118B (livello 3 per Arsenico)
- C119 (livello 1 per Arsenico)

Tali verticali identificano, secondo Snam, le porzioni di linea in cui viene superato il VFN e per le quali i materiali di scavo dovranno essere gestiti come rifiuti.

Secondo le conclusioni di Snam quindi il calcolo dei Valori di Fondo ha permesso di ridurre il numero di superamenti alle CSC dagli iniziali 350 a 18 (4 superamenti per As, 3 superamenti per Ni, 1 superamento per Cr, 7 superamenti per Ni, 3 superamenti per Pb).

Per quanto osservato in precedenza si ritiene che i superamenti debbano essere realisticamente limitati agli effettivi valori outlier derivati dall'analisi: Arsenico (1 superamento) e Cobalto (2 superamenti). A ciò si aggiunge il superamento alla CSC di colonna A del Cadmio.

## CONCLUSIONI

Considerati gli esiti del Piano di Indagine effettuato in contraddittorio con ARPAT, considerata la trattazione svolta dalla Società Snam in base alle Linee Guida per la Determinazione dei Valori di Fondo per i Suoli e per le Acque Sotterranee (Linee Guida SNPA 08 2018), tenuto conto dei dati e delle informazioni



ambientali già in possesso di questa Agenzia<sup>1</sup>, per quanto di competenza **si ritiene di poter confermare i valori di fondo così determinati.**

Tuttavia, in piena conformità con i criteri di analisi statistica precedentemente concordati, si ritiene che non siano da ascrivere ad outlier i valori che pur superiori al VFN convenzionalmente definito dal 95° percentile hanno contribuito alla caratterizzazione statistica della popolazione stessa ed in cui, dunque, sono a pieno titolo inclusi.

I valori outlier isolati in quanto riferiti a valori, di origine naturale o meno, molto elevati ed estranei al contesto caratterizzato, sono quindi soltanto tre inerenti le due verticali d'indagine C113 per Arsenico e C038 per Cobalto.

A ciò si deve aggiungere il superamento singolo della CSC di colonna A per il Cadmio (verticale C111).

Si ritiene quindi che la Società possa procedere alla gestione delle terre e rocce da scavo nel rispetto delle condizioni indicate dall'art.11 del DPR 120/2017, ad eccezione delle verticali sopra indicate da gestire ai sensi della Parte IV del D.lgs. 152/06.

A questo proposito si raccomanda, per le eventuali caratterizzazioni ulteriori in corso d'opera, che i risultati analitici siano sottoposti ad una effettiva "gestione" del valore di fondo, secondo le indicazioni della LG SNPA 08 2018. Tale valore, infatti, non va inteso come valore rigido, per quanto formalmente oggetto della sostituzione della CSC prevista dalla normativa ma, anche nel caso di superamento (quando contenuto), comunque suscettibile di un approfondimento statistico tramite il confronto complessivo con la popolazione del fondo già definita.

Si ritiene necessario inoltre, come già osservato, che per ogni parametro analizzato siano prodotte, in scala adeguata e leggibile, la carta della distribuzione delle popolazioni nelle verticali di caratterizzazione eseguite lungo il tracciato del metanodotto e la carta dei cluster di autocorrelazione spaziale positiva (hot-spots) e negativa (cold-spots) riscontrati con l'analisi di Moran.

Si ricorda infine che la Società dovrà gestire e concludere i procedimenti di bonifica aperti presso ogni Comune di riferimento a seguito dei superamenti delle CSC evidenziati, riportando nella relativa documentazione tecnica le verticali d'indagine relative al tratto del tracciato ricadente nello specifico territorio comunale.

Livorno, 28/11/2022

Il Responsabile del Settore Supporto tecnico  
del Dipartimento ARPAT di Livorno  
Ing. Federico Mentessi<sup>2</sup>

- <sup>1</sup> La Toscana è nota per la presenza di numerosi giacimenti che riguardano i seguenti elementi e minerali: Fe, Cu-Pb-Zn (Ag), Sb, Hg, Sn, Mn, Cr, Ni, pirite, baritina, salgemma, lignite, vapore endogeno. I giacimenti sono spesso ospitati nelle formazioni metamorfiche del nucleo autoctono ma non mancano localizzazioni nelle unità superiori (Falda Toscana e sovrastanti Unità Liguri) come nel neoautoctono.
- <sup>2</sup> Documento informatico sottoscritto con firma digitale ai sensi del D.Lgs 82/2005. L'originale informatico è stato predisposto e conservato presso ARPAT in conformità alle regole tecniche di cui all'art. 71 del D.Lgs 82/2005. Nella copia analogica la sottoscrizione con firma autografa è sostituita dall'indicazione a stampa del nominativo del soggetto responsabile secondo le disposizioni di cui all'art. 3 del D.Lgs 39/1993