



Allegato alla Deliberazione di Giunta Regionale
n. 225 del 12 APR. 2016

A.R.T.A. ABRUZZO

Area Tecnica

REGIONE ABRUZZO

Direzione Parchi, Territorio, Ambiente, Energia

SERVIZIO GESTIONE RIFIUTI

ALLEGATO come parte integrante alla del-
berazione n. 225 del 12 APR. 2016

IL SEGRETARIO DELLA GIUNTA

(Dott. Carlo Massacesi)

/M. Antonella Amici

PROGETTO REGIONALE "INQUINAMENTO DIFFUSO"

RELAZIONE INTEGRATIVA

(CONVENZIONE REGIONE ABRUZZO/ARTA DEL 10.12.2008)

Premessa

Codice documento	Titolo Documento	Rev.	Data	Il Responsabile Unico del Procedimento
Rel./Integr.	Progetto regionale "Inquinamento diffuso"	0	Dicembre 2014	Dott. Giuseppe Ferrandino

Premessa

Il presente documento ha lo scopo di fornire alcuni chiarimenti ed integrazioni alle Relazioni Tecniche III Fase "Acquisizione dati piezometrici e chimico fisici – caratterizzazione idrochimica" relative al Progetto "inquinamento diffuso" (convenzione Regione Abruzzo/ARTA del 10.12.2008). Vengono definite le stime numeriche dei "valori di fondo" relativi ad alcuni fondovalle, sulla base di una recente proposta ARPAT¹ ², che introduce un'approccio alternativo e complementare al Protocollo per la "Definizione dei Valori di Fondo per le Sostanze Inorganiche nelle Acque Sotterranee" dell'ISPRA (2009).

In sintesi, si è operata una nuova elaborazione statistica dei dati di concentrazione delle sostanze Manganese e Solfati per alcuni fondovalle alluvionali indagati, verificando la presenza di popolazioni omogenee di valori dai quali, dopo un accurato esame delle distribuzioni di frequenza cumulata su scala di probabilità, sono state estratte statistiche di gruppo, con particolare riferimento al 95° percentile (come indicato dal Protocollo ISPRA), fornendo una stima del valore di fondo naturale ovvero di livelli di fondo alterati dall'inquinamento diffuso.

Diversamente da situazioni di inquinamento riscontrabili a scala locale (siti contaminati), dove è attesa una sostanziale omogeneità dei livelli di fondo e in cui è pienamente applicabile il Protocollo ISPRA, alla scala dell'intero corpo idrico possono coesistere condizioni eterogenee di fondo naturale, eventualmente alterate da fenomeni di inquinamento diffuso che richiedono strumenti di analisi statistica più articolati.

I valori di fondo forniti per la sostanza manganese nei fondovalle alluvionali dei fiumi Trigno, Sangro, Saline e Vomano e solfati nel fondovalle alluvionale del fiume Trigno devono intendersi sostitutivi di quelli precedentemente determinati.

Analisi geografiche più approfondite e un maggiore di dati potrebbero consentire ulteriori affinamenti delle stime, fin qui, ottenute.

Nota metodologica

Seguendo l'approccio del Progetto Geobasi (Buccianti et al., 2011²), si applica il metodo della separazione delle popolazioni di dati introdotto da Sinclair (1976³), analizzando i diagrammi di probabilità dei soli valori superiori al limite di rilevabilità, relativi a ciascun fondovalle esaminato.

¹ A. Franchi, S. Menichetti "Elaborazione dati disponibili relativi al progetto GEOBASI su determinazione dei valori di fondo di sostanze pericolose nelle acque sotterranee con particolare riferimento a metalli pesanti e boro ed agli acquiferi destinati all'estrazione di acqua potabile" – ARPAT, 2013.

² Buccianti et al. "GEOBASI" (Buccianti et alii, 2011)

³ Sinclair, A.J. "Application of probability graphs in mineral exploration" The Association of Exploration Geochemists, Special Volume n. 4, 1976.



La presenza di due o più popolazioni distinte nell'ambito di un fondovalle, nell'ipotesi che esse abbiano distribuzioni normali o lognormali, sottintende che a ogni popolazione sia associato un processo geochimico, o aspetti idrogeologici che hanno generato in modo caratteristico quei valori di concentrazione appartenenti a tale famiglia.

Per ogni corpo idrico, pertanto, l'individuazione del valore di fondo per le concentrazioni di una determinata sostanza, fa riferimento all'analisi della distribuzione dei dati afferenti alla popolazione contraddistinta da maggiore numerosità e migliore rappresentatività dell'intero fondovalle; tipicamente, tale popolazione si attesta sui valori più bassi di concentrazione, come risulta evidente dagli istogrammi e dai diagrammi di distribuzione (*kernel density function*) riportati nei paragrafi a seguire (Il software statistico utilizzato è *Systat 13*).



1. Fondovalle Trigno

Per questo fondovalle, sono state analizzate le distribuzioni di valori di concentrazione sia del manganese che dei solfati.

1.1. Manganese

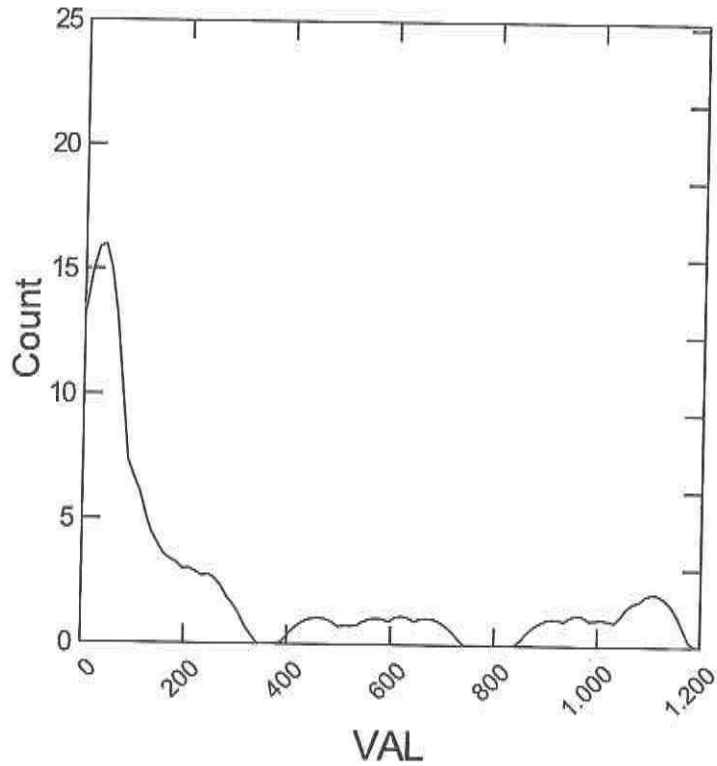


Fig. 1 Trigno, manganese: Kernel Density Function (tension 0.2)

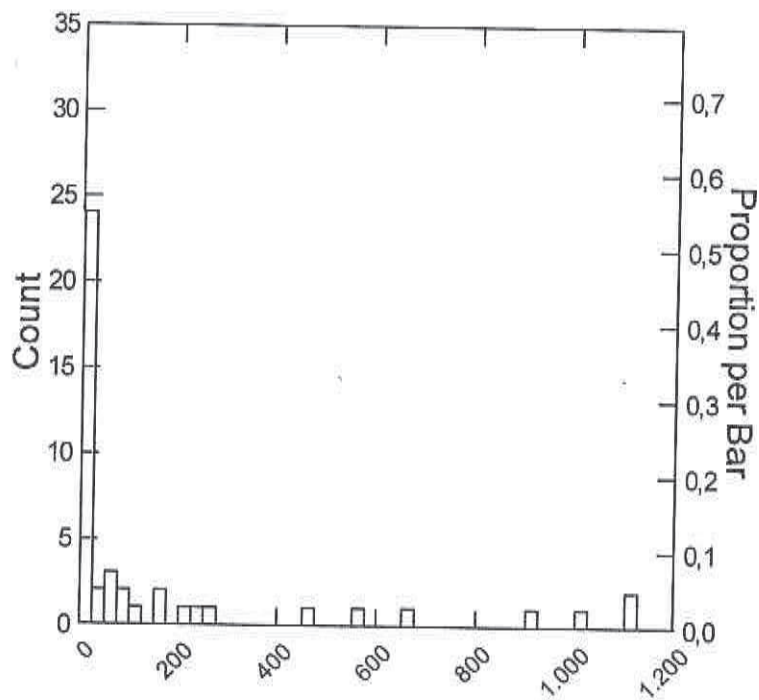


Fig. 2 Trigno, manganese: Istogramma (ampiezza delle classi pari a 25 µg/l)



Ipotizzando, per i dati appartenenti alla popolazione più rappresentativa dell'intero fondovalle, un valore limite superiore nel range 125 – 150 µg/l, si ottiene il seguente prospetto statistico (Tab. 1), nel quale sotto la colonna VAL sono riportate le statistiche operate sulla variabile originaria (concentrazione di manganese) mentre in LINVAL quelle operate sui logaritmi naturali delle concentrazioni. L'esito dei test statistici di Shapiro-Wilk e Andersen-Darling (p-value) evidenzia l'accettabilità dell'ipotesi di distribuzione lognormale.

	VAL	LINVAL
N of Cases	19	19
Minimum	6,000	1,792
Maximum	124,000	4,820
Arithmetic Mean	36,737	3,164
Standard Deviation	34,930	0,976
Shapiro-Wilk Statistic	0,822	0,927
Shapiro-Wilk p-value	0,002	0,150
Anderson-Darling Statistic	1,341	0,528
Adjusted Anderson-Darling Statistic	1,402	0,553
p-value	<0.01	>0.15
Method = CLEVELAND		
90%	89	4,484
95%	109	4,681
99%	124	4,820

Tab. 1 Trigno, manganese: prospetto riassuntivo delle statistiche di base

Il valore assunto dal 95° percentile, stimato con il metodo di Cleveland è pari a 109 µg/l, valore che, approssimato a 110 µg/l, può essere assunto come miglior stima del valore di fondo naturale del manganese da associare al fondovalle.

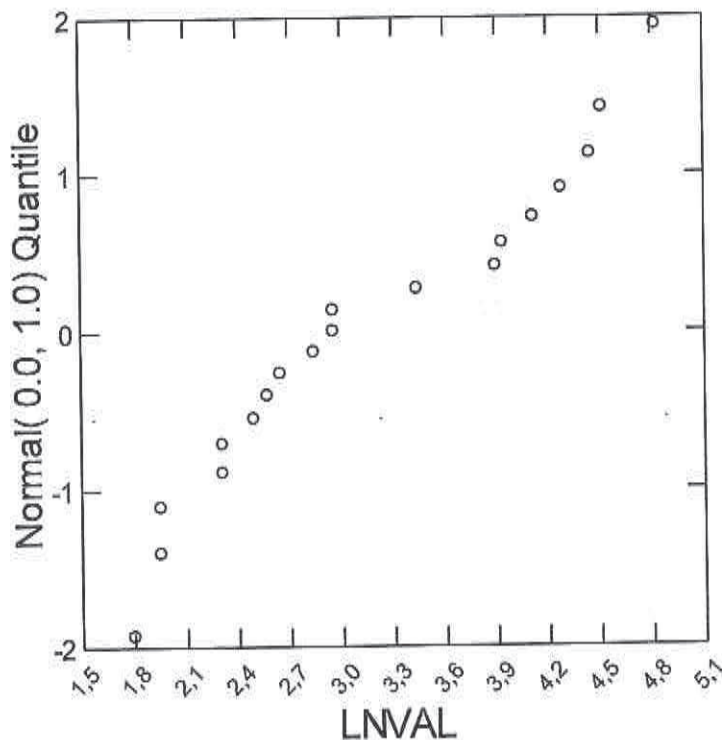


Fig. 3 Trigno, manganese: probability plot per la variabile trasformata (logaritmi naturali delle concentrazioni), popolazione rappresentativa del fondo naturale.

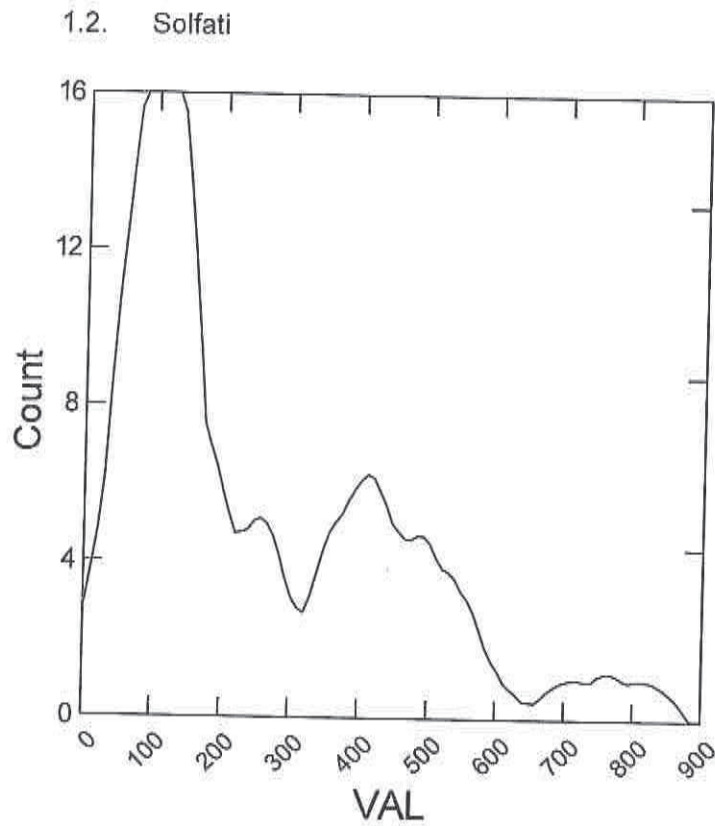


Fig. 4 Trigno, Solfati: Kernel Density Function (tension 0.2)

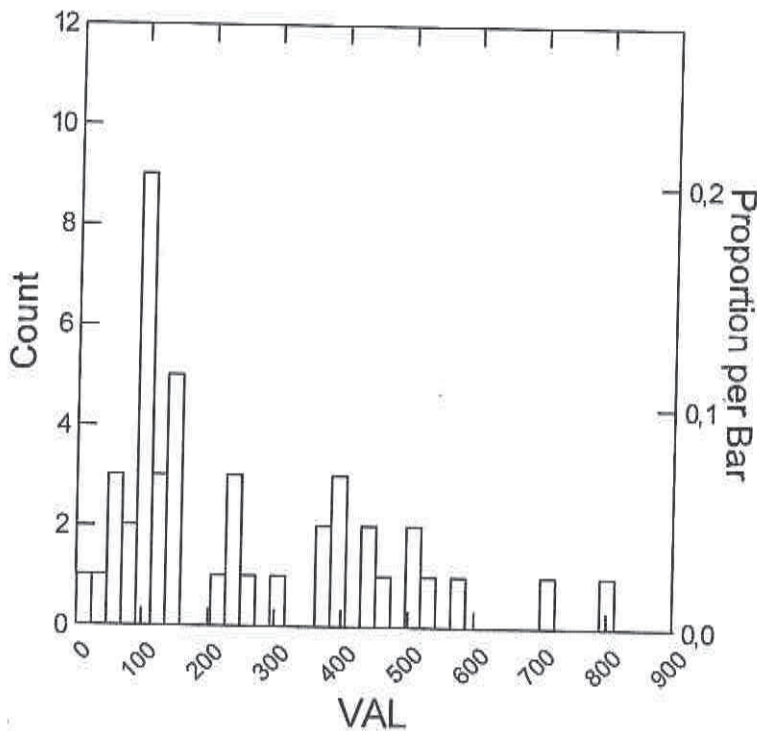


Fig. 5 Trigno, Solfati: Istogramma (ampiezza delle classi pari a 25 mg/l)



Le figure 4 e 5 evidenziano una situazione più complessa di quella relativa al manganese, con la probabile presenza di almeno due popolazioni dati, la prima delle quali (la più numerosa) caratterizzata da valori inferiori a 200 mg/l e la seconda da valori compresi tra 200 e 600 mg/l.

Adottando un approccio cautelativo possiamo assumere la prima popolazione come quella più rappresentativa dell'intero fondovalle, il cui valore limite superiore è ipotizzabile nel range 150 – 200 mg/l. Si ottiene, pertanto, il seguente prospetto statistico (Tab. 2), nel quale sotto la colonna VAL sono riportate le statistiche operate sulla variabile originaria (concentrazione di solfati) mentre in LNVAL quelle operate sui logaritmi naturali delle concentrazioni. L'esito dei test statistici di Shapiro-Wilk e Andersen-Darling (p-value) evidenzia l'accettabilità dell'ipotesi di distribuzione normale.

	VAL	LNVAL
N of Cases	24	24
Minimum	12,000	2,485
Maximum	157,000	5,056
Arithmetic Mean	99,000	4,481
Standard Deviation	37,425	0,577
Shapiro-Wilk Statistic	0,949	0,770
Shapiro-Wilk p-value	0,254	0,000
Anderson-Darling Statistic	0,483	1,740
Adjusted Anderson-Darling Statistic	0,500	1,801
p-value	>0.15	<0.01
Method = CLEVELAND		
90%	144,3	4,972
95%	150,0	5,010
99%	157,0	5,056

Tab. 2 Trigno, solfati: prospetto riassuntivo delle statistiche di base

Il valore definito dal 95° percentile, stimato con il metodo di Cleveland è pari a **150 mg/l**, può essere assunto come miglior stima del valore di fondo naturale dei solfati da associare al fondovalle. Si noti che, in questo caso, il valore di fondo stimato si colloca al di sotto del limite di concentrazione stabilito dalla legge.

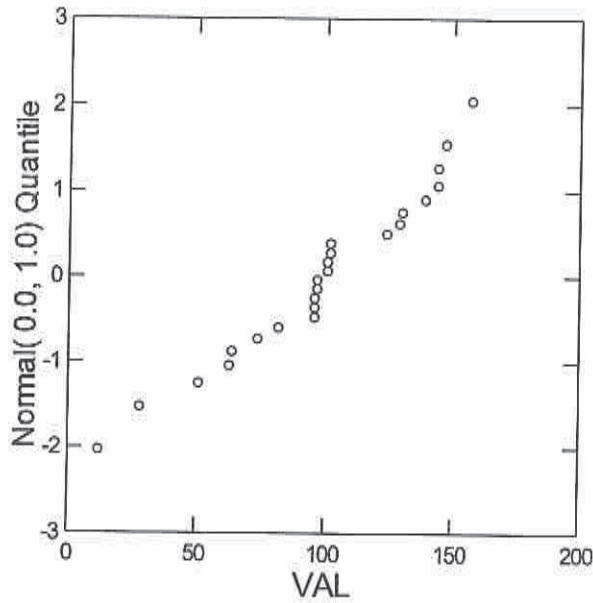


Fig. 6 Trigno, solfati: probability plot per la popolazione rappresentativa del fondo naturale.

2. Fondovalle Vomano

Per questo fondovalle, sono state analizzate le distribuzioni di valori di concentrazione del manganese (valori in ascissa espressi in $\mu\text{g/l}$).

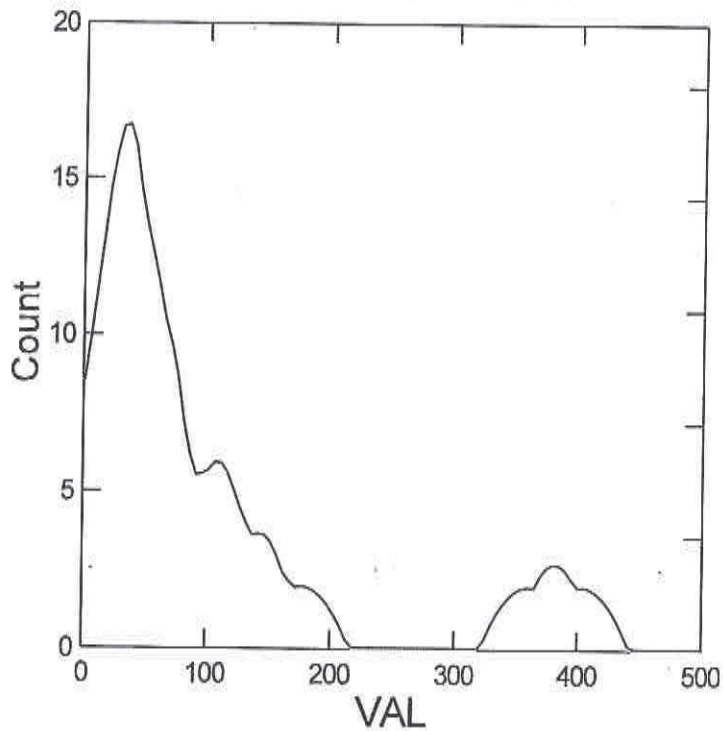


Fig. 7 Vomano, manganese: Kernel Density Function (tension 0.15)

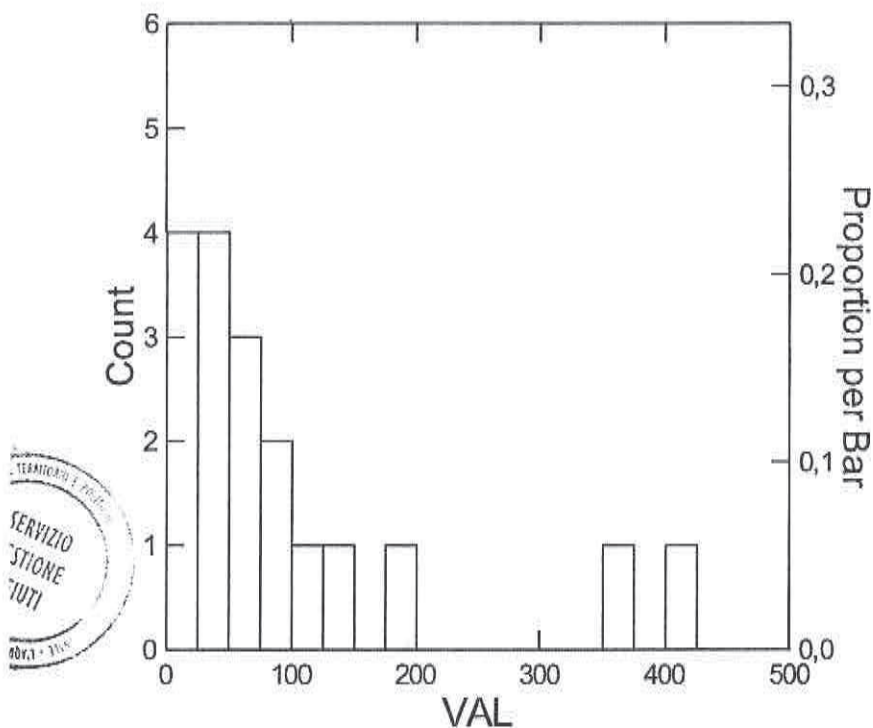


Fig. 8 Vomano, manganese: Istogramma (ampiezza delle classi pari a 25 µg/l)

Ipotizzando, per i dati appartenenti alla popolazione più rappresentativa dell'intero fondovalle, un valore limite superiore nel range 140 – 170 µg/l, si ottiene il seguente prospetto statistico (Tab. 3), nel quale sotto la colonna VAL sono riportate le statistiche operate sulla variabile originaria (concentrazione di manganese) mentre in LNVAL quelle operate sui logaritmi naturali delle concentrazioni. L'esito dei test statistici di Shapiro-Wilk e Andersen-Darling (p-value) evidenzia l'accettabilità dell'ipotesi di distribuzione lognormale.

	VAL	LNVAL
N of Cases	15	15
Minimum	7,000	1,946
Maximum	131,000	4,875
Arithmetic Mean	53,200	3,667
Standard Deviation	39,201	0,880
Shapiro-Wilk Statistic	0,910	0,956
Shapiro-Wilk p-value	0,136	0,615
Anderson-Darling Statistic	0,488	0,248
Adjusted Anderson-Darling Statistic	0,517	0,263
p-value	>0,15	>0,15
Method = CLEVELAND		
90%	122,0	4,804
95%	128,7	4,857
99%	131,0	4,875

Tab. 3 Vomano, manganese: prospetto riassuntivo delle statistiche di base

Il valore definito dal 95° percentile, stimato con il metodo di Cleveland è pari a 128.7 $\mu\text{g/l}$, che, approssimato a **130 $\mu\text{g/l}$** , può essere assunto come miglior stima del valore di fondo naturale del manganese da associare al fondovalle.

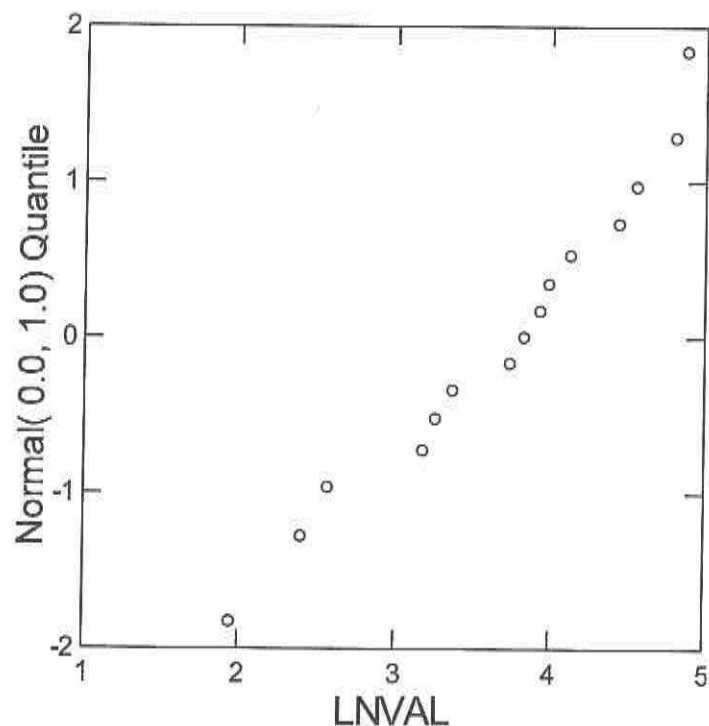


Fig. 9 Vomano, manganese: probability plot per la variabile trasformata (logaritmi naturali delle concentrazioni), popolazione rappresentativa del fondo naturale.

3. Fondovalle Sangro

Per questo fondovalle, sono state analizzate le distribuzioni di valori di concentrazione del manganese (valori in ascissa espressi in $\mu\text{g/l}$).

Le figure 10 e 11 evidenziano una situazione più complessa delle precedenti, con la probabile presenza di almeno tre popolazioni dati, la prima delle quali (la più numerosa) caratterizzata da valori inferiori a 100 $\mu\text{g/l}$, la seconda da valori compresi tra 150 e 400 $\mu\text{g/l}$ e la terza da valori compresi tra 500 e 600 $\mu\text{g/l}$.

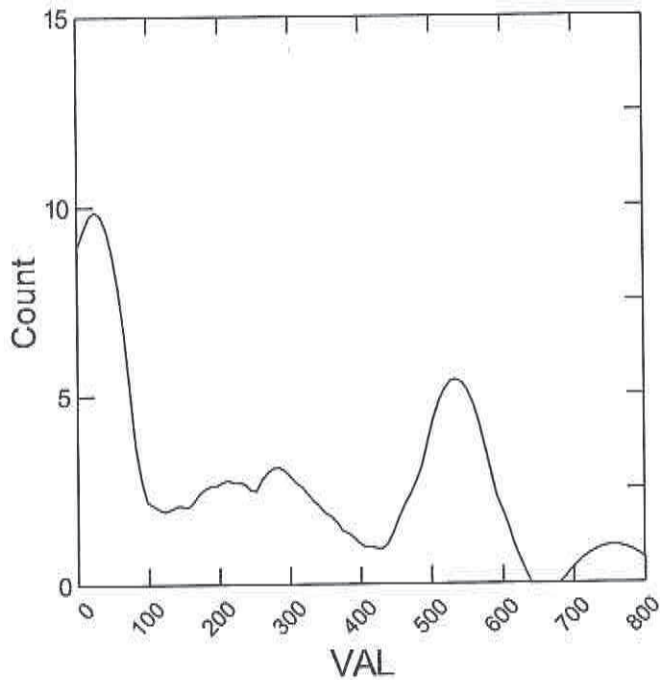


Fig. 10 Sangro, manganese: Kernel Density Function (tension 0.15)

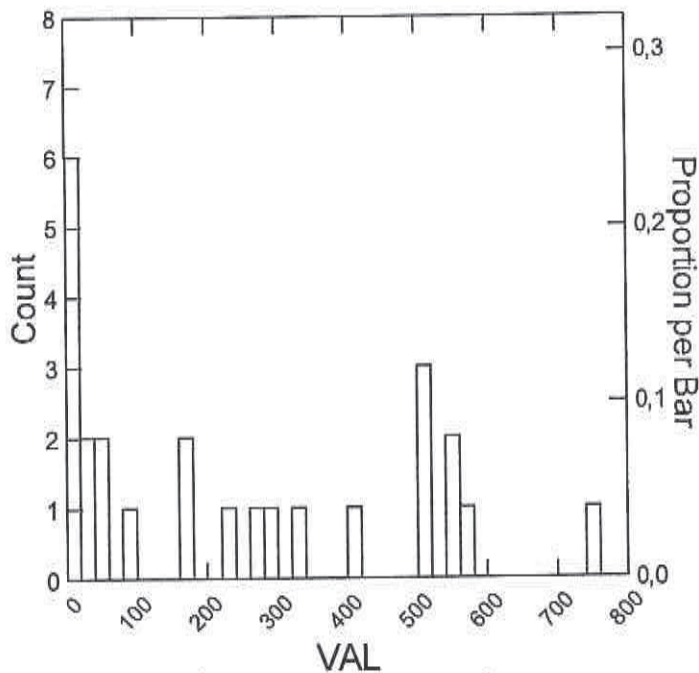


Fig. 11 Sangro, manganese: Istogramma (ampiezza delle classi pari a 25 µg/l)

Adottando un approccio cautelativo possiamo assumere la prima popolazione come quella più rappresentativa dell'intero fondovalle, il cui valore limite superiore è ipotizzabile nel range 100 – 170 µg/l. Si ottiene, pertanto, il seguente prospetto statistico (Tab. 4), nel quale sotto la colonna VAL sono riportate le statistiche operate sulla variabile originaria (concentrazione di manganese) mentre in LINVAL quelle operate sui logaritmi naturali delle concentrazioni. L'esito dei test statistici di



Shapiro-Wilk e Andersen-Darling (p-value) evidenzia l'accettabilità dell'ipotesi di distribuzione lognormale.

	VAL	LINVAL
N of Cases	12	12
Minimum	5,000	1,609
Maximum	169,000	5,130
Arithmetic Mean	36,250	2,920
Standard Deviation	48,123	1,196
Shapiro-Wilk Statistic	0,701	0,920
Shapiro-Wilk p-value	0,001	0,285
Anderson-Darling Statistic	1,373	0,341
Adjusted Anderson-Darling Statistic	1,480	0,368
p-value	<0.01	>0.15
Method = CLEVELAND		
90,000%	109,5	4,641
95%	160,5	5,060
99,000%	169,0	5,130

Tab. 4 Sangro, manganese: prospetto riassuntivo delle statistiche di base

Il valore definito dal 95° percentile, stimato con il metodo di Cleveland è pari a 160.5 µg/l, che, approssimato a **160 µg/l**, può essere assunto come miglior stima del valore di fondo naturale del manganese da associare al fondovalle.

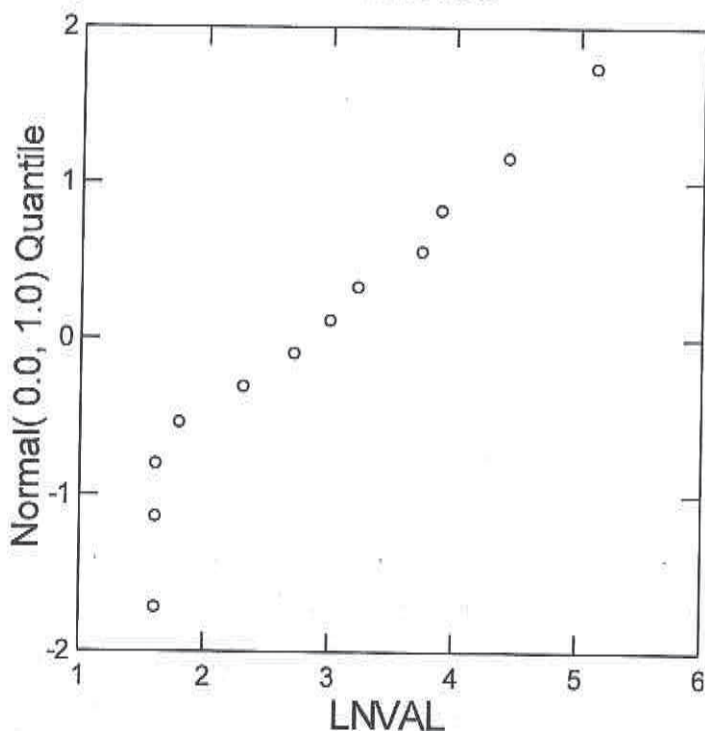
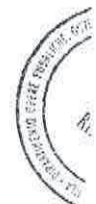


Fig. 12 Sangro, manganese: probability plot per la variabile trasformata (logaritmi naturali delle concentrazioni), popolazione rappresentativa del fondo naturale.



4. Fondovalle Saline

Per questo fondovalle, sono state analizzate le distribuzioni di valori di concentrazione del manganese (valori in ascissa espressi in $\mu\text{g/l}$).

Le figure 13 e 14, similmente al caso del fondovalle Sangro, evidenziano una situazione complessa, con la probabile presenza di almeno due popolazioni dati, la prima delle quali (la più numerosa) caratterizzata da valori inferiori a $200 \mu\text{g/l}$ e la seconda da valori compresi tra 200 e $500 \mu\text{g/l}$. Si registrano, in aggiunta, valori superiori a $200 \mu\text{g/l}$ che potrebbero evidenziare peculiarità locali.

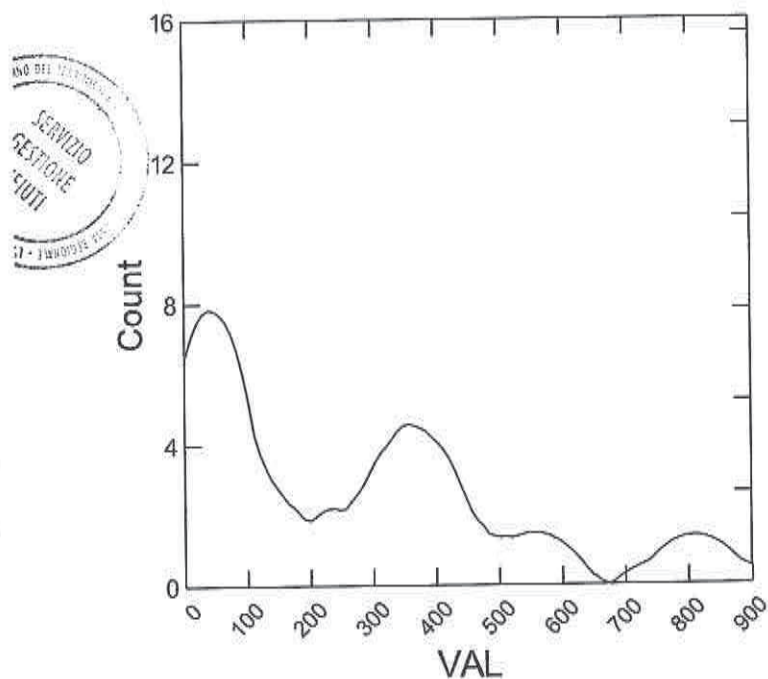


Fig. 13 Saline, manganese: Kernel Density Function (tension 0.2)

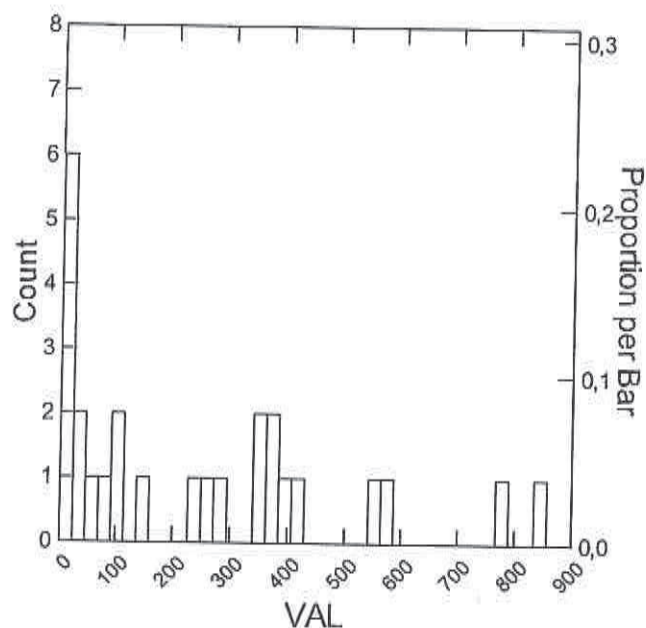


Fig. 14 Saline, manganese: Istogramma (ampiezza delle classi pari a 25 $\mu\text{g/l}$)

Adottando un approccio cautelativo possiamo assumere la prima popolazione come quella più rappresentativa dell'intero fondovalle, il cui valore limite superiore è ipotizzabile nel range 150 – 180 $\mu\text{g/l}$. Si ottiene, pertanto, il seguente prospetto statistico (Tab. 5), nel quale sotto la colonna VAL sono riportate le statistiche operate sulla variabile originaria (concentrazione di manganese) mentre in LNVAL quelle operate sui logaritmi naturali delle concentrazioni. L'esito dei test statistici di Shapiro-Wilk e Andersen-Darling (p-value) evidenzia l'accettabilità dell'ipotesi di distribuzione lognormale.

	VAL	LNVAL
N of Cases	13	13
Minimum	6,000	1,792
Maximum	154,000	5,037
Arithmetic Mean	47,923	3,336
Standard Deviation	46,818	1,142
Shapiro-Wilk Statistic	0,846	0,911
Shapiro-Wilk p-value	0,025	0,186
Anderson-Darling Statistic	0,781	0,472
Adjusted Anderson-Darling Statistic	0,836	0,505
p-value	0,031	>0,15
Method = CLEVELAND		
90,000%	109,2	4,675
95%	145,6	4,969
99,000%	154,0	5,037

Tab. 5 Saline, manganese: prospetto riassuntivo delle statistiche di base

Il valore definito dal 95° percentile, stimato con il metodo di Cleveland è pari a 145.6 $\mu\text{g/l}$, che, approssimato a **145 $\mu\text{g/l}$** , può essere assunto come miglior stima del valore di fondo naturale del manganese da associare al fondovalle.



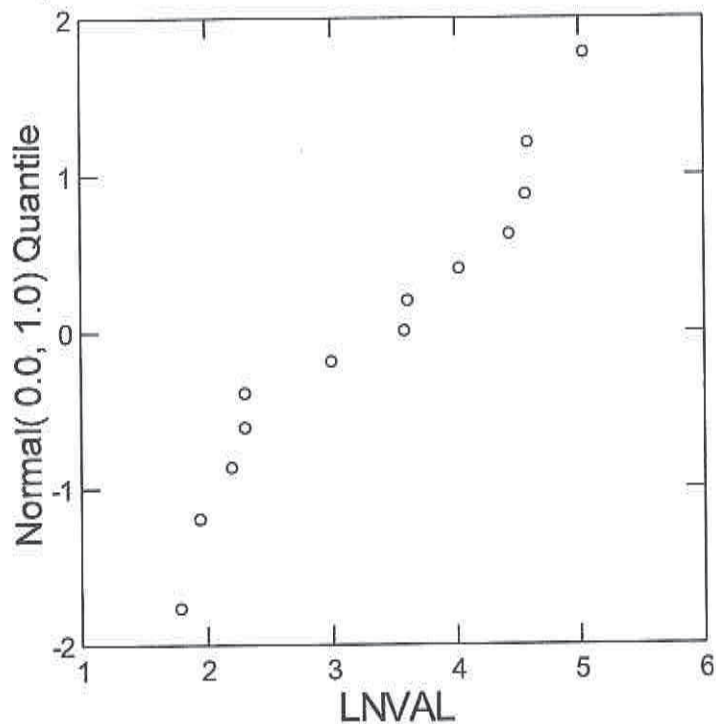


Fig. 15 Saline, manganese: probability plot per la variabile trasformata (logaritmi naturali delle concentrazioni), popolazione rappresentativa del fondo naturale.

Tabella Riepilogativa

Di seguito vengono riassunti i nuovi valori di fondo calcolati per i fondovalle alluvionali dei fiumi Trigno, Sangro, Saline e Vomano.

Fondovalle alluvionale	Sostanze	
	Manganese	Solfati
Trigno	110 µg/l	150 mg/l*
Sangro	160 µg/l	
Saline	145 µg/l	
Vomano	130 µg/l	

* Valore inferiore al limite normativo

