

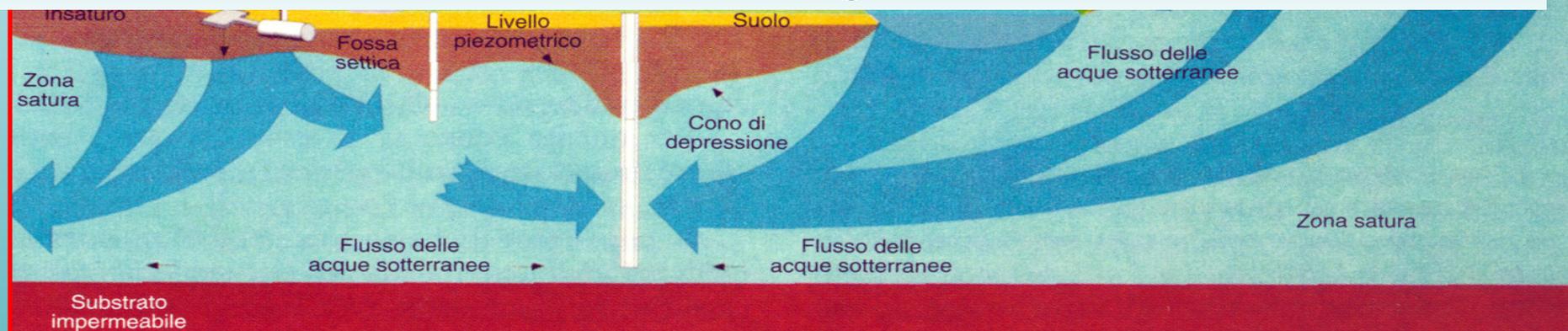


## IL MONITORAGGIO DELL'INQUINAMENTO DIFFUSO NELLA REGIONE ABRUZZO: PRIMI RISULTATI



**L'elaborazione statistica dei dati per la determinazione  
dei valori di fondo**

***Relatore: Dott. Sergio Palermi***



“PROVINCIA DI PESCARA – PIAZZA ITALIA – SALA FIGLIA DI IORIO – 17/11/2014

# definizioni

D.Lgs 152/06 e s.m.i. parte IV Titolo V - Art. 240 Definizioni  
Lettera b:

- [...] *Nel caso in cui il sito potenzialmente contaminato sia ubicato in un'area interessata da **fenomeni antropici o naturali** che abbiano determinato il superamento di una o più **concentrazioni soglia di contaminazione**, queste ultime si assumono pari al **valore di fondo** esistente per tutti i parametri superati.*

# definizioni

La **Direttiva Europea sulle acque sotterranee 2006/118/CE** fa riferimento al **Valore di Fondo Naturale (VFN)** inteso come (art. 2.5) : *la concentrazione di una sostanza o il valore di un indicatore in un corpo idrico sotterraneo corrispondente all'assenza di alterazioni antropiche o presenti in minima parte.*

Il **Protocollo per la Definizione dei Valori di Fondo per le Sostanze Inorganiche nelle Acque Sotterranee (ISPRA, 2009)** contiene la seguente definizione:  
*si intende per **Valore di Fondo (background level), VF**, “la concentrazione di una sostanza o il valore di un indicatore in un corpo idrico sotterraneo corrispondente all'assenza di alterazioni antropogeniche, o alla presenza di alterazioni estremamente limitate, rispetto a condizioni inalterate”*

Il valore di fondo indicato dal **DLgs 152/06** e ss. mm. ii. si riferisce, invece, in modo esplicito a un **valore di fondo indistinto, naturale e/o antropico derivante da contaminazioni diffuse e/o comunque esterne al sito contaminato oggetto di bonifica.**

Il diverso approccio del DLgs 152/06 è derivato, con tutta probabilità, dalla norma **ISO 19258:2005** che ha assunto come elemento distintivo, tra valore di fondo e valore di fondo naturale, proprio l'immissione da **sorgenti diffuse**, definite, in via generale, come: ... *l'immissione di una sostanza emessa da una sorgente mobile, da una sorgente estesa o da più sorgenti.*

## L'elaborazione statistica dei dati per la determinazione dei valori di fondo

Nel nostro caso l'elaborazione ha interessato in particolare sostanze come ferro, manganese e solfati la cui presenza in concentrazioni elevate (oltre le CSC fissate dal DLgs 152/06) può essere ricondotta a cause sia naturali sia antropiche.

- **Ferro e manganese**, data la loro presenza ubiquitaria nei sedimenti sono sostanze i cui arricchimenti sono più spesso dovuti a processi di contaminazione "indiretta", causata cioè, in assenza di un input diretto della sostanza, dalle alterazioni delle condizioni chimico fisiche, soprattutto di potenziale redox, prodotte da altre fonti o processi inquinanti.
- **I solfati**, infine, possono avere origine sia naturale sia antropica e rappresentano un costituente maggiore e caratterizzante della composizione delle acque sotterranee. Acque che entrano in contatto con rocce anidritiche o gessose sviluppano rapidamente, data l'elevata solubilità del minerale, tipiche facies solfatiche. Concentrazioni elevate di solfati si osservano anche in aree costiere per effetto d'intrusioni di acque salmastre. (*Giannerini et al., ARPAT – 2014*)

## L'elaborazione statistica dei dati per la determinazione dei valori di fondo

Una rassegna delle tecniche di indagine statistica e dei relativi descrittori, proposti a livello nazionale e internazionale per rappresentare il VF, è contenuta nel documento *“Protocollo operativo per la determinazione dei valori di fondo di metalli /metalloidi nei suoli dei siti di interesse nazionale”* (APAT-ISS, 2006).

Tale rassegna ha evidenziato **l'assenza di un criterio condiviso** sulle modalità di determinazione della concentrazione del fondo in una determinata area.

Il protocollo ISPRA (2009) suggerisce un approccio basato su presupposti scientifici sufficientemente rigorosi, che è stato adottato da ARTA e che verrà illustrato di seguito.

# L'elaborazione statistica dei dati per la determinazione dei valori di fondo

Lo schema concettuale cui ci si è attenuti nell'elaborazione dei dati disponibili per ciascun fondovalle e per ciascuna sostanza di interesse è il seguente (**Protocollo per la Definizione dei Valori di Fondo per le Sostanze Inorganiche nelle Acque Sotterranee - ISPRA, 2009**):

1. verifica dell'eventuale presenza di "veri outlier" (errori di trascrizione etc.)
2. trattamento dei Non Detect (ND), ovvero dei valori di concentrazione non rilevati in quanto inferiori al limite di rilevabilità della metodica analitica utilizzata
3. verifica della sufficiente numerosità dei dati disponibili
4. statistica descrittiva, tenendo conto dei ND eventualmente presenti (vedi punto 2.)
5. verifica del tipo di distribuzione dei dati sperimentale, mediante vari strumenti statistici, sia grafici che analitici
6. individuazione del valore del fondo naturale, attraverso gli strumenti suggeriti dal Protocollo di riferimento (ISPRA, 2009): il 95% percentile della distribuzione o, se ritenuto più significativo sulla base di considerazioni sia statistiche che geochimiche, un eventuale punto di gap e/o di discontinuità nella curva di distribuzione cumulativa dei dati

## L'elaborazione statistica dei dati per la determinazione dei valori di fondo

- Il protocollo ISPRA stabilisce che, **nei casi in cui si abbia una buona conoscenza dei processi geochimici che interessano l'acquifero** e siano disponibili dati di monitoraggio, i VF possono essere stimati sulla base del risultato dei parametri statistici (media+2 x deviazione standard e/o **95° percentile**) - calcolati **dopo l'esclusione dei campioni con indicatori di contaminazione antropica** al di sopra di uno o più limiti soglia.
- Riguardo all'eliminazione di **campioni potenzialmente affetti da sostanze inquinanti di natura antropica**, il protocollo ISPRA (2009) suggerisce i seguenti criteri di esclusione:
  - concentrazioni di  $\text{NO}_3 > 10 \text{ mg/l}$
  - concentrazioni di contaminanti organici  $> 3$  volte LR
  - concentrazioni di  $\text{NaCl} > 1000 \text{ mg/l}$  (criterio da valutare in funzione delle interazioni, anche naturali, che il corpo idrico di interesse ha con sistemi "esterni", p.es. prossimità alla linea di costa, risalita di fluidi di origine profonda).

# L'elaborazione statistica dei dati per la determinazione dei valori di fondo

Un approccio alternativo e complementare per la identificazione dei valori di fondo (da valutare sulla base della tipologia, della quantità, della rappresentatività e della completezza dei dati disponibili) è offerto dai **diagrammi di frequenza cumulata** soprattutto quando costruiti su scala di probabilità normale (approccio statistico non parametrico)

ISPRA (2009) riporta l'esempio di un grafico di probabilità, dove si possono riconoscere distintamente un primo tratto rappresentativo del campione di distribuzione normale della popolazione di fondo «naturale» e un tratto successivo, separato dal primo da un gap e da un cambio di pendenza e caratterizzato da valori più elevati e dispersi, attribuibile ad alterazione del fondo riconducibile a cause naturali e/o antropogeniche.

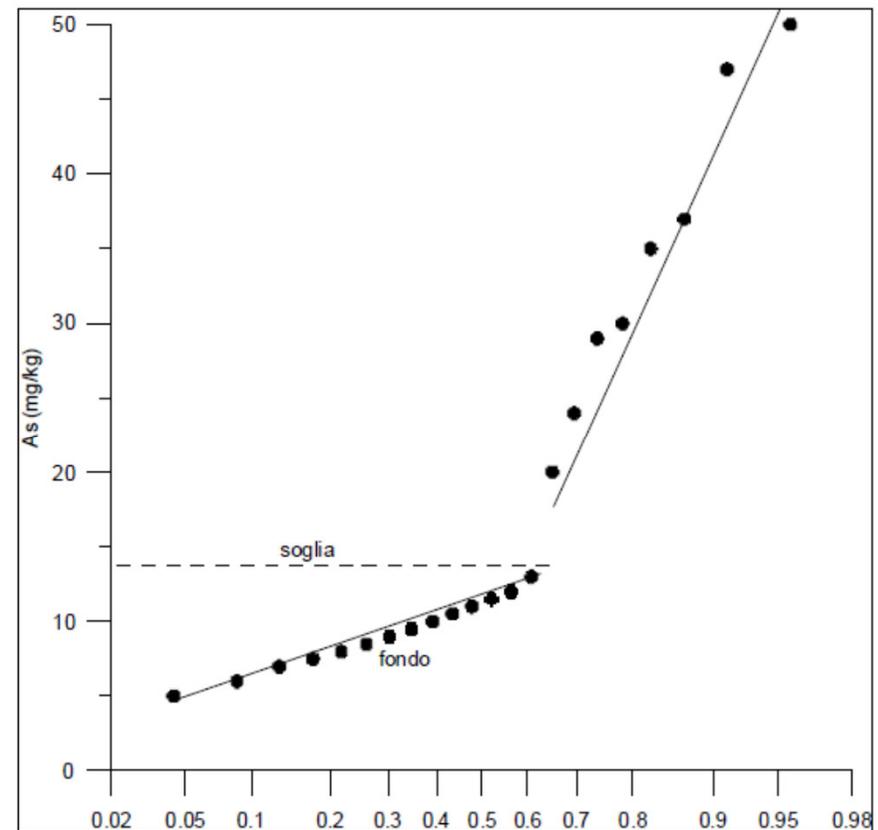


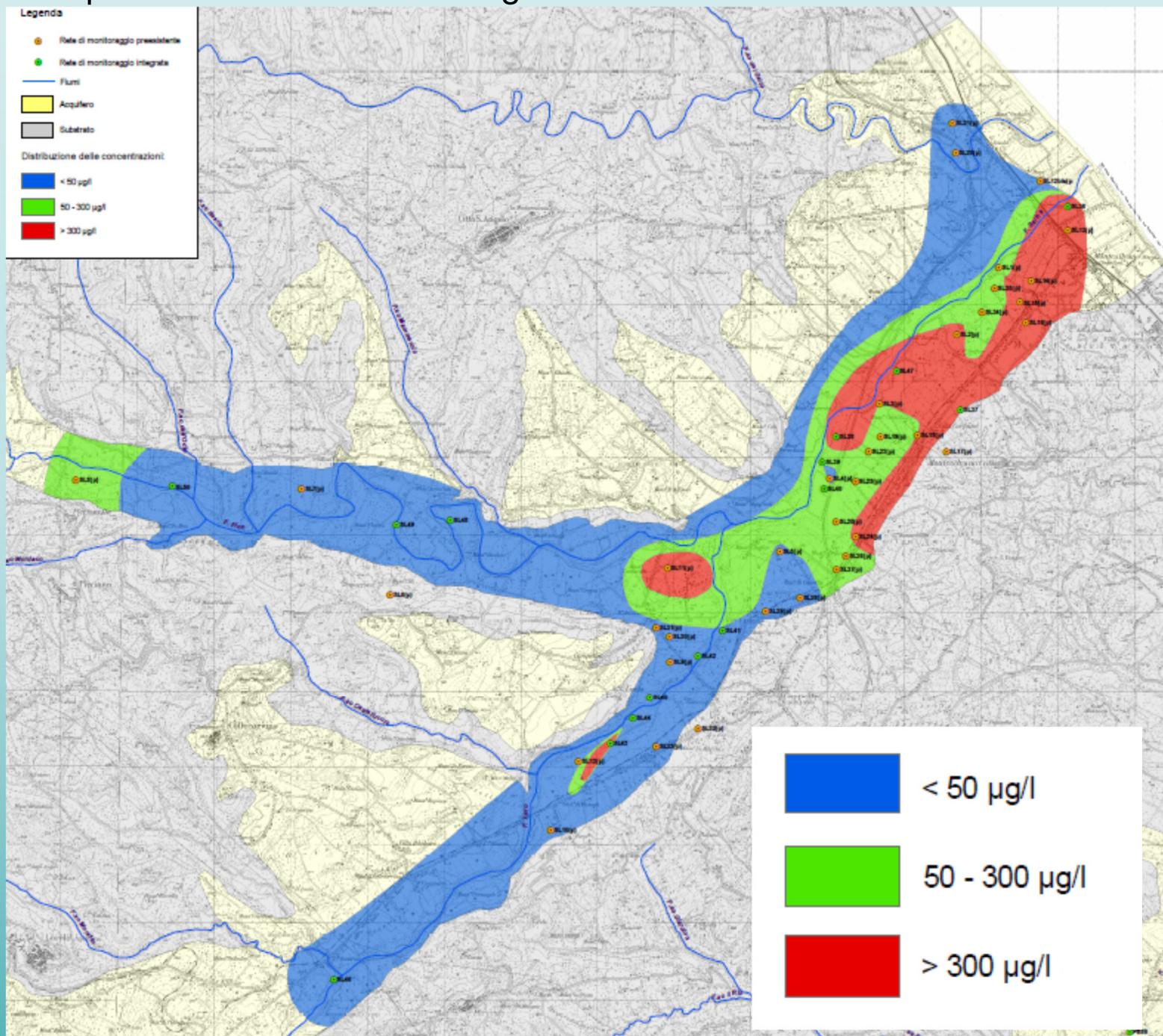
Figura 4 Curva cumulativa di frequenza.

# L'elaborazione statistica dei dati per la determinazione dei valori di fondo

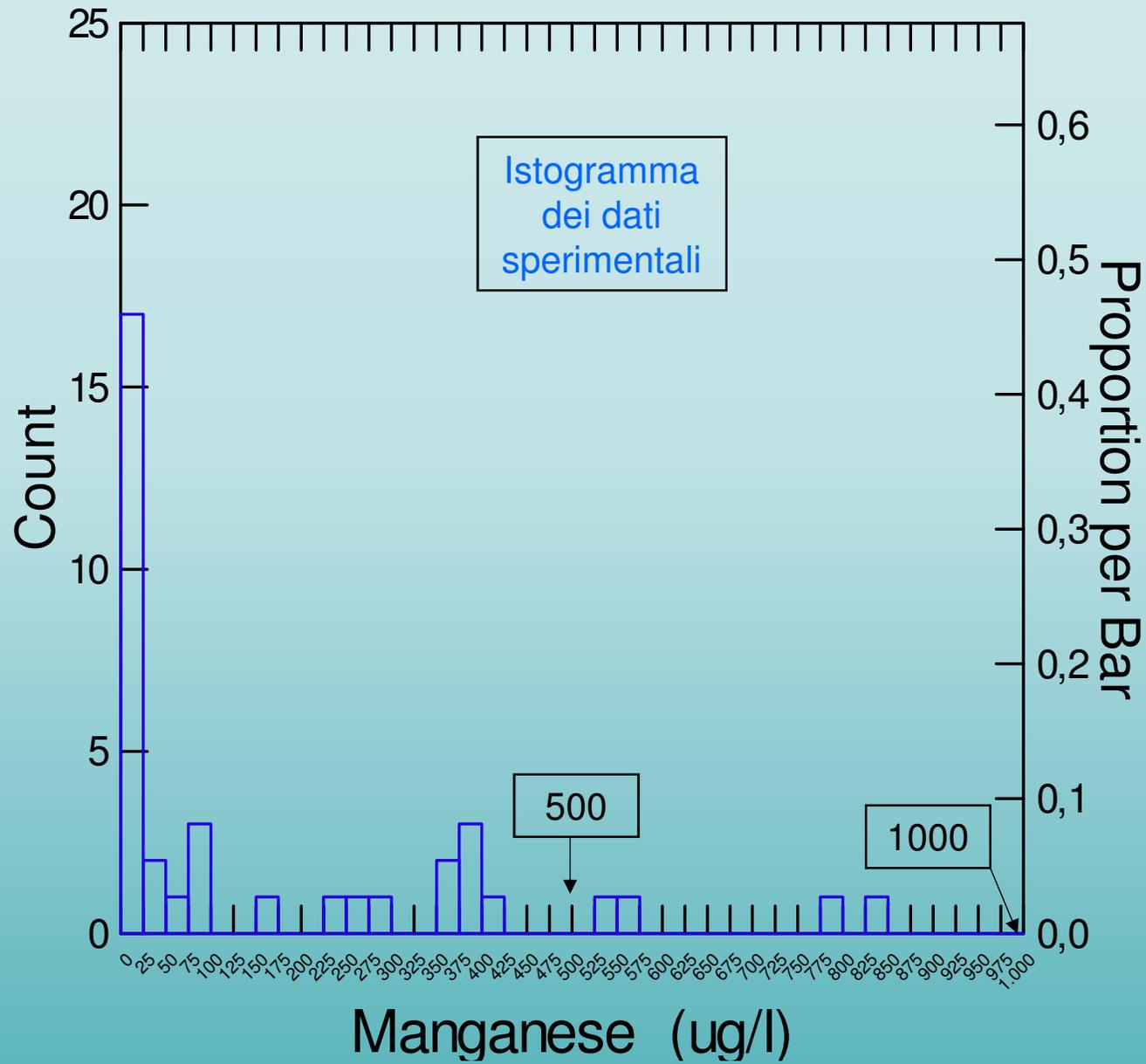
Principali criticità incontrate nell'elaborazione dei dati disponibili:

1. Marcata irregolarità delle distribuzioni sperimentali dei dati che quasi mai risultano conformi ad una distribuzione teorica (tipicamente lognormale)
2. Elevata presenza di Non Detect
3. Elevata presenza di outlier (valori molto alti non derivanti da errori di trascrizione etc)
4. Probabile disomogeneità spaziale del dataset (presenza di «popolazioni» diverse dislocate in porzioni specifiche del fondovalle)
5. Ridotta numerosità campionaria (per alcuni fondovalle)

# Esempio: concentrazioni di Manganese nel fondovalle delle SALINE



# Esempio: concentrazioni di Manganese nel fondovalle delle SALINE

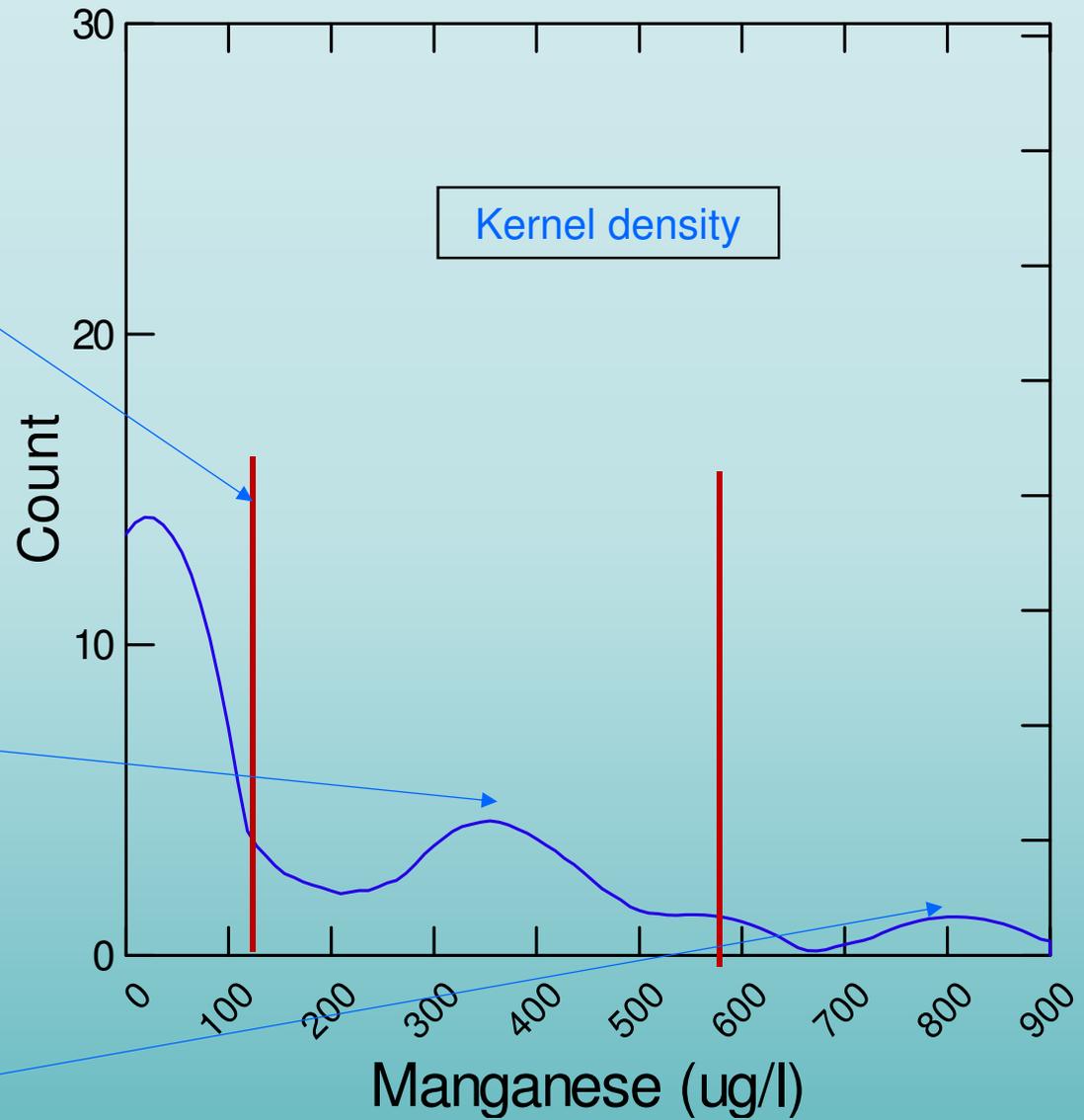


## Esempio: concentrazioni di Manganese nel fondovalle delle SALINE

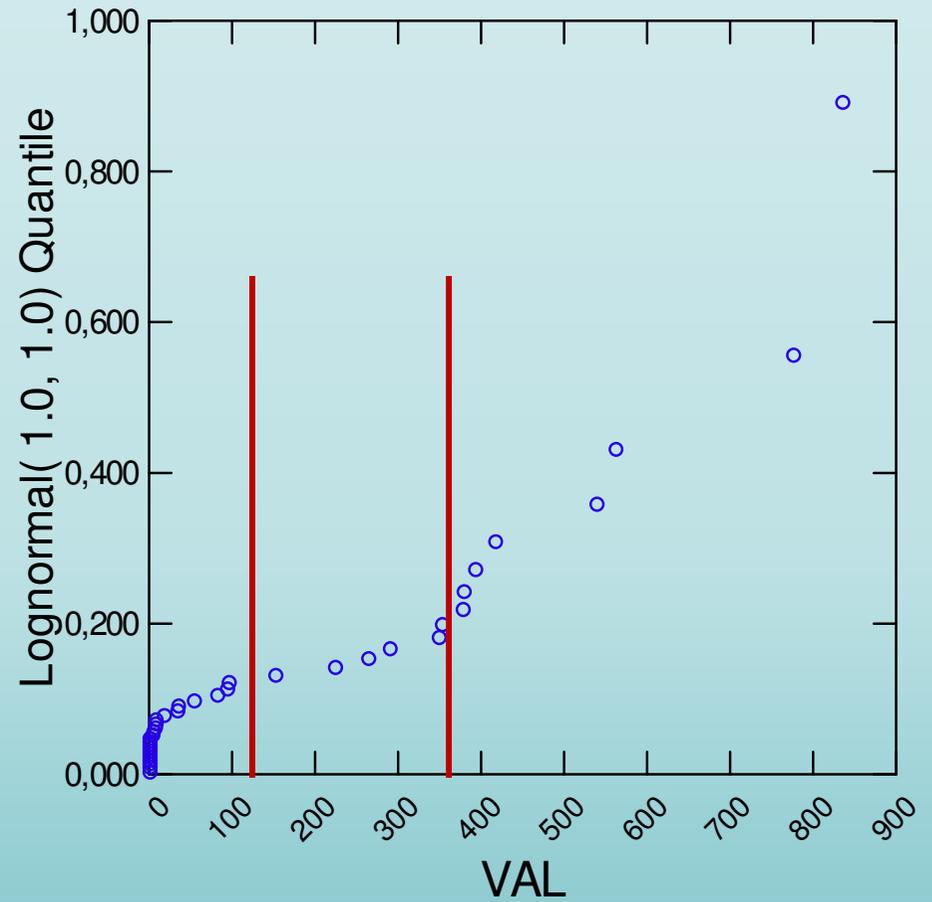
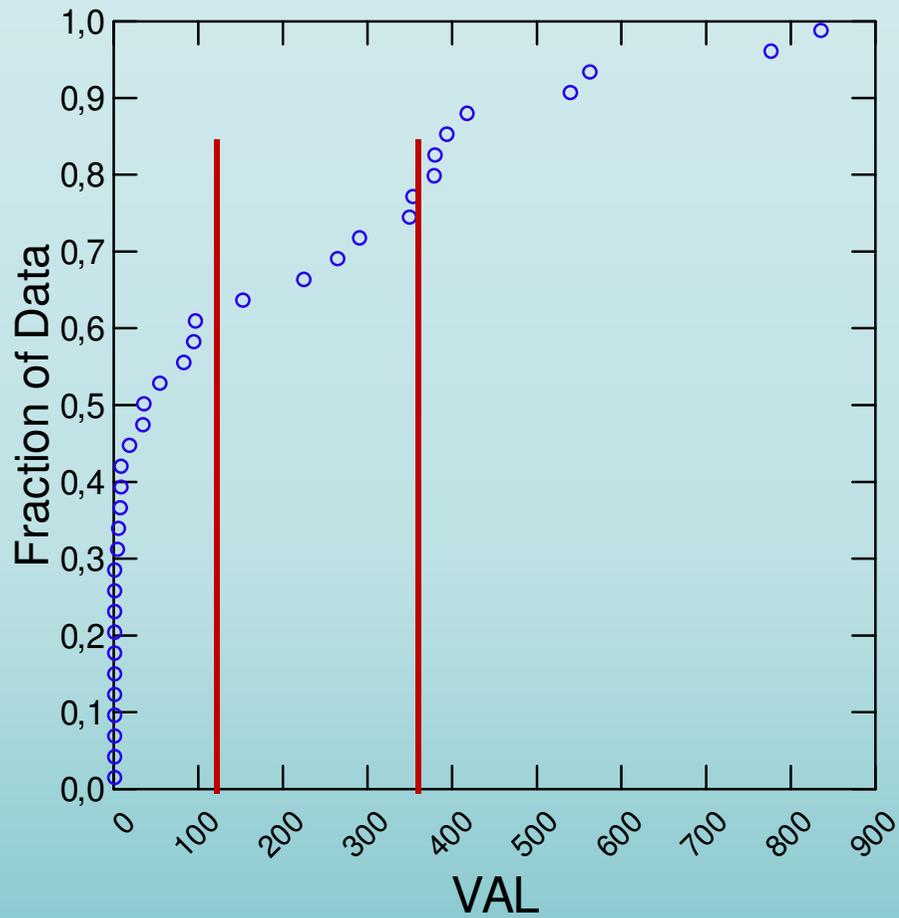
95-esimo percentile della distribuzione dei dati della popolazione «naturale»: 115 ug/l

Popolazione di dati «alterati» per ragioni naturali e/o antropiche

Probabili outlier («hot spot» con valori molto alti)

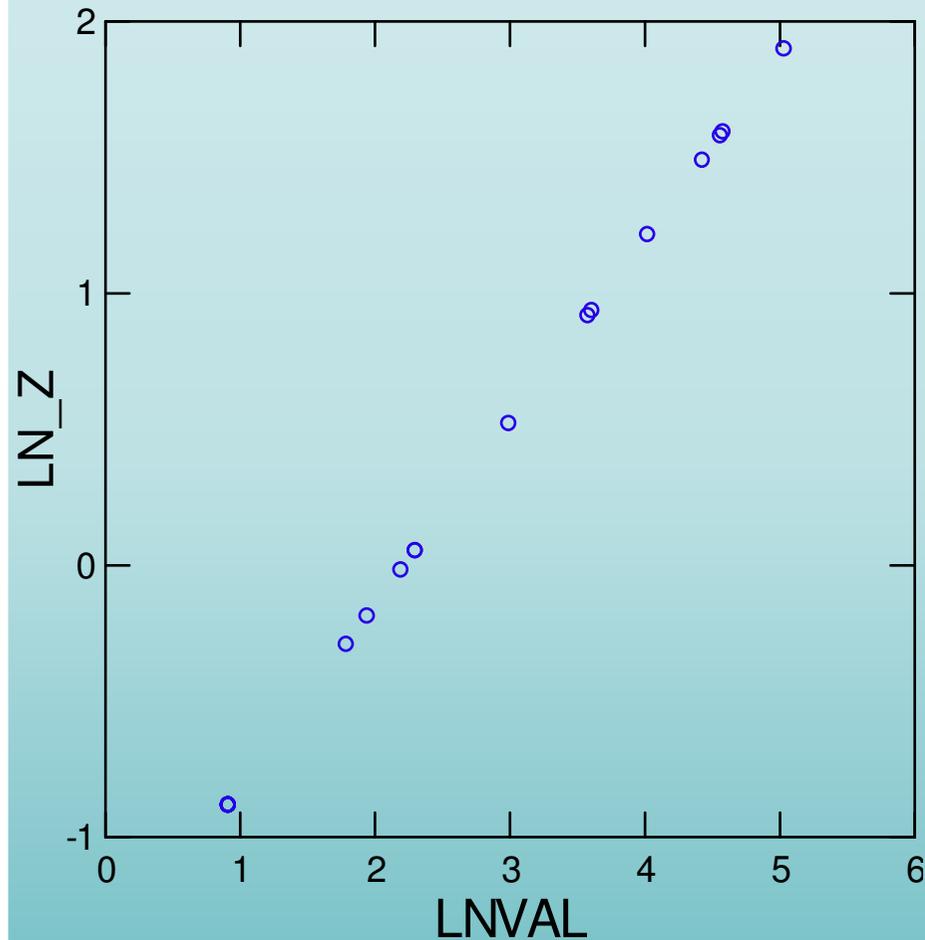


# Esempio: concentrazioni di Manganese nel fondovalle delle SALINE

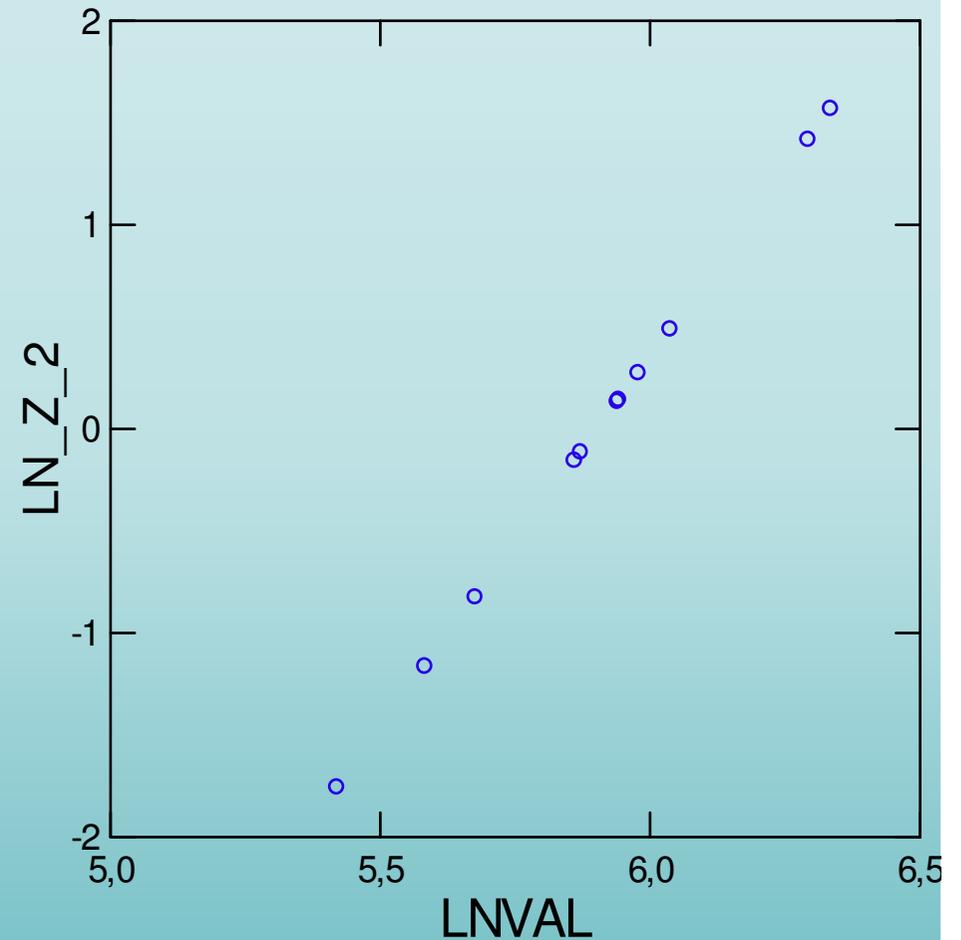


# Esempio: concentrazioni di Manganese nel fondovalle delle SALINE

Grafici Lognormal-Quantile separati per le due popolazioni  
(ipotesi di **DISTRIBUZIONE LOG-NORMALE** per entrambe)



Popolazione del fondo «naturale»



Popolazione «alterata» per cause naturali e/o antropogeniche

## Quadro riassuntivo dei risultati per il Manganese

FONDOVALLE ALLUVIONALE	N° PUNTI CHE HANNO SUPERATO I LIMITI NORMATIVI RISPETTO AL TOTALE	% DI PUNTI CHE HANNO SUPERATO I LIMITI NORMATIVI	VALORE DI FONDO (µg/l)
PESCARA	19/62	30	154
SALINE	18/37	49	355
ALENTO	8/17	47	176
FORO	7/30	23	89-158
SANGRO	16/64	25	228
SINELLO	12/38	31,5	118-261
OSENTO	4/17	23,5	32-357
TRIGNO	18/44	41	61-269
TRONTO	18/31	58	157
VIBRATA	2/43	5	
SALINELLO	4/22	18	35-129
TORDINO	4/48	8	
VOMANO	10/68	15	131-176

In presenza di due valori di fondo, un approccio conservativo suggerisce di adottare quello inferiore

**Stime particolarmente incerte per Sangro, Trigno, Vomano, Saline (da rivedere sulla base di approfondimenti da operare con il metodo suggerito da ARPAT – 2014<sup>(1)</sup>)**

<sup>(1)</sup>D. Giannerini, S. Menichetti e G. Sbrilli - **Definizione dei Valori di Fondo per alcuni parametri nelle Acque Sotterranee dei Siti in Bonifica della Pianura di Scarlino, Grosseto (2003 – 2012). Rapporto ARPAT, 2014.**

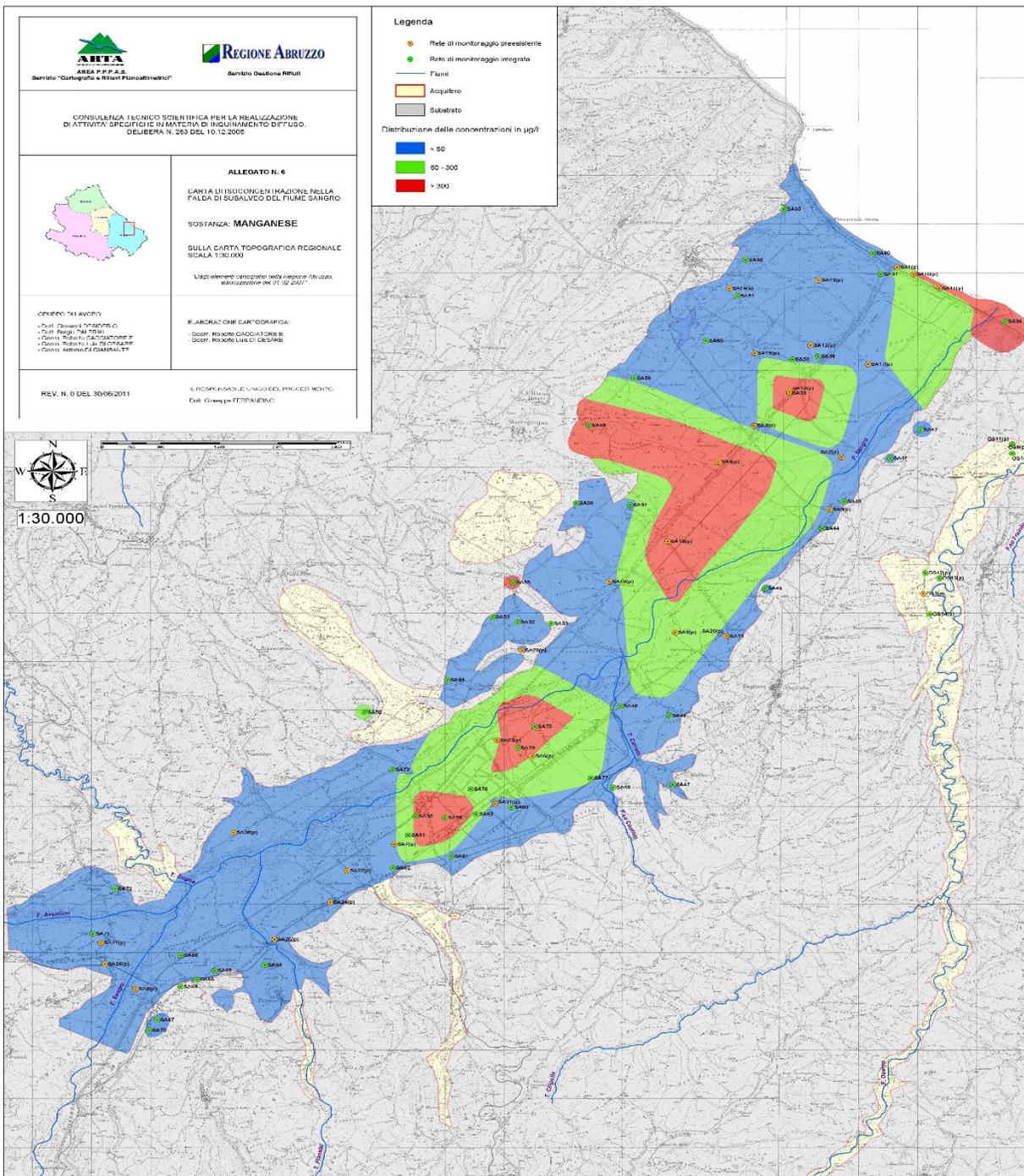
## Quadro riassuntivo dei risultati per il Ferro

FONDOVALLE ALLUVIONALE	N° PUNTI CHE HANNO SUPERATO I LIMITI NORMATIVI RISPETTO AL TOTALE	% DI PUNTI CHE HANNO SUPERATO I LIMITI NORMATIVI	VALORE DI FONDO (µg/l)
PESCARA	7/62	11	
SALINE	13/37	35	
ALENTO	3/17	/	
FORO	5/30	17	
SANGRO	9/64	14	
SINELLO	5/38	13	
OSENTO	2/17	/	
TRIGNO	6/44	14	
TRONTO	11/31	35	150-268
VIBRATA	3/43	7	
SALINELLO	2/22	9	
TORDINO	2/48	4	
VOMANO	4/68	6	

## Quadro riassuntivo dei risultati per i Solfati

FONDOVALLE ALLUVIONALE	N° PUNTI CHE HANNO SUPERATO I LIMITI NORMATIVI RISPETTO AL TOTALE	% DI PUNTI CHE HANNO SUPERATO I LIMITI NORMATIVI	VALORE DI FONDO (mg/l)
PESCARA	2/62	3	
SALINE	8/37	22	
ALENTO	1/17	/	
FORO	0/30	0	
SANGRO	8/64	12,5	
SINELLO	9/38	23,5	294
OSENTO	3/17	17,5	
TRIGNO	16/44	36	313-373
TRONTO	13/31	42	365
VIBRATA	0/43	0	
SALINELLO	0/22	0	

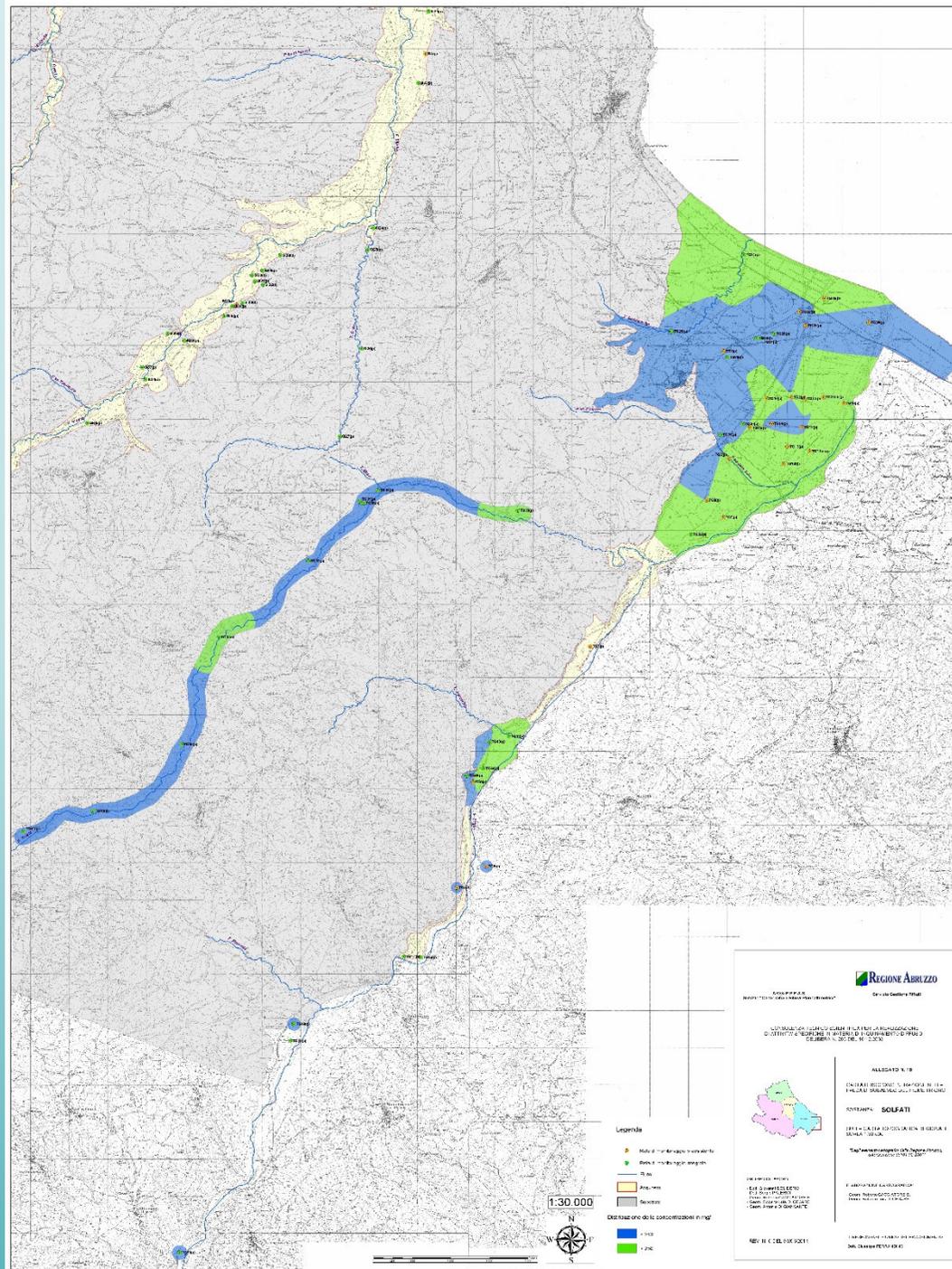
**Stime particolarmente incerte per il Trigno (da rivedere sulla base di approfondimenti da operare con il metodo suggerito da ARPAT - 2014)**



# CARTA DELLE ISOCONCENTRAZIONI DI MANGANESE – FONDOVALLE SANGRO



# CARTA DELLE ISOCONCENTRAZIONI DI SOLFATI – FONDOVALLE TRIGNO



## Approfondimenti:

- Revisione di alcune stime applicando il metodo ARPAT (2014)
- Analisi congiunta dei dati per fondovalle omogenei sulla base di considerazioni geologiche
- Introduzione di strumenti di analisi che tengano conto della correlazione spaziale dei dati