

Dipartimento di Grosseto

MONITORAGGIO AMBIENTALE DEL SISTEMA MERSE-CAMPIANO



ARPAT

Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana



ELABORAZIONE ED INTERPRETAZIONE
DEI RISULTATI DELLE ATTIVITÀ
DI MONITORAGGIO

Giugno 2011



Regione Toscana

Diritti Valori Innovazione Sostenibilità

ARPAT - DIPARTIMENTO DI GROSSETO

MONITORAGGIO AMBIENTALE DEL SISTEMA MERSE – CAMPIANO

ELABORAZIONE ED INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI DELL'ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO ANNO 2010

GIUGNO 2011

Giancarlo Sbrilli e Dario Giannerini



ARPAT

Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana

ALLEGATI

Monitoraggio delle acque dell'area mineraria.....	Allegato A
Monitoraggio delle acque del fiume Merse.....	Allegato B
Monitoraggio delle acque delle sorgenti nell'area vasta.....	Allegato C
Monitoraggio biologico (IBE) e dei sedimenti del fiume Merse.....	Allegato D
Documentazione campagne di monitoraggio.....	Allegato E

PREMESSA

Gli obiettivi del monitoraggio del sistema Merse-Campiano

Gli obiettivi generali del monitoraggio, stabiliti nelle conferenze dei servizi che hanno approvato il progetto di bonifica, sono i seguenti:

1. classificazione del primo tratto del fiume Merse ai sensi dell'Allegato 1 del D.Lgs. 152/99 e succ. mod. per la verifica del rispetto degli obiettivi di bonifica;
2. controllo delle caratteristiche delle acque che fuoriescono dalla miniera di Campiano al fine di verificare l'efficacia del sistema di depurazione; confronto con le caratteristiche chimiche del fiume Merse;
3. controllo delle caratteristiche delle acque di drenaggio della miniera del Merse mediante il pozzo Serpieri;
4. controllo delle caratteristiche delle acque delle sorgenti e delle gallerie per il monitoraggio ambientale nel contorno del sistema Merse-Campiano.

Con nota n. 48231 del 02/07/2010 questa agenzia ha trasmesso agli Enti competenti l'ultima relazione relativa all'elaborazione ed interpretazione dei dati del monitoraggio svolto nell'anno 2009.

Il monitoraggio eseguito nell'anno 2010

Nel corso del 2010 le attività di monitoraggio sono proseguite su incarico conferito da parte del comune di Montieri alla soc. Biochemie con le procedure di seguito riportate. La Ditta Biochemie Lab è stata incaricata per il monitoraggio del Sistema Merse-Campiano e delle aree al contorno con determinazione n. 237 del 15.07.2008 (incarico prorogato al 31.05.2009 con Determinazione n. 61 del 03.03.2009). L'attività di monitoraggio è stata condotta dalla stessa Ditta Biochemie Lab nelle more della gara d'appalto per l'assegnazione del servizio di monitoraggio in questione indetta con Determinazione n. 169 del 28.03.2009. La Ditta Biochemie Lab è risultata aggiudicataria della suddetta procedura d'appalto (Aggiudicazione definitiva con Determinazione n. 338 del 14.10.2009 - Consegna del servizio in data 14.10.2009 - Contratto d'appalto rep. n. 2799 del 09.12.2009).

La soc. Biochemie lab. ha provveduto regolarmente all'invio dei risultati ad ARPAT. I risultati sono stati elaborati dall'Agenzia per verificare il mantenimento o la eventuale variazione delle condizioni ambientali, in attesa dell'avvio delle operazioni di bonifica.

Ricordando che l'area di esecuzione delle indagini è ubicata nella zona mineraria di Boccheggiano e ricade interamente nel bacino idrografico del Fiume Merse, nei comuni di Chiusdino (SI), Montieri (GR), e Massa Marittima (GR), i risultati del monitoraggio sono stati elaborati in funzione degli obiettivi indicati nel primo paragrafo.

E' necessario tenere presente che, in questi ultimi anni, il sistema regionale di classificazione dei corpi idrici superficiali ha subito importanti modifiche, anche in seguito all'applicazione di norme che hanno modificato l'allegato 1 della parte terza del D.Lgs 152/2006. Di conseguenza il monitoraggio basato sul sistema di classificazione dei corpi idrici regionali formalizzato mediante delibera regionale nel 2003 appare superato e da aggiornare.

Le acque delle gallerie minerarie sono oggetto di caratterizzazione sulla base degli atti provinciali conseguenti all'Accordo di Programma "colline metallifere" siglato nel mese di febbraio 2009 tra la

Regione Toscana, le province di Grosseto e Siena, i comuni di Massa marittima, Montieri, Chiusdino, Manciano, Scarlino, Gavorrano, ARPAT e Syndial ed ENI Gas power.

Nel corso del 2009 è stata modificata la normativa riguardante il monitoraggio dei corpi idrici con l'introduzione di nuovi criteri classificatori. In particolare è stato pubblicato il DM 56 del 14 aprile 2009 "Regolamento recante «*Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo*». L'art. 1 del DM modificava integralmente l'allegato 1 della parte III del D.Lgs 152/2006 e s.m.i. e definiva standard qualitativi per le sostanze pericolose nelle acque superficiali. I nuovi valori di riferimento sostituivano quelli già contenuti nella vecchia versione dell'allegato 1 e nel DM 367/2003. Nel corso del 2010 la normativa in questione, nello specifico la parte terza del D.Lgs 152/2006 e l'allegato 1, è stata oggetto di ulteriori modifiche, introdotte dal D.Lgs 219 del 10 dicembre 2010.

MATERIALI E METODI

Le campagne di misura

Il monitoraggio 2010 è stato effettuato dalla società Biochemie Lab.

I risultati delle campagne di monitoraggio eseguite da Biochemie Lab. sono stati inviati con i rapporti di prova riportati in allegato E.

Protocolli di analisi

Le analisi da effettuare sono state dedotte dai profili analitici già riportati nella relazione ARPAT n. 5073 del 23 ottobre 2006 con le modifiche introdotte nel capitolato d'appalto consegnato alla ditta aggiudicataria da parte del comune di Montieri .

Descrizione dei punti di controllo

Denominazione punto di controllo	Riferimento Scheda descrittiva relazione ARPAT n. 5073 del 23 ottobre 2006
Uscita Galleria Ribudelli. Scarico tubazione all'ingresso della rampa (RIB)	Allegato A – scheda 1
Uscita dell'impianto di trattamento (DEP)	Allegato A – scheda 2
Fosso Ribudelli a monte dell'area mineraria di Campiano (R1)	Allegato A – scheda 3
Pozzo Serpieri a –35 m dal p.c. (SER 1)	Allegato A – scheda 4
Pozzo Serpieri a –70 m dal p.c. (SER 2)	Allegato A – scheda 5
Merse al Gabellino (M3)	Allegato B – scheda 1
Merse a monte della confluenza con il fosso Ribudelli (M1)	Allegato B – scheda 2
Merse a valle della confluenza con il fosso Ribudelli (M2)	Allegato B – scheda 3
Merse al ponte della SS.441 (M4)	Allegato B – scheda 4
Merse allo scivolo sulla strada per il Molino delle Pile (M5)	Allegato B – scheda 5
Sorgente Fonteverdi (FVE)	Allegato C – scheda 1
Sorgente Reticaggio (RET)	Allegato C – scheda 2
Sorgente Fonte asciutta (FAS)	Allegato C – scheda 3
Pozzo Gabellino (GAB)	Allegato C – scheda 4
Sorgente Boccheggiano (BOC)	Allegato C – scheda 5
Sorgente La Fontina (LFO)	Allegato C – scheda 6
Pozzo Sondaggio minerario (SMI)	Allegato C – scheda 7
Sorgente Fonte S. Niccolò (NIC)	Allegato C – scheda 8
Sorgente Le Vene (LVE)	Allegato C – scheda 9

Descrizione dettagliata delle stazioni di controllo del fiume Merse

Il fiume Merse ha un'asta fluviale lunga 71,7 Km, con un bacino idrografico di 705,8 Km², è affluente di destra del fiume Ombrone; il suo tratto iniziale di circa 15,5 chilometri, con un bacino idrografico di 53,1 Km², che si estende dalle sorgenti, ubicate a est del centro abitato di Prata, fino al ponte presso la località Molino delle Pile (bivio tra la ex ss 441 e la strada per Luriano), percorre l'area mineraria Merse-Campiano. Questo segmento fluviale è stato oggetto di monitoraggio mensile per la valutazione dei parametri chimici nella colonna d'acqua. Il monitoraggio è stato svolto nel periodo gennaio – dicembre 2010.

All'interno del segmento fluviale preso in esame sono state individuate 5 stazioni di controllo descritte nel senso monte-valle come di seguito riportato.

1. Stazione M3 – Merse Gabellino

La stazione, ubicata in prossimità del ponte per Boccheggiano (vedere Allegato B – scheda 1), drena, per circa 4100 m, il tratto iniziale del bacino idrografico, che non comprende aree interessate da attività minerarie conosciute. La stazione è considerata come riferimento pur nella consapevolezza che presenta scorrimento superficiale limitato solo alla stagione invernale e primaverile.

2. Stazione M1 – Merse a monte del fosso Ribudelli

La stazione è ubicata immediatamente a monte dell'immissione del fosso Ribudelli, la cui portata è costituita prevalentemente dalle acque reflue provenienti dalla fuoriuscita della miniera di Campiano (vedere Allegato B – scheda 2). Il tratto compreso tra la stazione Gabellino e quella a monte del fosso Ribudelli è lungo circa 4700 m e drena numerosi affluenti le cui acque provengono da aree minerarie. I principali, nel verso monte-valle, sono:

- A. fosso proveniente dal bacino sterili del gabellino (sito GR82, bonificato e sottoposto a monitoraggio post-bonifica);
- B. fosso Rigagnolo, che drena l'area mineraria di Rigagnolo (sito GR88 sottoposto a procedura di bonifica);
- C. fosso che drena l'area mineraria di Molignoni (sito GR83 sottoposto a procedura di bonifica);
- D. Botro rosso, che drena una vecchia area mineraria risalente all'800 e altre sorgenti minori di acque contenenti elevate concentrazioni di metalli;
- E. Torrente Mersino, principale affluente presente nel tratto in esame, immette nel Merse acque di buona qualità, pur comprendendo nel proprio bacino drenante l'area mineraria di Bagnolo (sito GR87 sottoposto a procedura di bonifica).

Il tratto comprende inoltre discariche minerarie, derivanti dall'attività svolta nella "miniera delle Merse", che interessano direttamente l'alveo del fiume.

3. Stazione M2 – Merse a valle del fosso Ribudelli

La stazione è ubicata immediatamente a valle dell'immissione del fosso Ribudelli e dista solo 120 m dalla stazione precedente (Allegato B – scheda 3). Il tratto comprende, sulla sponda sinistra, la vecchia discarica mineraria definita "Le roste", che interessa direttamente l'alveo del fiume.

4. Stazione M4 – Ponte ex strada statale 441

La stazione dista 2200 m dalla precedente (Allegato B – scheda 4). Il tratto comprende, come il precedente, sulla sponda sinistra, la vecchia discarica mineraria definita "Le roste"; proseguendo verso valle non risultano presenti altri siti minerari conosciuti, sono presenti, invece, numerosi affluenti tra i quali, il principale è il torrente Ripacciano, proveniente dalla zona est di Montieri.

5. Stazione M5 – allo scivolo sulla strada per il Molino delle Pile

La stazione dista 4300 m dalla precedente (Allegato B – scheda 5). Il tratto non risulta interessato da apporti provenienti da siti minerari conosciuti, comprende numerosi affluenti (tra i quali il principale, sulla destra idrografica, è il torrente Cona); a circa 1 chilometro a monte della stazione è da segnalare la presenza delle "Vene di Ciciano", una serie di sorgenti che rappresentano un notevole contributo alla portata del fiume.

Lungo il fiume Merse sono presenti, a valle del tratto esaminato, altre due stazioni di controllo individuate nel piano di monitoraggio regionale, DGR 100 del 08/02/2010, allegato B tab 1B. La

stazione denominata “Ponte ss 441-Montieri” (codice tipizzazione 11ss3N, codice regionale corpo idrico CI_R000OM114fi, codice MAS 040), ubicata presso il ponte della strada tra Monticano e Frosoni e la stazione denominata “Ponte strada il santo – Montepescini” (codice tipizzazione 11ss3N, codice regionale corpo idrico CI_R000OM114fi, codice MAS 041), ubicata poco prima della confluenza con l’Ombrone. Entrambe le stazioni sono state monitorate dal Dipartimento ARPAT di Siena.

Punti di controllo, frequenza di campionamento e protocolli da applicare

I Punti di controllo, la frequenza di campionamento ed i protocolli da applicare sono stati riportati nella relazione ARPAT n. 5073 del 23 ottobre 2006.

Dettagli sulle procedure di campionamento e di analisi

Nel caso delle acque superficiali (Merse, Ribudelli) e di sorgente il campionamento per i metalli è stato effettuato eseguendo la filtrazione a 0,45 µm. Nel caso delle acque di pozzo e in uscita dalle miniere, è stato prelevato il campione tal quale (senza filtrazione).

Le procedure adottate per le fasi di campionamento, conservazione e preparazione dei campioni, le procedure analitiche, le procedure adottate per la gestione delle sonde multiparametriche del pozzo serpieri sono riportate nella procedura di gara di appalto.

RISULTATI

I risultati analitici delle campagne di monitoraggio svolte in corrispondenza dei punti: pozzo Serpieri superiore ed inferiore, uscita della miniera di Campiano (denominata uscita Ribudelli), uscita dell'impianto di depurazione, fosso Ribudelli a monte dello scarico del depuratore; sono riportati nelle schede allegato A.

I risultati analitici delle campagne di monitoraggio del fiume Merse sono riportati nelle schede allegato B.

I risultati analitici delle campagne di monitoraggio delle sorgenti presenti nell'area vasta sono riportati nelle schede allegato C.

I risultati analitici delle campagne di monitoraggio dei sedimenti e del monitoraggio biologico sono riportati in allegato D

CONSIDERAZIONI

Obiettivo 1. Monitoraggio del Fiume Merse

1.1. Monitoraggio chimico del Fiume Merse in relazione alla presenza di metalli pericolosi

I risultati del monitoraggio sono stati confrontati con i valori di riferimento per le sostanze pericolose riportati nell'allegato 1 alla parte terza del D.lgs. 152/06 con le modifiche introdotte dal D.Lgs. 219/2010.

Dal confronto con i valori di riferimento riportati nelle tabelle 1/A e 1/B dell'allegato 1 (vedere tabella 1.a seguente) emerge che i valori medi annui (SQA-MA) delle concentrazioni degli elementi mercurio, nichel, piombo, arsenico e cromo rispettano gli standard di qualità per le acque superficiali. Per il mercurio risulta rispettato anche il valore limite per la concentrazione massima ammissibile (SQA-CMA). Per il cadmio, secondo i dati forniti da Biochemie, lo standard di qualità ambientale - $\leq 0,08 \mu\text{g/L}$ espresso come valore medio annuo (SQA-MA) rispetto alla classe di durezza 1 - risulta rispettato per l'intero tratto di fiume esaminato; lo stesso limite risulta invece superato con l'unico campionamento eseguito da ARPAT per tutte le stazioni di prelievo. Ancora per il cadmio, sulla base dei valori rilevati da Biochemie, lo standard di qualità ambientale - $0,45 \mu\text{g/L}$, espresso come concentrazione massima ammissibile (SQA-CMA) - risulta essere rispettato per tutte le stazioni di prelievo. I dati forniti dal laboratorio ARPAT, invece, attestano una concentrazione di $0,94 \mu\text{g/L}$ a Gabellino. In tal caso la concentrazione di cadmio è risultata superiore al valore massimo ammissibile per la classe 1 di durezza.

Trattandosi tuttavia di contaminanti che potrebbero avere origine naturale è necessario, prima di definire lo Stato Ambientale, valutarne i livelli di fondo mediante uno studio di area.

In tabella 1.b è riportata la statistica descrittiva per ciascun elemento pericoloso determinato.

Tabella 1.a

Risultati monitoraggio annuale metalli pericolosi nel fiume Merse per l'anno 2010

Confronto con gli standard di qualità nella colonna d'acqua ai sensi del D.Lgs 152/06 allegato 1 della parte terza

	elemento	cadmio	mercurio	nicel	piombo	arsenico	romo totale
	Unità di Misura	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
standard di riferimento	tab 1/A-SQA-MA (1)						
standard di riferimento	(2)	≤ 0,08 (3)	0,03	20	7,2		
standard di riferimento	tab 1/A-SQA-CMA (5)	0,45 (4)	0,06				
standard di riferimento	tab 1/B SQA-MA (6)					10	7
Merse a Gabellino M3	valore medio annuo	< 0,05 (7)	< 0,1	0,49	0,29	1,25	0,42
	valore massimo	0,94 (8)	< 0,1				
Merse a monte Rib. M1	valore medio annuo	< 0,05 (7)	< 0,1	4,58	1,8 (9)	0,52	0,21
	valore massimo	0,37 (8)	< 0,1				
Merse a Valle Rib. M2	valore medio annuo	< 0,05 (7)	< 0,1	3,67	2,2 (9)	0,48	0,23
	valore massimo	0,24 (8)	< 0,1				
Km 12 S,P, 441 M4	valore medio annuo	< 0,05 (7)	< 0,1	2,25	0,21 (9)	0,46	0,21
	valore massimo	0,17 (8)	< 0,1				
Bivio per Luriano M5	valore medio annuo	< 0,05 (7)	< 0,1	1,37	2,1 (9)	0,62	0,22
	valore massimo	0,11 (8)	< 0,1				

(1) la Tab. 1/A esprime gli Standard di qualità nella colonna d'acqua per le sostanze dell'elenco di priorità

(2) SQA-MA Standard di qualità ambientale espresso come valore medio annuo (SQA-MA).

(3) valore limite in funzione della classe di durezza: 0,08 (Classe 1 e 2); 0,09 (Classe 3); 0,15 (Classe 4); 0,25 (Classe 5). La durezza rilevata nelle stazioni di prelievo è risultata sempre < 40 mg/L CaCO₃, ovvero di classe 1.

(4) valore limite in funzione della classe di durezza: 0,45 (Classe 1); 0,45 (Classe 2); 0,6 (Classe 3); 0,9 (Classe 4); 1,5 (Classe 5). La durezza rilevata nelle stazioni di prelievo è risultata sempre < 40 mg/L CaCO₃, ovvero di classe 1.

(5) SQA-CMA Standard di qualità ambientale espresso come concentrazione massima ammissibile (SQA-CMA).

Ove non specificato si applica a tutte le acque.

(6) la tab 1/B esprime gli standard di qualità ambientale nella colonna d'acqua per alcune delle sostanze non appartenenti all'elenco di priorità

(7) dati non validabili da parte di ARPAT

(8) dati ARPAT

(9) unico valore rilevato

Tabella 1.b

Risultati monitoraggio annuale metalli pericolosi nel fiume Merse per l'anno 2010

statistica descrittiva

denominazione stazione	elemento	cadmio	mercurio	nicel	piombo	arsenico	romo totale
	Unità di Misura	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Merse a Gabellino M3	Numero dati	9	9	9	9	9	9
	Media (xm)			0,49	0,29	1,25	0,42
	Varianza			0,44	0,46	2,63	0,26
	Scarto tipo (s)			0,66	0,68	1,62	0,51
	CV%			134	232	130	122
	Minimo			0,05	0,05	0,05	0,05
	Massimo	0,94 (1)		2,00	2,10	5,20	1,50
	Escursione (Range)			1,95	2,05	5,15	1,45
	Mediana			0,05	0,05	0,80	0,20
	unico valore rilevato	< 0,05	< 0,1				
Merse a monte Rib. M1	Numero dati	13	13	13	13	13	13
	Media (xm)			4,58		0,52	0,21
	Varianza			5,74		0,87	0,07
	Scarto tipo (s)			2,40		0,93	0,26
	CV%			52		179	125
	Minimo			1,40		0,05	0,05
	Massimo	0,37 (1)		9,60		3,40	0,90
	Escursione (Range)			8,20		3,35	0,85
	Mediana			3,40		0,05	0,05
	unico valore rilevato	< 0,05	< 0,1		1,8		
Merse a Valle Rib. M2	Numero dati	13	13	13	13	13	13
	Media (xm)			3,67		0,48	0,23
	Varianza			7,68		0,75	0,08
	Scarto tipo (s)			2,77		0,87	0,28
	CV%			76		182	121
	Minimo			0,05		0,05	0,05
	Massimo	0,24 (1)		8,70		3,20	1,00
	Escursione (Range)			8,65		3,15	0,95
	Mediana			2,80		0,05	0,05
	unico valore rilevato	< 0,05	< 0,1		2,2		
Km 12 S,P, 441 M4	Numero dati	13	13	13	13	13	13
	Media (xm)			2,25		0,46	0,21
	Varianza			2,17		0,77	0,07
	Scarto tipo (s)			1,47		0,88	0,26
	CV%			66		190	125
	Minimo			0,30		0,05	0,05
	Massimo	0,17 (1)		4,70		3,20	0,90
	Escursione (Range)			4,40		3,15	0,85
	Mediana			1,70		0,05	0,05
	unico valore rilevato	< 0,05	< 0,1		0,21 (1)		
Bivio per Luriano M5	Numero dati	13	13	13	13	13	13
	Media (xm)			1,37		0,62	0,22
	Varianza			1,28		0,79	0,08
	Scarto tipo (s)			1,13		0,89	0,29
	CV%			83		144	130
	Minimo			0,05		0,05	0,05
	Massimo	0,11 (1)		3,60		3,30	1,00
	Escursione (Range)			3,55		3,25	0,95
	Mediana			0,90		0,40	0,05
	unico valore rilevato	< 0,05	< 0,1		2,1		

(1) valore determinato da ARPAT

1.2. Monitoraggio biologico del Fiume Merse

In tabella 1.c. è riportato il risultato del monitoraggio biologico del primo tratto del Merse, comprensivo dell'immissione del Ribudelli e delle discariche minerarie.

Tabella 1.c. - Risultati monitoraggio biologico anno 2010

Sigla	Località	Data	Classe di qualità	Gruppo faunistico x ing. Orizz. In tab.	n° tot unità sistematiche	Valore I.B.E.	Giudizio di qualità
M3	Merse a Gabellino	26-mar-10	II	Plecotteri	8	8	Ambiente con moderati sintomi di alterazione
M1	Merse a monte fosso Ribudelli	26-mar-10	IV	Tricotteri	4	4	Ambiente molto alterato
M1	Merse a monte fosso Ribudelli	9-set-10	III	Tricotteri	6	6	Ambiente alterato
M2	Merse a valle fosso Ribudelli	26-mar-10	V	Oligocheti o chironomidi	2	2 - 1	Ambiente fortemente degradato
M2	Merse a valle fosso Ribudelli	9-set-10	V	Chironomidi	2	1	Ambiente fortemente degradato
M4	Merse al ponte ex 441	26-mar-10	III - IV	Tricotteri	6	6 - 5	Ambiente alterato - ambiente molto alterato
M4	Merse al ponte ex 441	9-set-10	IV	Tricotteri	4	5	Ambiente molto alterato
M5	Merse al Molino delle Pile	26-mar-10	III - IV	Tricotteri	6	6 - 5	Ambiente alterato - ambiente molto alterato
M5	Merse al Molino delle Pile	9-set-10	III	Efemerotteri	6	6	Ambiente alterato

In tabella 1.d. è riportato il confronto dei risultati del mappaggio biologico eseguito dal 2006 al 2010.

Tabella 1.d – risultati mappaggio biologico anni 2006-2007-2008-2010 (valori medi annuali di IBE).

Sigla	Località	anno 2006			anni 2007-2008			anno 2010		
		Valore I.B.E.	Classe di qualità	Giudizio di qualità	Valore I.B.E.	Classe di qualità	Giudizio di qualità	Valore I.B.E.	Classe di qualità	Giudizio di qualità
M3	Merse a Gabellino	8	II	Ambiente con moderati sintomi di alterazione				8	II	Ambiente con moderati sintomi di alterazione
M1	Merse a monte fosso Ribudelli	6	III	Ambiente alterato	6	III	Ambiente alterato	5	IV	Ambiente molto alterato
M2	Merse a valle fosso Ribudelli	1,8	V	Ambiente fortemente degradato				1,5	V	Ambiente fortemente degradato
M4	Merse al ponte ex 441	3,5	IV	ambiente molto alterato	6	III	Ambiente alterato	5,5	III - IV	Ambiente alterato - ambiente molto alterato
M5	Merse al Molino delle Pile	6,5	III	Ambiente alterato	7	III	Ambiente alterato	5,5	III - IV	Ambiente alterato - ambiente molto alterato

A partire dal 2009 i macrodescrittori chimici necessari per il calcolo del valore del LIM, ai fini della determinazione dell'indice SECA, così come stabilito dal D.Lgs. 152/99, non sono stati determinati.

Inoltre, a partire dal 2010, è stato messo in atto un nuovo sistema di classificazione dei corsi d'acqua (sulla base delle integrazioni successive al D.lgs L52/06) che non risulta più comparabile con il sistema classificatorio stabilito con il D.lgs. 152/99, utilizzato, quest'ultimo, per la classificazione del Merse negli anni 2006-2007-2008.

È possibile, tuttavia, comparare i dati storici relativi alla determinazione dell'IBE, così come riportato in tabella 1.d.. Da questa comparazione si deduce una sostanziale stabilità della qualità dell'ambiente idrico nei primi 15 Km del Merse, con un leggero peggioramento nel 2010 a partire dalla stazione immediatamente a monte dell'immissione del Ribudelli, ovvero prima dello scarico della miniera di Campiano.

1.2.1. Classificazione per l'anno 2010 effettuata da ARPAT-Dipartimento di Siena nei due punti di monitoraggio regionale sul Merse a valle della zona mineraria e a chiusura di bacino.

Corso Nome	Pr	HER	Macro tipo	Cod	Macro invertebrati (1)	Diatomee (2)	LIMeco	Pesci (3)
fiume merse	SI	11	M1	MAS-041	buono	elevato	sufficiente	sufficiente
fiume merse	SI	11	M2	MAS-040 Non rischio	sufficiente	elevato	buono	sufficiente

(1) Macroinvertebrati: ai sensi del DM 260/2010 l'indice utilizzato è l'indice STAR-ICM;

(2) Diatomee: l'indice utilizzato ai sensi del DM 260/2010 è ICM = IPS (sensibilità inquinamento) + TI (indice trofico);

(3) LIMeco, definito dal DM 260/2010, allegato 1, capitolo A.4.1.2

(4) Il parametro fauna ittica non deriva da attività in campo svolte da Arpat, bensì da un lavoro effettuato presso la Regione Toscana, in cui sono stati rielaborati, secondo il metodo Zerunian, i dati grezzi dei campionamenti per ittiofauna eseguiti e messi a disposizione dalle Provincie.

Corso Nome	Cod	Stato ecologico	Stato chimico	Tipo monitoraggio
Fiume merse	MAS-041	sufficiente	buono	operativo
Fiume merse	MAS-040 Non rischio	sufficiente	buono	operativo

Per classificare i corpi idrici probabilmente a rischio campionati nel corso del 2010 e, dar loro un'attribuzione definitiva di rischio, sono stati adottati i seguenti criteri:

- risultato peggiore tra i due parametri biologici – qualità elevata e buona determinano il futuro monitoraggio di sorveglianza per il punto in questione. Qualità sufficiente, scarsa e cattiva determinano il monitoraggio operativo;
- confronto con il LimEco: se coincidente non cambia la classificazione, se peggiorativo determina il passaggio a monitoraggi operativo;
- sostanze pericolose, qualora la media dei valori superi gli SQA, determinano il passaggio a monitoraggio operativo a prescindere dal risultato dei parametri biologici; negli altri casi si mantiene la classificazione già attribuita.

La classe di qualità riportata per ogni parametro è data dalla media dei campionamenti effettuati nel corso del 2010.

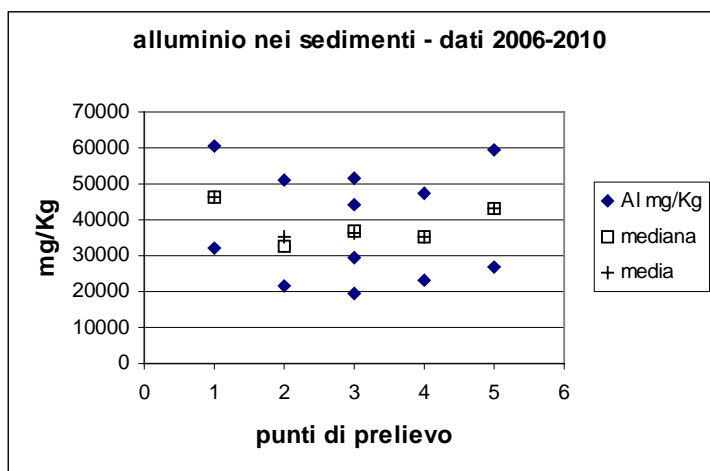
1.3. I sedimenti del Fiume Merse

I sedimenti rappresentano il comparto ambientale maggiormente interessato dalla progressiva sedimentazione dei metalli che fuoriescono dalla miniera di Campiano e dal dilavamento delle numerose discariche minerarie presenti nel bacino idrografico che fa capo ai primi 15 chilometri del Merse. I risultati della determinazione dei principali metalli e dell'arsenico nei sedimenti prelevati, nel periodo 2006-2010, nelle 5 stazioni di controllo lungo il primo tratto del fiume, sono riportati nei grafici riportati di seguito. In ciascun grafico le stazioni sono indicate da un numero sulla base della legenda in tabella 1.e.

Tabella 1.e. – Stazioni di prelievo dei sedimenti, codice numerico utilizzato nei grafici

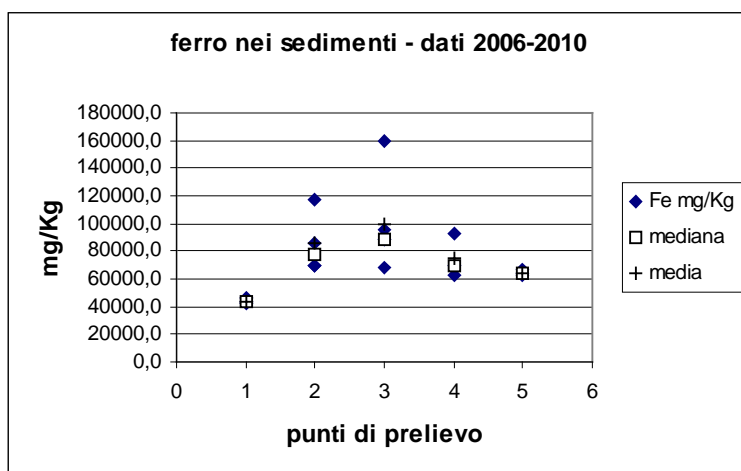
stazioni di prelievo nel sigla fiume Merse	numerica
Gabellino	1
monte Ribudelli	2
valle Ribudelli	3
Ponte ss 441	4
Bivio Luriano	5

Grafico 1.1 - alluminio



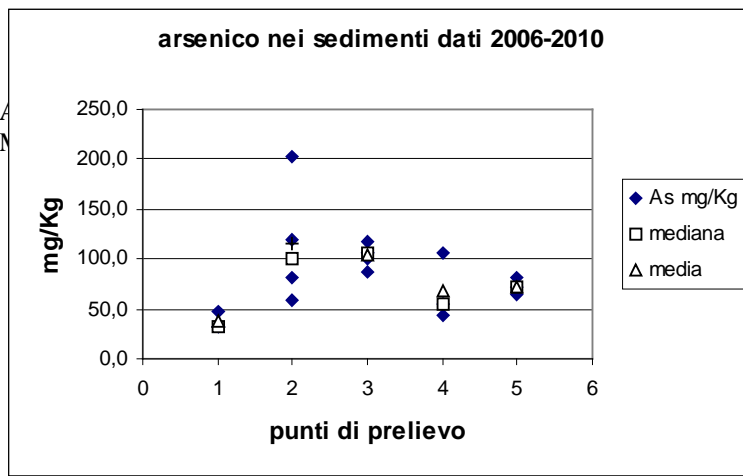
L'alluminio presenta un debole incremento nei sedimenti a valle dello scarico della miniera, probabilmente veicolato dallo scarico della miniera di Campiano (vedere tabelle 2.a e 2.d).

Grafico 1.2 - ferro



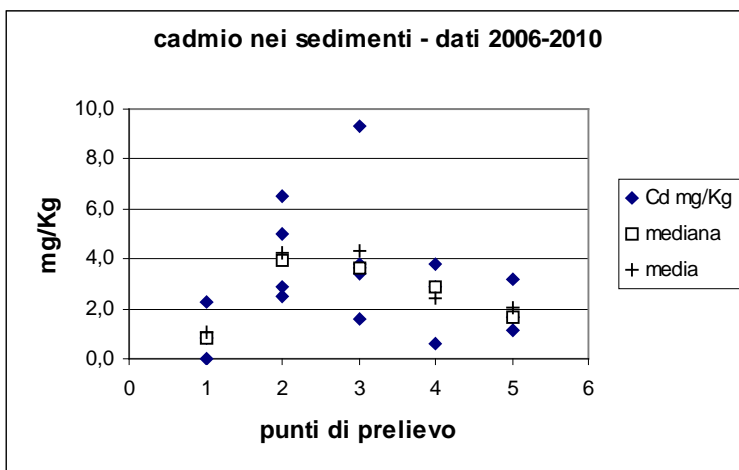
Il ferro rappresenta il principale elemento del drenaggio acido che emerge dalle discariche minerarie e dalla miniera di Campiano, la concentrazione di ferro, precipitato nei sedimenti come idrossido, aumenta notevolmente tra la stazione di Gabellino e quella posta a monte di Ribudelli, a conferma del contributo sostanziale delle discariche minerarie e da altri contributi come il Botro rosso. Un incremento è dovuto anche allo scarico della miniera di Campiano (vedere tabelle 2.a e 2.d).

Grafico 2.3 - arsenico



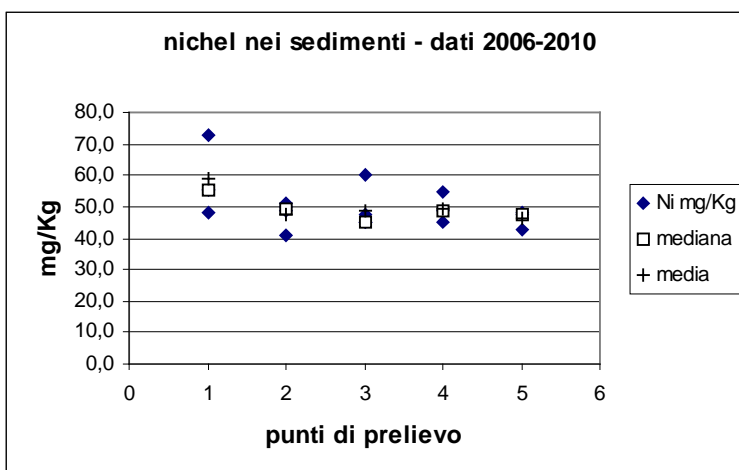
La concentrazione di arsenico nei sedimenti, probabilmente adsorbito all'idrossido di ferro, aumenta notevolmente tra la stazione di Gabellino e quella posta a monte di Ribudelli, a conferma del contributo sostanziale delle discariche minerarie. Lo scarico della miniera di Campiano non sembra fornire alcun contributo.

Grafico 2.4 - cadmio



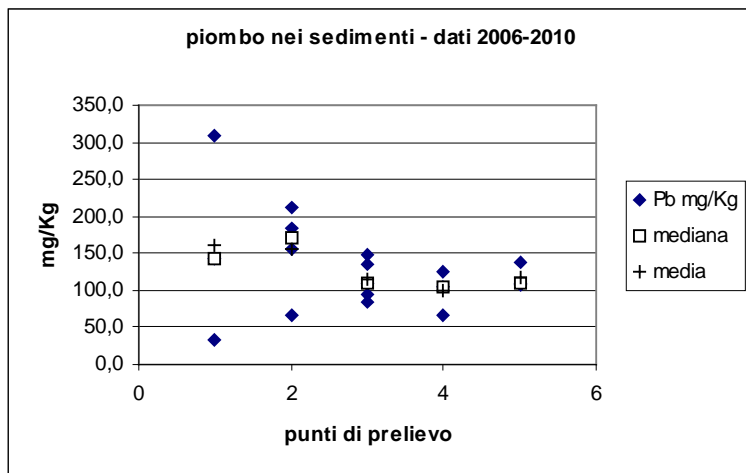
La concentrazione di cadmio nei sedimenti aumenta notevolmente tra la stazione di Gabellino e la stazione a monte di Ribudelli, anche in questo caso si ipotizza un contributo da parte delle discariche minerarie.

Grafico 2.5 – nichel



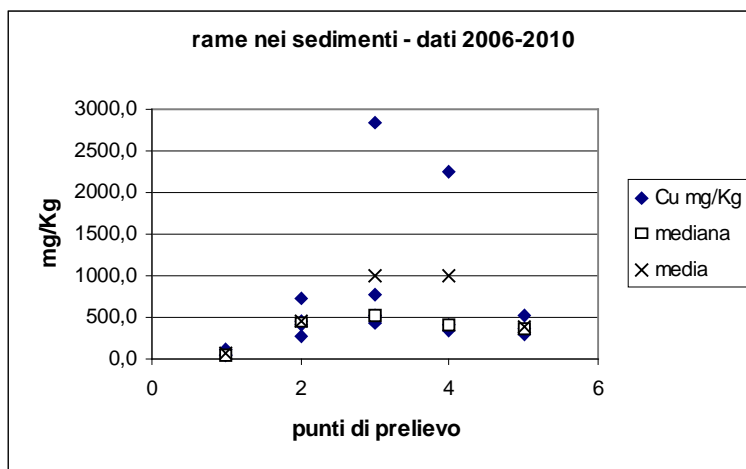
La concentrazione di nichel nei sedimenti non sembra soggetta ad alcun contributo di rilievo nel corso del Merse preso in esame.

Grafico 2.6 – piombo



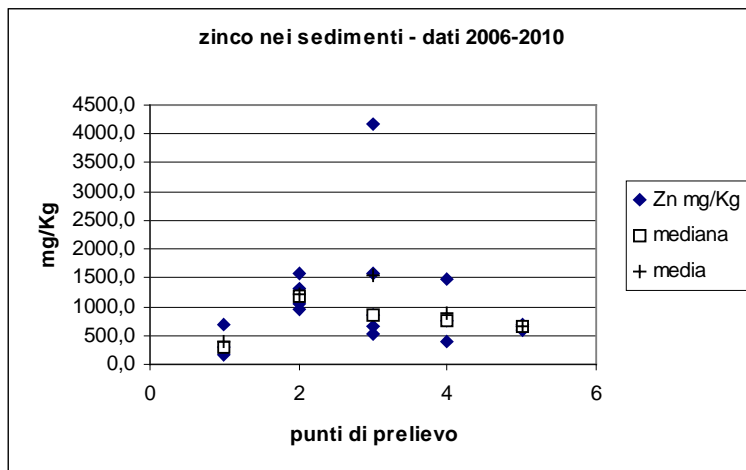
La concentrazione di piombo nei sedimenti sembra ricevere un debole contributo tra Gabellino e la stazione a monte di Ribudelli.

Grafico 2.7 – rame



La concentrazione di rame nei sedimenti subisce un progressivo incremento passando da Gabellino fino a valle del Ribudelli, segno evidente di un contributo delle aree minerarie presenti nel primo tratto del fiume compreso lo scarico di Campiano.

Grafico 2.8 – zinco



La concentrazione di zinco nei sedimenti subisce un incremento a monte di Ribudelli e presenta una sostanziale stabilità nelle due stazioni successive.

I dati dei metalli e dell'arsenico nei sedimenti, rilevati dal 2006 al 2010, indicano una notevole variabilità dei risultati ottenuti, a testimoniare la notevole eterogeneità dei sedimenti indagati. Gli apporti nel sedimento degli elementi arsenico, cadmio, piombo e zinco sembrano provenire prevalentemente dalla zona a monte dell'immissione dello scarico della miniera di Campiano. Gli elementi ferro e rame, oltre che provenire dalle zone a monte del Ribudelli, subiscono un incremento anche a valle dello scarico di Campiano. L'alluminio subisce un incremento solo a valle dello scarico di Campiano.

Obiettivo 2. Caratteristiche delle acque provenienti dalla miniera di Campiano

Controllo delle caratteristiche delle acque che fuoriescono dalla miniera di Campiano al fine di verificare l'efficacia del sistema di depurazione.

Dai risultati riportati in allegato A è possibile dedurre le seguenti considerazioni.

2.1. Qualità delle acque emergenti dalla miniera di Campiano

Le acque che fuoriescono dalla miniera rappresentano una miscela delle acque provenienti dalla miniera del Merse (captate a livello + 300) e delle acque termali provenienti dal fondo della miniera di Campiano (sorgente + 38 e altre minori). La caratterizzazione chimico-fisica indica che i seguenti parametri superano i valori limite della tabella 3 dell'allegato 5 alla parte terza del D. Lgs. 152/06: pH, solfati, fluoruri, alluminio, cadmio, ferro, manganese, piombo, rame e zinco.

Tabella 2.a – Parametri critici delle acque in uscita dalla miniera di Campiano prima del trattamento depurativo (controlli 2010).

acqua in uscita dalla miniera prima del trattamento depurativo, monitoraggio
2010

	pH	SOLFATI	FLORURI	Al	Cd	Fe	Mn	Pb	Cu	Zn	As
		mg/l	mg/l	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Numero dati	13	13	12	13	13	13	13	13	13	13	13
Media (xm)	3,8	3397	2	95	0,05	474	18	0,4	7,2	18,1	0,3
Scarto tipo (s)	0,5	1241	2	44	0,03	143	5	0,2	7,1	6,5	0,2
CV%	13	37	115	46	55	30	31	37	99	36	73
Minimo	2,9	1745	0	41	0,02	307	9	0,2	0,7	10,7	0,0
Massimo	4,4	6485	6	168	0,10	764	27	0,7	27,1	30,7	0,7
Escursione (Range)	1,6	4740	6	128	0,08	457	17	0,5	26,3	20,1	0,7
Mediana	3,9	3370	1	91	0,05	507	19	0,4	5,8	17,6	0,3
Distribuzione normale											
col test Shapiro-Wilks 5%	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI
Presenza di dati anomali											
col test Dixon - 5%	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO
valore limite(1)	5,5- 9,5	1000	6	1	0,02	2	2	0,2	0,1	0,5	0,5

(1) tabella 3, allegato 5, parte terza, D.Lgs. 152/06

Nei seguenti grafici 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10 2.11 sono riportati gli andamenti dei parametri che caratterizzano l'uscita della miniera di Campiano a partire dal 2004 fino al 2010 compreso.

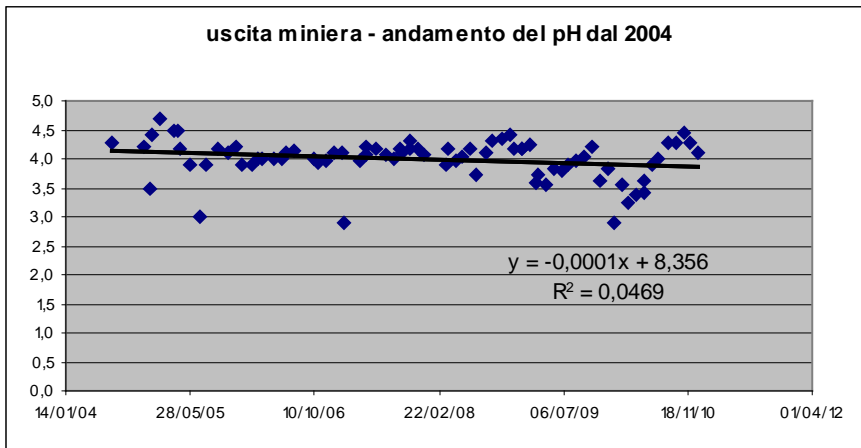


Grafico 2.1 – andamento del parametro pH dal 2004 al 2010

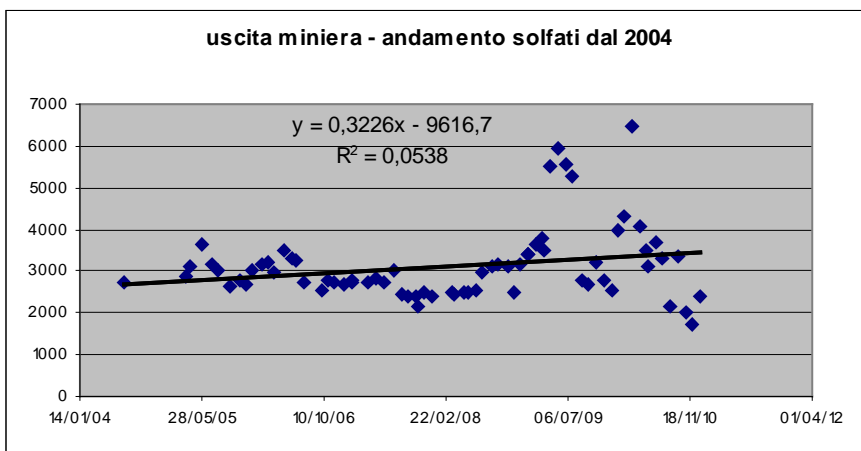


Grafico 2.2 – andamento del parametro solfati dal 2004 al 2010.

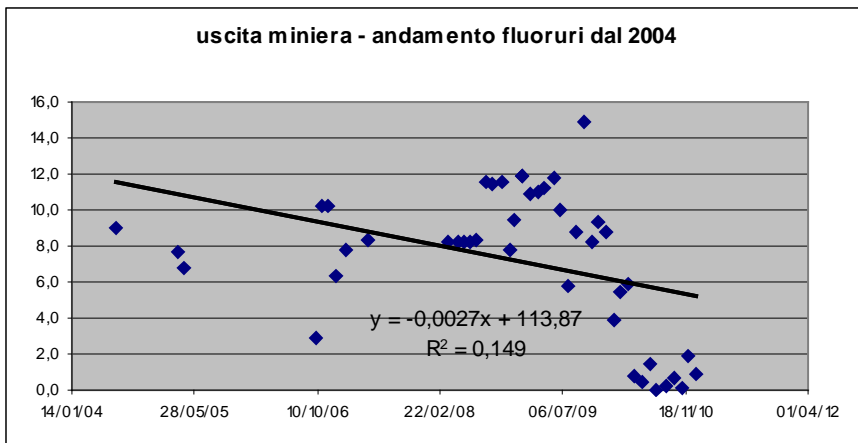


Grafico 2.3 – andamento del parametro fluoruri dal 2004 al 2010.

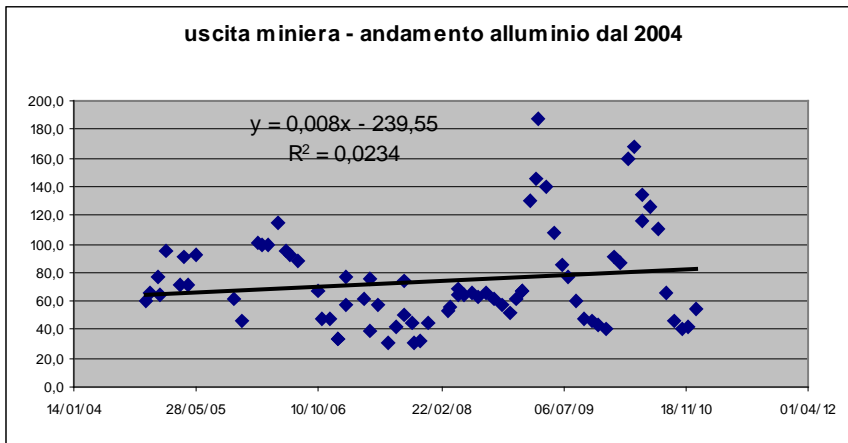


Grafico 2.4 – andamento del parametro alluminio dal 2004 al 2010.

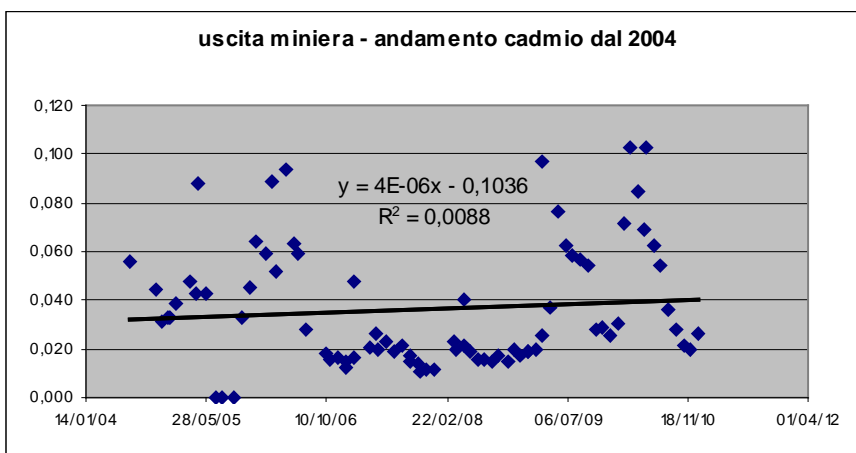


Grafico 2.5 – andamento del parametro cadmio dal 2004 al 2010.

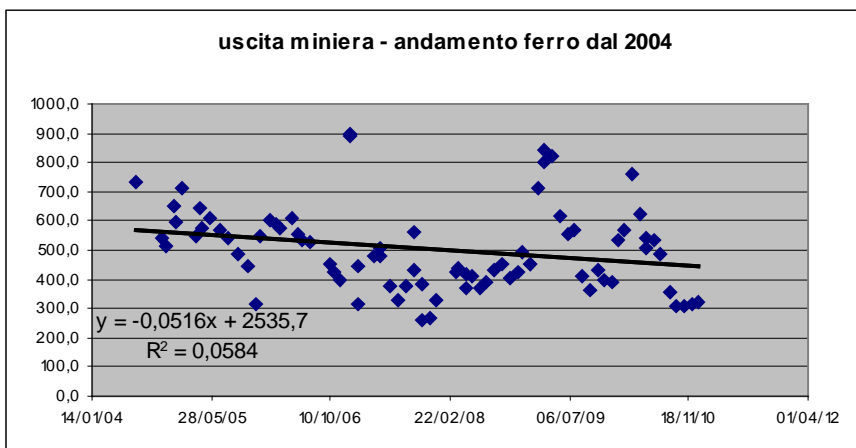


Grafico 2.6 – andamento del parametro ferro dal 2004 al 2010.

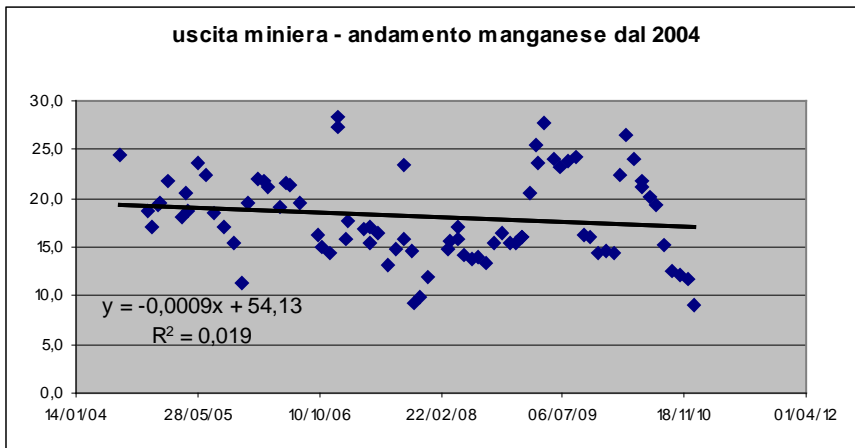


Grafico 2.7 – andamento del parametro manganese dal 2004 al 2010.

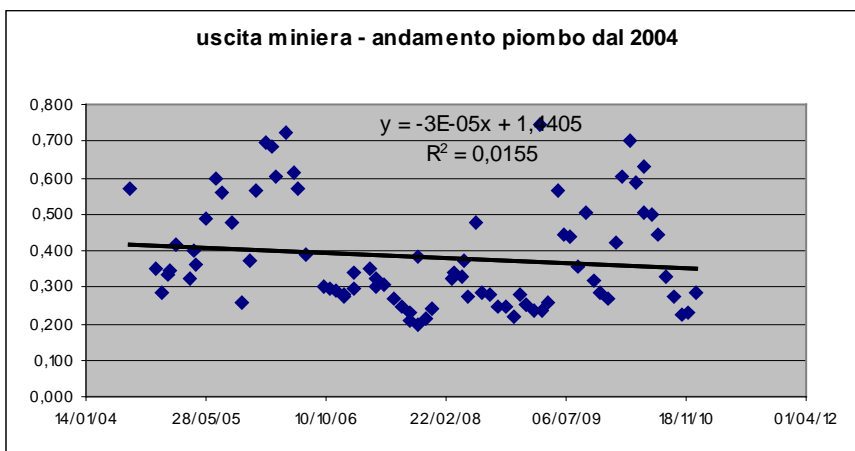


Grafico 2.8 – andamento del parametro piombo dal 2004 al 2010.

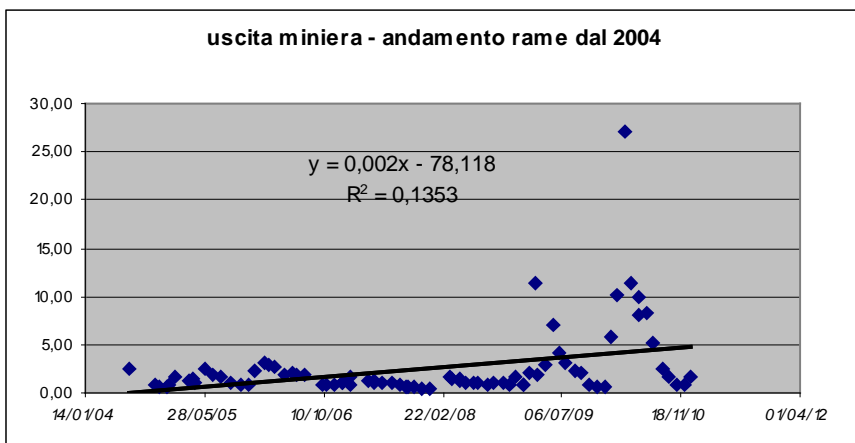


Grafico 2.9 – andamento del parametro rame dal 2004 al 2010.

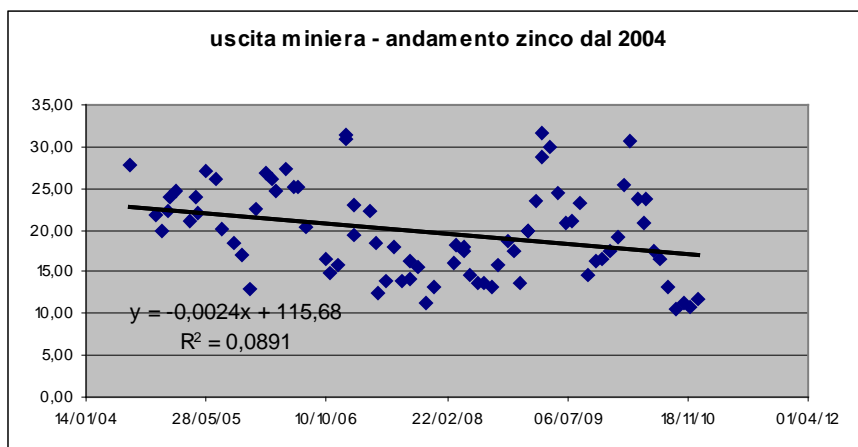


Grafico 2.10 – andamento del parametro zinco dal 2004 al 2010.

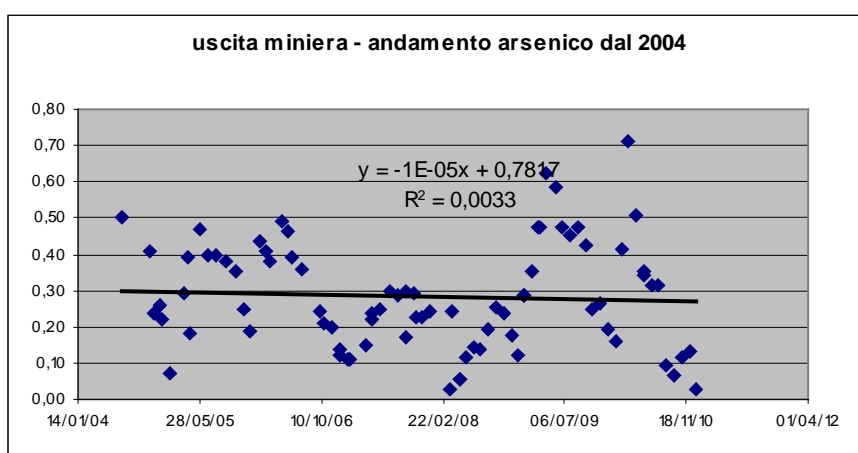


Grafico 2.11 – andamento del parametro arsenico dal 2004 al 2010.

Per tutti i parametri considerati è possibile osservare importanti oscillazioni delle concentrazioni negli ultimi due anni con un incremento notevole della variabilità. I due picchi annuali delle concentrazioni potrebbero essere correlati con l'andamento delle precipitazioni atmosferiche e del conseguente aumento del fenomeno del drenaggio acido proveniente dall'area della vecchia miniera del Merse.

In tabella 2.b, per ciascuna sostanza considerata, è riportato l'andamento calcolato attraverso la statistica parametrica nel periodo 2004-2008. In tabella 2.c è riportato, per le stesse sostanze, l'andamento calcolato attraverso la statistica parametrica nel periodo 2004-2010.

tabella 2.b

Valutazione della significatività statistica degli andamenti nel periodo 2004-2008, calcolo del coefficiente di correlazione "r" (p < 0,05)

parametro	pH	solforati	fluoruri	alluminio	cadmio	ferro	manganese	piombo	rame	zinco	arsenico
n	52	44	19	49	51	54	54	54	54	53	54
r ²	0,093	0,833	0,171	0,179	0,224	0,294	0,263	0,251	0,118	0,339	0,270
r	0,305	0,913	0,413	0,423	0,473	0,542	0,513	0,501	0,344	0,582	0,520
r tabulato	0,211	0,232	0,443	0,273	0,273	0,261	0,261	0,261	0,261	0,261	0,261
risultato	stabile	riduzione	stabile	riduzione	riduzione	riduzione	riduzione	riduzione	riduzione	riduzione	riduzione

tabella 2.c

Valutazione della significatività statistica degli andamenti nel periodo 2004-2010, calcolo del coefficiente di correlazione "r" (p < 0,05)

parametro	pH	solforati	fluoruri	alluminio	cadmio	ferro	manganese	piombo	rame	zinco	arsenico
n	78	71	43	75	80	80	80	80	80	79	80
r ²	0,047	0,054	0,149	0,023	0,009	0,058	0,019	0,016	0,1349	0,089	0,0033
r	0,217	0,232	0,386	0,153	0,094	0,242	0,138	0,124	0,367	0,298	0,057
r tabulato	0,224	0,232	0,304	0,224	0,217	0,217	0,217	0,217	0,217	0,217	0,217
risultato	stabile	aumento	riduzione	stabile	stabile	riduzione	stabile	stabile	aumento	riduzione	stabile

Il confronto con le tabelle 2.b e 2.c indica che i picchi di concentrazione rilevati nel 2009-2010 hanno determinato una modifica dei trend storici per i parametri solforati e rame, che tendono all'aumento, mentre, per le altre sostanze, è confermato uno stato stazionario (pH, alluminio, cadmio, manganese, piombo, arsenico) o un trend in diminuzione (fluoruri, ferro, zinco).

2.2. Qualità delle acque di scarico provenienti dall'impianto di trattamento chimico-fisico delle acque emergenti dalla miniera di Campiano

L'impianto di trattamento attualmente in esercizio presso la miniera di Campiano abbate in maniera efficace la maggior parte dei contaminanti che fuoriescono dalla miniera con esclusione dei parametri: solforati, fluoruri, alluminio e ferro. Opportuno segnalare che il rame ha, occasionalmente, presentato valori superiori al limite di legge per le acque di scarico.

La qualità del reflu in uscita dall'impianto di depurazione si è mantenuta stazionaria rispetto agli anni precedenti.

Tabella 2.d - Parametri relativi allo scarico impianto di trattamento chimico-fisico delle acque emergenti dalla miniera di Campiano (controlli 2010)

scarico impianto di trattamento, monitoraggio 2010

	pH	SOLFATIFLORURIALI			Cd	Fe	Mn	Pb	Cu	Zn	As
		mg/l	mg/l	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Numero dati	13,0	13	12	13	13	13	13	13	13	13	13
Media (xm)	8,7	2504	2	5		4	0,352	0,003	0,089	0,127	0,002
Scarto tipo (s)	0,4	506	2	4		3	0,355	0,003	0,068	0,090	0,002
CV%	4,4	20	101	77		84	101	112	77	71	101
Minimo	8,2	1850	0	0		1	0,057	0,0001	0,003	0,028	0,0001
Massimo	9,4	3389	8	13		10	1,246	0,012	0,253	0,317	0,005
Escursione (Range)	1,2	1538	8	12		10	1,189	0,012	0,250	0,289	0,005
Mediana	8,7	2443	2	5		3	0,263	0,002	0,096	0,105	0,001
Distribuzione normale col test Shapiro-Wilks 5%	SI	SI	SI	SI		SI	NO	NO	SI	SI	NO
Presenza di dati anomali col test Dixon - 5%	NO	NO	SI	NO		NO	SI	NO	NO	NO	NO
valore limite(1)	9,5	1000	6	1	0,02	2	2	0,2	0,1	0,5	0,5

(1) tabella 3, allegato 5, parte terza, D.Lgs. 152/06

(2) tutti i valori rilevati da Biochimie inferiori a limite di quantificazione (0,00005 mg/L); valore rilevato da ARPAT 0,0024 mg/L

in grassetto sono riportati i parametri con valori medi o massimi fuori norma

Obiettivo 3. Controllo delle acque di drenaggio della miniera del Merse mediante il pozzo Serpieri (Determinazione delle caratteristiche mediante il monitoraggio delle sonde posizionate nel Pozzo Serpieri)

Il Pozzo Serpieri posto ad una quota di 441 m s.l.m., rappresentava il principale accesso in sotterraneo della vecchia miniera “Merse”, mentre, ai primi 6 livelli, sovrastanti il pozzo, si accedeva tramite uscite a giorno.

Nel pozzo sono state collocate due sonde rispettivamente a circa 10 m e circa 45 m sotto il pelo libero dell’acqua, il cui livello oscilla tra i 25 ÷ 27 m da bocca pozzo.

Questo per monitorare le acque di drenaggio dei due livelli di gallerie, che presentano caratteristiche diverse tra loro: quella superiore (SER 1) risente delle piogge e presenta una maggiore variabilità, quella inferiore (SER 2), più acida, presenta caratteristiche più costanti nel tempo.

3.1 – Andamento del pH tra la parte alta e quella bassa del pozzo Serpieri

In tabella 3.1.a è riportata la statistica descrittiva in relazione al parametro pH. In tabella 3.1.b. è riportato il calcolo statistico che dimostra la differenza significativa tra i due valori medi, in particolare il confronto statistico dei dati registrati nell’anno 2010 depone per due popolazioni con valori medi di pH diversi (test t Student: $p = 0,011750211$, $n = 9$). In figura 3.1.1 è riportato l’andamento del parametro pH in corrispondenza dei due punti di misura serpieri 1 e serpieri 2. In fig 3.1.2 è riportata la correlazione tra le misure del parametro pH effettuate nei due punti di misura. Gli andamenti del pH non risultano correlati ($n=9$; $r=0,393573$; r tabulato= $0,6664$; per $p=0,05$).

Dal monitoraggio 2010 è possibile dedurre che il pH medio nella parte alta, serpieri 1, si presenta più elevato (3,59) rispetto alla parte bassa, serpieri 2, (2,87) dove, probabilmente è maggiore

l'effetto del drenaggio acido di miniera. L'andamento dell'acidità nella parte alta non è correlato con l'andamento della parte bassa.

Tabella 3.1.a – pozzo Serpieri monitoraggio pH anno 2010

	Serpieri 1	Serpieri 2
Numero dati	9	9
Media (xm)	3,59	2,87
Varianza	0,39	0,19
Scarto tipo (s)	0,62	0,43
CV%	17	15
Minimo	2,63	2,17
Massimo	4,85	3,53
Escursione (Range)	2,22	1,36
Mediana	3,56	2,83
Indice di asimmetria	0,722847892	0,24968409
Indice di curtosi	1,556905458	-0,101566617
Distribuzione normale col test Shapiro-Wilks 5%	SI	SI
Presenza di dati anomali col test Dixon - 5%	NO	NO

Tabella 3.1.b – confronto statistico tra i valori di pH rilevati nel serpieri superiore (1) ed inferiore (2)

test t Student

Serpieri 1	Serpieri 2
2,63	2,17
3,18	3,02
3,59	2,57
3,37	2,59
4,85	2,83
3,95	3,53
3,56	3,48
3,23	2,81
3,94	2,83

p 0,011750211

Fig. 3.1.1. Andamento nel tempo del parametro pH – anno 2010.

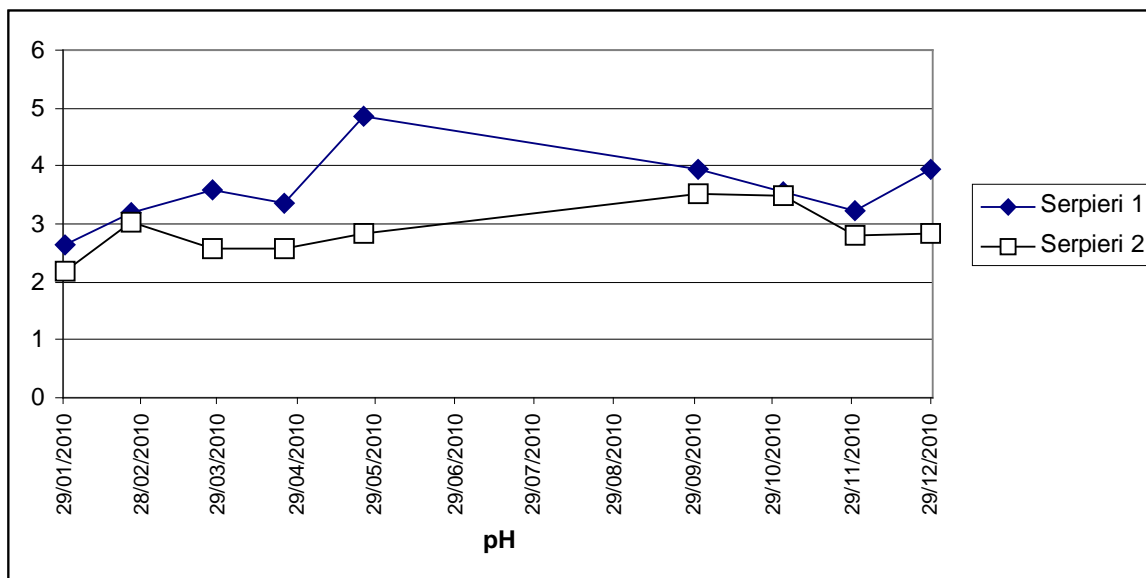
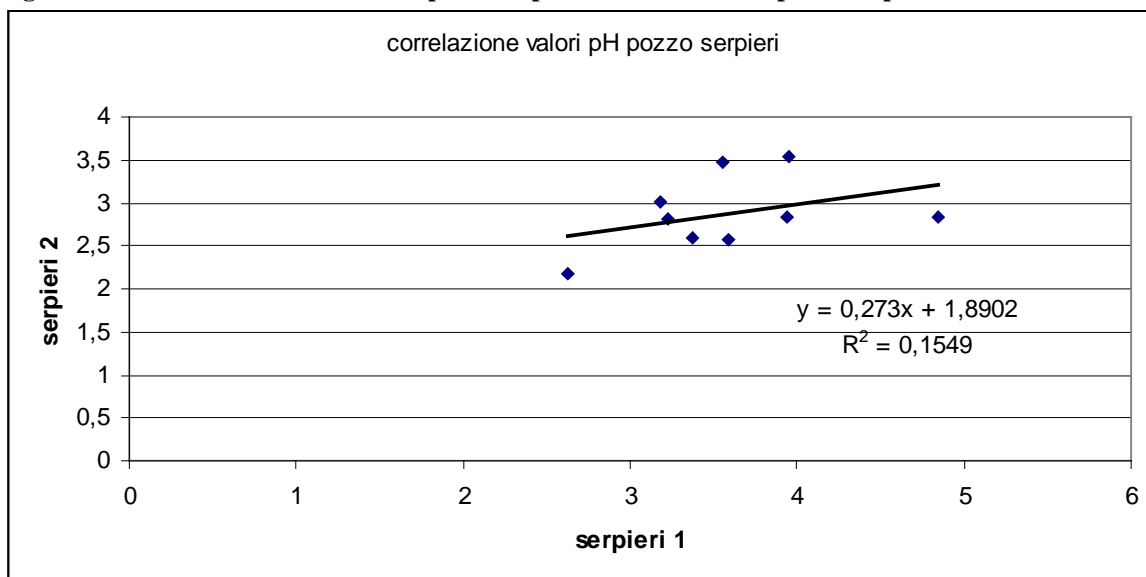


Fig. 3.1.2. Correlazione tra i valori di pH nella parte alta e bassa del pozzo serpieri – anno 2010.



Obiettivo 4. Controllo delle caratteristiche delle sorgenti presenti nell'area vasta Merse-Campiano

4.1 Controllo delle caratteristiche delle sorgenti nell'area vasta

Come già detto nelle relazioni degli anni precedenti, scopo principale di questo monitoraggio è avere dei riferimenti per valutare, nel tempo, gli eventuali impatti sulle falde acquifere della zona dovuti agli interventi di bonifica, che si andranno a realizzare. Le sorgenti e pozzi monitorati sono tutti interni al sottobacino del fiume Merse oggetto di monitoraggio, ad eccezione della sorgente Fonteverdi (FVE) posta nell'alto bacino del fiume Farma (vedere quadro d'insieme riportato in allegato C).

Nel 2010, alla sorgente Le Vene sono stati effettuati 6 campionamenti, per gli altri punti Biochemie ha effettuato 2 campioni ciascuno.

I valori rilevati nel 2010 sono stabili, infatti rientrano nell'intervallo di variabilità, corrispondente a due volte la deviazione standard, parametro preso a riferimento per valutare gli scostamenti.

I risultati analitici completi sono riportati nella scheda in allegato "C".

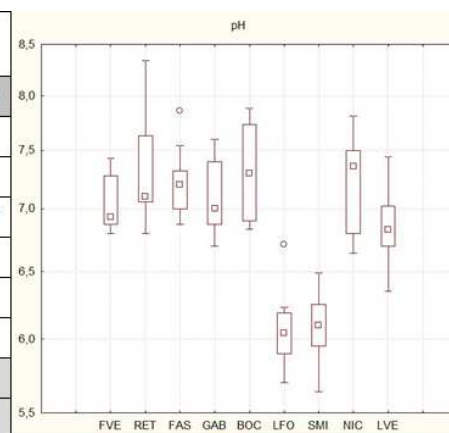
Nelle tabelle seguenti, per ogni punto è stato calcolato il valore medio, la mediana, la Deviazione Standard, i valori minimo e massimo ed i valori relativi al 25% (primo quartile) e 75% (terzo quartile) della popolazione campionata. Per questi ultimi, primo e terzo quartile, sono evidenziati i valori che superano i limiti imposti dalla normativa di riferimento.

Accanto ad ogni tabella è riportato un grafico “Boxplot” dove sono sintetizzati i dati statistici principali; le estremità della “scatola” sono determinate dai valori Q1 e Q3, il quadrato interno è la mediana ed i “baffi” si estendono rispettivamente fino al valore massimo e minimo. Gli asterischi ed i cerchi, eventualmente presenti, rappresentano valori isolati fuori range (outliers). I dati sono su scala logaritmica per consentire il confronto tra i vari punti di campionamento che, per alcuni parametri, presentano differenze notevoli.

I punti monitorati sono indicati con le seguenti sigle: sorgente Fonteverdi (FVE), sorgente Reticaggio (RET), sorgente Fonte asciutta (FAS), pozzo Gabellino (GAB), sorgente Boccheggiano (BOC), sorgente La Fontina (LFO), pozzo Sondaggio minerario (SMI), sorgente Fonte di Niccolò (NIC), sorgente Le Vene (LVE).

Tab.4.1. – pH

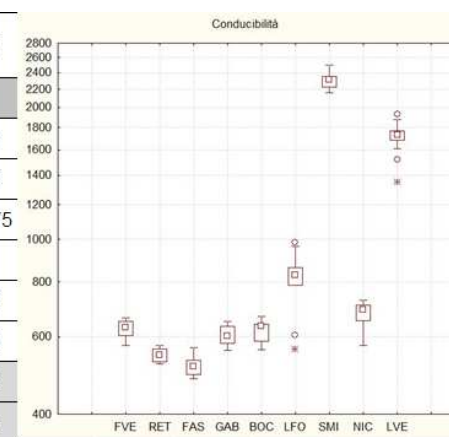
pH	FVE	RET	FAS	GAB	BOC	LFO	SMI	NIC	LVE
Limite DLgs.31/01	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5
Media	7,1	7,4	7,2	7,1	7,3	6,1	6,1	7,3	6,9
Mediana	6,9	7,1	7,2	7,0	7,3	6,0	6,1	7,4	6,8
StDev	0,2294	0,5065	0,2878	0,2822	0,3743	0,2811	0,2364	0,4270	0,2607
Validi	11	11	11	11	11	10	11	9	33
min	6,8	6,8	6,9	6,7	6,8	5,7	5,6	6,6	6,4
max	7,4	8,3	7,9	7,6	7,9	6,7	6,5	7,8	7,4
25° perc.	6,9	7,1	7,0	6,9	6,9	5,9	6,0	6,8	6,7
75° perc.	7,3	7,6	7,3	7,4	7,7	6,2	6,3	7,5	7,0



La variabilità per l'unità di pH è piuttosto limitata. La sorgente “La Fontina” ed il “Sondaggio Minerario”, legati a pregresse attività minerarie, presentano valori inferiori al limite minimo di riferimento.

Tab.4.2. - Conducibilità

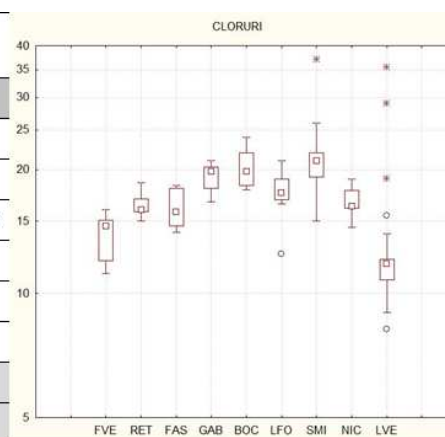
Cond	FVE	RET	FAS	GAB	BOC	LFO	SMI	NIC	LVE
Limite DLgs.31/01	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
Media	626	545	515	605	622	807	2299	677	1721
Mediana	631	545	514	603	635	829	2310	693	1733
StDev	29,001	19,183	25,224	28,824	33,045	135,080	93,976	48,361	102,975
Validi	11	11	11	11	11	10	11	9	33
min	574	521	482	558	561	563	2160	574	1350
max	662	573	567	652	667	984	2500	727	1932
25° perc.	605	526	493	581	586	788	2223	653	1682
75° perc.	652	563	531	634	642	862	2350	708	1765



La conducibilità, pur mantenendosi inferiore al limite di riferimento in tutti i punti, presenta, nel 75% dei casi valori maggiori di 500 µS/cm in tutte le sorgenti, mentre alle sorgenti “Le Vene” (LVE) supera i 1700 µS/cm ed al “Sondaggio minerario” (SMI) supera i 2300 µS/cm.

Tab.4.3. - Cloruri

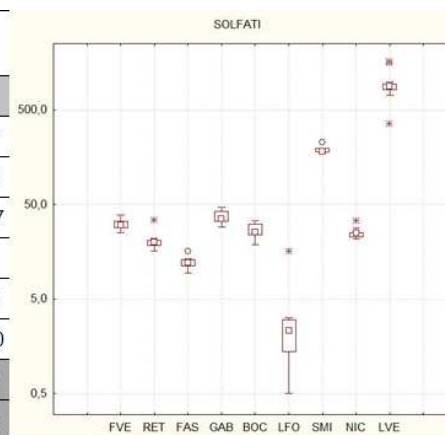
CI	FVE	RET	FAS	GAB	BOC	LFO	SMI	NIC	LVE
Limite DLgs.31/01	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Media	13,78	16,31	15,95	19,36	20,16	17,70	22,14	16,70	13,11
Mediana	14,60	16,00	15,80	19,80	19,80	17,60	21,00	16,30	11,80
StDev	1,7954	0,9679	1,5636	1,3276	2,0781	2,4106	5,5936	1,4654	5,5146
Validi	11	11	11	11	11	10	11	9	33
min	11,20	15,00	14,10	16,70	17,90	12,50	15,00	14,50	8,20
max	16,00	18,60	18,30	21,00	24,00	21,00	37,00	19,00	35,50
25° perc.	12,00	15,80	14,60	18,00	18,30	16,90	19,20	16,10	10,80
75° perc.	15,10	17,00	18,00	20,30	22,00	19,00	22,00	17,80	12,10



Si conferma, per tutti i punti monitorati, i cloruri sono, di un ordine di grandezza, inferiori al limite di riferimento.

Tab.4.4. - Solfati

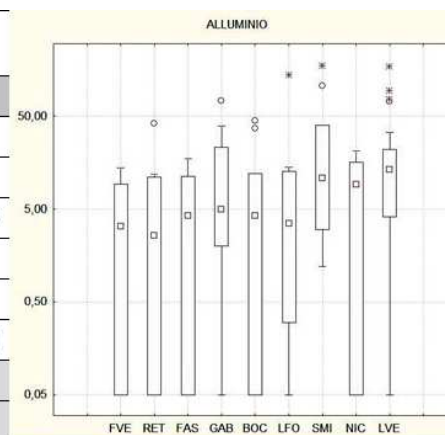
SO ₄ ⁼	FVE	RET	FAS	GAB	BOC	LFO	SMI	NIC	LVE
Limite DLgs.31/01	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Media	30,90	20,51	12,27	36,99	26,57	3,37	187,17	25,20	907,37
Mediana	30,40	20,00	12,20	35,30	25,60	2,30	182,00	24,90	890,00
StDev	3,694	4,793	1,691	6,157	4,533	4,535	15,295	3,695	211,037
Validi	11	11	11	11	11	10	11	9	33
min	25,20	16,10	9,40	28,80	18,90	0,50	175,00	21,70	356,30
max	39,00	33,90	16,00	47,00	34,00	16,00	227,90	33,50	1623,60
25° perc.	28,50	18,50	11,30	33,30	24,00	1,40	178,00	22,60	819,50
75° perc.	32,90	21,00	13,00	42,00	30,90	3,00	194,00	25,10	930,00



I solfati mostrano tenori decisamente bassi, ben inferiori al limite di riferimento, in tutti i punti monitorati ad eccezione delle sorgenti “le Vene” (LVE), dove sono in concentrazione prossima al grammo/litro.

Tab.4.5. - Alluminio

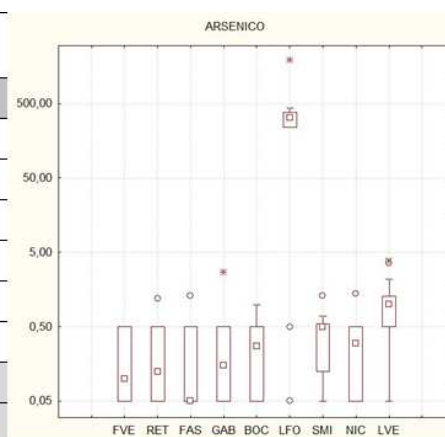
Al	FVE	RET	FAS	GAB	BOC	LFO	SMI	NIC	LVE
Limite DLgs.31/01	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Media	4,70	7,31	6,21	14,90	10,40	20,08	28,98	8,59	23,30
Mediana	3,25	2,60	4,20	5,00	4,20	3,50	5,70	9,20	13,40
StDev	5,021	12,037	5,921	22,614	15,668	44,437	55,402	8,291	34,360
Validi	10	11	11	11	11	9	9	9	33
min	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	1,20	0,05	0,05
max	13,80	41,40	17,30	73,00	45,00	137,70	173,00	21,00	170,00
25° perc.	0,05	0,05	0,05	2,00	0,05	0,30	3,00	0,05	4,10
75° perc.	9,20	11,00	11,30	23,00	12,00	12,80	16,40	16,00	22,00



L'alluminio presenta, in tutti i punti una notevole variabilità. Comunque i valori di concentrazione, eccetto alcuni valori outliers alla sorgente “La Fontina” (LFO), al “Sondaggio Minerario” (SMI) ed alle sorgenti “Le Vene” (LVE), sono di un ordine di grandezza inferiori al limite di riferimento.

Tab.4.6. - Arsenico

As	FVE	RET	FAS	GAB	BOC	LFO	SMI	NIC	LVE
Limite DLgs.31/01	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Media	0,23	0,29	0,28	0,42	0,30	422,21	0,43	0,37	1,18
Mediana	0,05	0,13	0,05	0,15	0,28	325,55	0,50	0,30	1,00
StDev	0,221	0,346	0,376	0,744	0,290	543,126	0,356	0,424	1,017
Validi	11	12	12	12	12	10	12	9	33
min	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
max	0,50	1,20	1,30	2,70	1,00	1909,00	1,30	1,40	3,80
25° perc.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	240,00	0,13	0,05	0,50
75° perc.	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	378,90	0,55	0,50	1,30

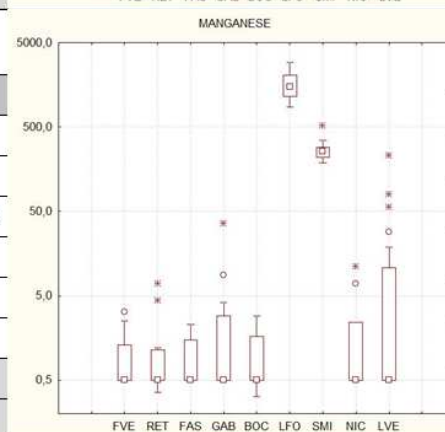
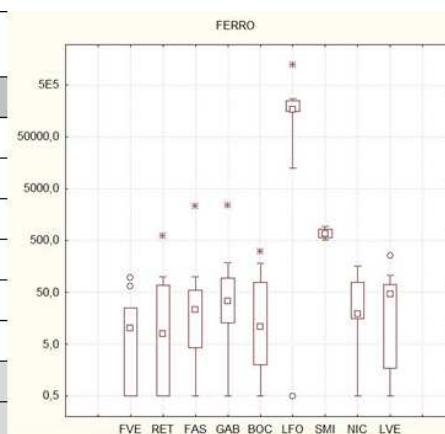


Alla sorgente “La Fontina” (LFO), esclusi alcuni valori outlier, si rilevano concentrazioni decisamente elevate. Questa sorgente, come già detto, scaturisce da un’area oggetto di pregressa attività mineraria. Negli altri punti monitorati, l’arsenico è quasi sempre inferiore al limite di rilevabilità.

Tab.4.7. - Ferro e Manganese

Fe	FVE	RET	FAS	GAB	BOC	LFO	SMI	NIC	LVE
Limite DLgs.31/01	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Media	21,3	75,5	217,5	245,4	58,2	152048	685,0	47,6	47,8
Mediana	10,1	8,0	23,4	34,0	11,0	167600	665,4	19,1	46,0
StDev	31,2	176,1	654,9	674,2	96,6	92368,6	148,5	54,0	52,5
Validi	11	12	12	12	12	9	12	9	33
min	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	509,0	0,5	0,5
max	96,4	623,6	2295,0	2379,0	304,9	272300	940,1	161,2	257,4
25° perc.	0,5	0,5	4,3	13,0	2,0	156000	560,1	15,8	1,7
75° perc.	25,0	68,5	54,5	93,8	77,0	175500	821,2	78,3	70,3

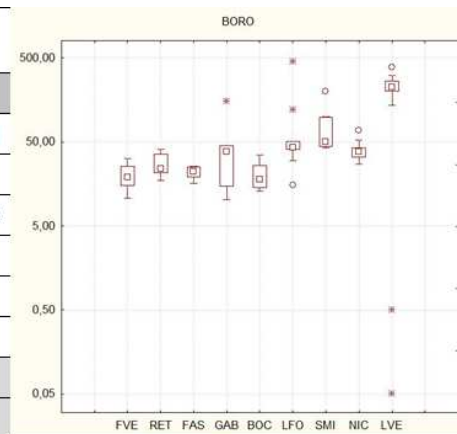
Mn	FVE	RET	FAS	GAB	BOC	LFO	SMI	NIC	LVE
Limite DLgs.31/01	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Media	1,1	1,5	1,0	4,6	1,0	1612,5	272,8	2,6	15,1
Mediana	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1487,5	258,5	0,5	0,5
StDev	0,945	2,071	0,715	10,185	0,818	598,610	88,351	3,800	42,013
Validi	11	12	12	12	12	10	12	9	33
min	0,5	0,4	0,5	0,5	0,3	857,8	185,8	0,5	0,5
max	3,2	7,0	2,3	36,0	2,9	2891,0	514,0	11,0	229,4
25° perc.	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1164,0	217,0	0,5	0,5
75° perc.	1,3	1,2	1,5	2,9	1,7	2048,0	287,7	2,4	10,8



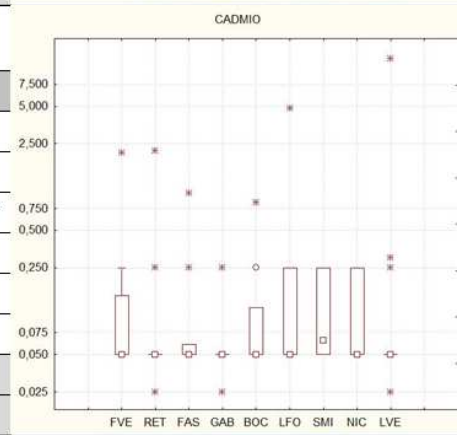
Si conferma la notevole concentrazione di Ferro e manganese alla sorgente “La Fontina” (LFO) ed al “Sondaggio minerario” (SMI) dove i due elementi sono presenti in quantità sempre superiore al limite di riferimento. Alle altre sorgenti, i due elementi, sono presenti in concentrazione notevolmente inferiore al limite di riferimento.

Tab.4.8. – boro, cadmio, cromo, nichel, piombo, rame e vanadio.

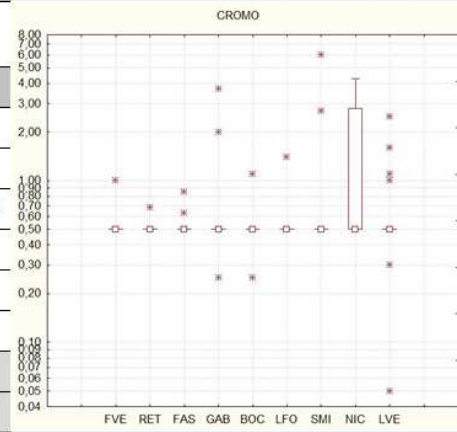
B	FVE	RET	FAS	GAB	BOC	LFO	SMI	NIC	LVE
Limite DLgs.31/01	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Media	20,46	27,7	21,918	39,755	20,573	93,1	72,84	41,189	219,01
Mediana	18,9	24	22	38	18	43	50,4	38,3	224,4
StDev	7,0372	8,3909	3,4487	39,996	7,5213	137,33	49,112	12,708	74,709
Validi	10	11	11	11	11	9	10	9	33
min	10,7	17,4	16,1	10,3	12,9	15,2	42,5	27,2	0,05
max	31,5	41	25,6	152,4	35,2	451	198,1	69	384,8
25° perc.	15,3	21,4	19	15	14,3	40,5	44	33	201,9
75° perc.	25,5	35,5	25,3	45,2	25,9	50,2	98,2	42,5	264,1



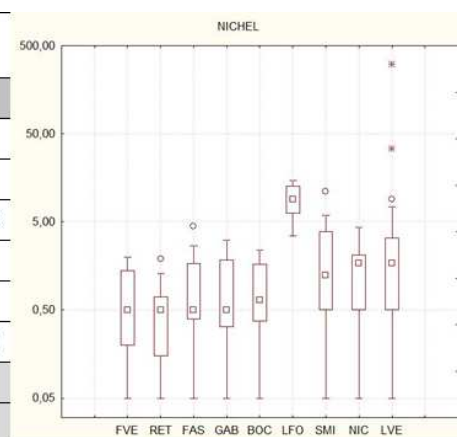
Cd	FVE	RET	FAS	GAB	BOC	LFO	SMI	NIC	LVE
Limite DLgs.31/01	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Media	0,33	0,31	0,18	0,09	0,17	0,76	0,13	0,11	0,43
Mediana	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,05	0,05
StDev	0,7181	0,7126	0,3149	0,0901	0,2608	1,7843	0,1009	0,0976	2,0777
Validi	8	9	9	9	9	7	8	7	33
min	0,05	0,03	0,05	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03
max	2,10	2,20	1,00	0,25	0,84	4,80	0,25	0,25	12,00
25° perc.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
75° perc.	0,15	0,05	0,06	0,05	0,12	0,25	0,25	0,25	0,05



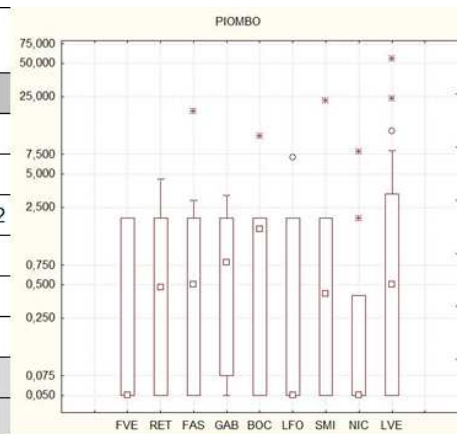
Cr	FVE	RET	FAS	GAB	BOC	LFO	SMI	NIC	LVE
Limite DLgs.31/01	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Media	0,61	0,52	0,55	0,95	0,54	0,61	1,27	1,37	0,62
Mediana	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
StDev	0,2205	0,0569	0,1137	1,0838	0,2135	0,3182	1,8000	1,5500	0,4880
Validi	9	10	10	10	10	8	10	7	33
min	0,50	0,50	0,50	0,25	0,25	0,50	0,50	0,50	0,05
max	1,00	0,68	0,85	3,70	1,10	1,40	6,00	4,30	2,50
25° perc.	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
75° perc.	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	2,80	0,50



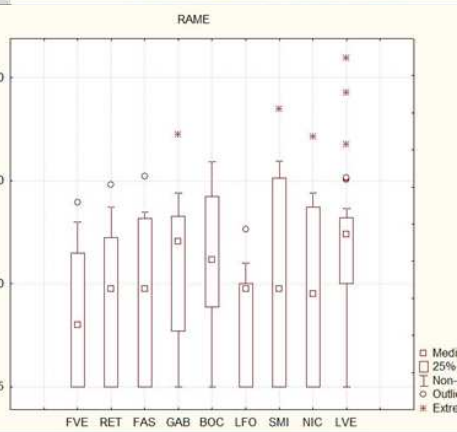
Ni	FVE	RET	FAS	GAB	BOC	LFO	SMI	NIC	LVE
Limite DLgs.31/01	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Media	0,86	0,58	1,18	1,05	0,97	8,98	2,62	1,76	12,40
Mediana	0,50	0,50	0,50	0,50	0,65	9,10	1,25	1,70	1,70
StDev	0,701	0,545	1,319	0,987	0,807	3,826	3,221	1,599	52,993
Validi	11	12	12	12	12	10	12	9	33
min	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	3,50	0,05	0,05	0,05
max	2,00	1,90	4,50	3,10	2,40	14,80	11,00	4,30	305,80
25° perc.	0,20	0,15	0,40	0,33	0,38	6,30	0,50	0,50	0,50
75° perc.	1,40	0,70	1,70	1,85	1,65	12,70	3,85	2,10	3,30



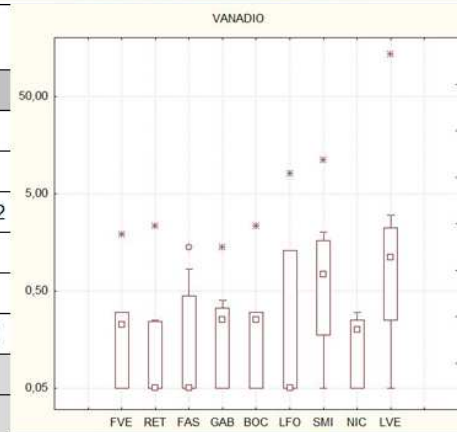
Pb	FVE	RET	FAS	GAB	BOC	LFO	SMI	NIC	LVE
Limite DLgs.31/01	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Media	0,91	1,33	2,38	1,10	1,86	1,29	2,67	1,18	4,02
Mediana	0,05	0,48	0,50	0,80	1,60	0,05	0,42	0,05	0,50
StDev	0,9886	1,6709	5,1485	1,0612	3,0181	2,2119	6,4657	2,6005	10,3142
Validi	11	12	12	12	12	10	12	9	33
min	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
max	2,00	4,50	18,40	3,20	11,00	7,10	23,00	7,90	55,20
25° perc.	0,05	0,05	0,05	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
75° perc.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,40	3,30



Cu	FVE	RET	FAS	GAB	BOC	LFO	SMI	NIC	LVE
Limite DLgs.31/01	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Media	0,6773	0,9992	1,1917	2,3042	2,0667	0,495	3,8833	2,4389	5,2409
Mediana	0,2	0,45	0,45	1,3	0,85	0,45	0,45	0,4	1,5
StDev	1,0013	1,4299	1,6398	3,8677	2,4809	0,4896	7,2046	4,3648	14,527
Validi	11	12	12	12	12	10	12	9	33
min	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
max	3,1	4,6	5,5	14	7,6	1,7	25	13,5	78,1
25° perc.	0,05	0,05	0,05	0,175	0,3	0,05	0,05	0,05	0,5
75° perc.	1	1,4	2,15	2,25	3,55	0,5	5,35	2,8	2,2



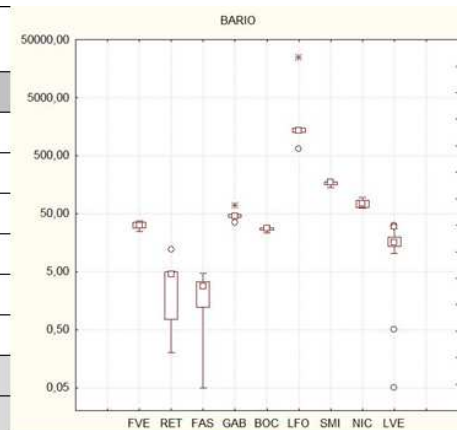
V	FVE	RET	FAS	GAB	BOC	LFO	SMI	NIC	LVE
Limite DLgs.31/01	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Media	0,39	0,36	0,36	0,34	0,40	1,39	2,02	0,16	5,24
Mediana	0,23	0,05	0,05	0,25	0,25	0,05	0,74	0,20	1,10
StDev	0,6209	0,7328	0,4747	0,4195	0,7215	2,9491	3,6873	0,1107	23,2092
Validi	8	9	9	9	9	7	8	7	33
min	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
max	1,90	2,30	1,40	1,40	2,30	8,00	11,00	0,30	134,40
25° perc.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,18	0,05	0,25
75° perc.	0,30	0,24	0,44	0,33	0,30	1,30	1,65	0,25	2,20



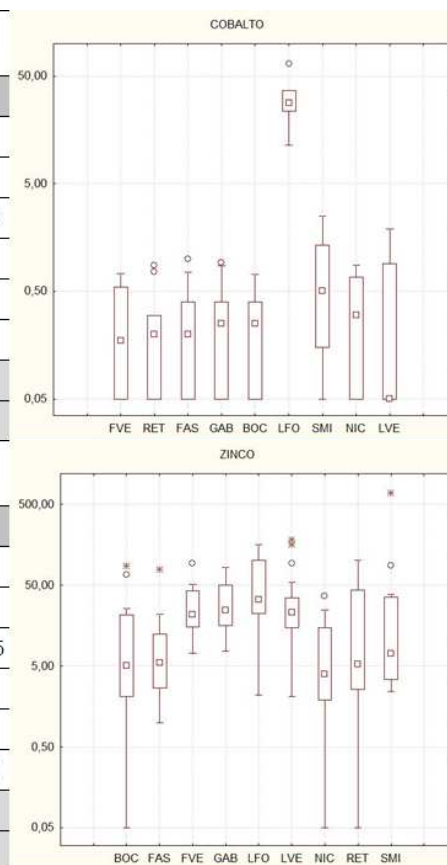
Boro, cadmio, cromo, nichel, piombo, rame e vanadio presentano, sempre ed in tutti i punti monitorati, valori nettamente inferiori al limite di riferimento.

Tab.4.9. – bario, cobalto, zinco.

Ba	FVE	RET	FAS	GAB	BOC	LFO	SMI	NIC	LVE
Limite DLgs.31/01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Media	31,34	4,10	2,43	47,11	27,45	4621,1	166,33	76,07	16,91
Mediana	31,40	4,55	2,80	45,25	27,85	1360,0	172,00	74,00	16,00
StDev	4,31	3,83	1,61	9,77	2,32	8915,68	13,39	11,78	6,84
Validi	7	8	8	8	8	7	7	7	32
min	24,70	0,20	0,05	34,90	23,40	648,7	139,90	62,90	0,05
max	37,20	12,00	4,70	69,00	31,00	24830,0	178,00	95,90	31,30
25° perc.	28,00	0,75	1,20	43,25	26,10	1252,0	158,70	63,80	13,65
75° perc.	35,70	5,00	3,35	48,00	28,65	1492,0	175,00	83,90	19,75

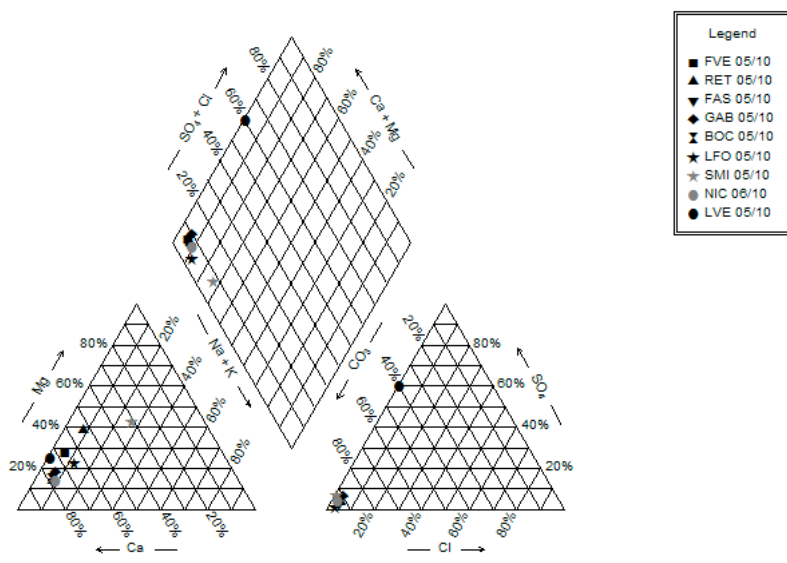


Co	FVE	RET	FAS	GAB	BOC	LFO	SMI	NIC	LVE
Limite DLgs.31/01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Media	0,29	0,29	0,31	0,33	0,29	31,37	0,82	0,33	0,45
Mediana	0,18	0,20	0,20	0,25	0,25	28,20	0,50	0,30	0,05
StDev	0,2918	0,3157	0,3471	0,3476	0,2770	16,7414	0,8656	0,3322	0,5198
Validi	8	9	9	9	9	7	8	7	33
min	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	11,40	0,05	0,05	0,05
max	0,73	0,87	1,00	0,93	0,72	64,90	2,50	0,88	1,90
25° perc.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	23,50	0,15	0,05	0,05
75° perc.	0,55	0,30	0,40	0,40	0,40	37,00	1,35	0,68	0,90
Zn	BOC	FAS	FVE	GAB	LFO	LVE	NIC	RET	SMI
Limite DLgs.31/01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Media	19,23	12,84	31,59	31,93	58,16	34,11	10,91	23,07	74,64
Mediana	5,10	5,50	21,90	24,55	33,10	23,25	4,00	5,25	7,15
StDev	28,202	21,116	24,513	23,037	51,254	39,350	12,852	31,662	193,485
Validi	12	12	11	12	10	32	9	12	12
min	0,05	1,00	7,20	7,60	2,20	2,10	0,05	0,05	2,40
max	86,00	77,00	94,00	83,00	160,10	180,00	37,00	102,60	684,00
25° perc.	2,10	2,70	15,10	15,95	22,20	14,90	1,90	2,55	3,40
75° perc.	21,55	12,50	43,00	50,00	103,00	34,75	15,00	44,00	35,50



Bario, cobalto, e zinco non sono normati dal DLgs.31/2001; da notare comunque le concentrazioni di bario e cobalto a La fontina (LFO), decisamente più elevate rispetto alle altre sorgenti.

Gli ultimi dati rilevati confermano quanto emerso in precedenza: alla sorgente “La Fontina” (LFO) si ha la peggiore qualità tra le acque monitorate; si conferma scadente quella del pozzo “Sondaggio Minerario” (SMI), entrambe legate a passate attività minerarie, ed alle sorgenti “Le Vene” (LVE), che sgorgano in prossimità e nel letto del fiume Merse, si ha una notevole concentrazione in solfati.



A lato è riportato il diagramma di Piper relativo al mix dei dati analitici rilevati nelle acque campionate nei vari punti.

Il diagramma Rappresenta graficamente le caratteristiche chimico-fisiche delle singole acque.

Il diagramma triangolare di sinistra caratterizza le acque in base ai cationi principali (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺ e K⁺)

Il diagramma triangolare di destra caratterizza le acque in base agli anioni principali (HCO₃⁻, SO₄⁻², Cl⁻).

Nel diagramma rombico le caratterizzazioni di ciascuna

acqua sono rappresentate dalle intersezioni delle due coordinate su Na^+ e K^+ e su HCO_3^- , passanti rispettivamente per gli omonimi punti del diagramma triangolare di destra e di sinistra.

Nel diagramma di Piper le caratterizzazioni sono espresse con buona evidenza in termini di rapporto fra le coppie di cationi-anioni e l'analisi chimica degli elementi macrodescrittori presenti nell'acqua viene riassunta e rappresentata da un unico punto che in un grafico apposito intercetta coppie di valori cationici e anionici. E' così possibile identificare famiglie di acque e ricavare informazioni circa le principali tendenze evolutive.

Dal diagramma vediamo che le acque delle sorgenti “Le Vene” (LVE) sono classificate come: “solfato – clorurato – alcalino terrose”, mentre tutte le altre sorgenti, ubicate nelle unità calcaree a monte dell'area mineraria, sono classificate: “bicarbonato – alcalino terrose”, si distinguono leggermente le acque del “Sondaggio minerario” (SMI), con una minor concentrazione in calcio delle altre.

CONCLUSIONI

1. Classificazione del primo tratto del fiume Merse ai sensi dell'Allegato 1 del D.Lgs. 152/99 e succ. mod. per la verifica del rispetto degli obiettivi di bonifica

Il sistema classificatorio dei corsi d'acqua ha subito, nel corso del biennio 2009-2010 una sostanziale modifica a seguito dell'introduzione di modifiche sul piano normativo. Le metodologie che erano alla base della classificazione dei corsi d'acqua, a seguito dell'applicazione del D.Lgs. 152/99, sono state sostituite da nuovi strumenti di indagine. Sarà pertanto necessario porre all'attenzione degli Enti che partecipano al procedimento di bonifica del sistema Merse-Campiano una eventuale modifica del protocollo rivolto alla classificazione dell'ambiente acquatico.

D'altra parte il monitoraggio messo in atto nel corso del 2010 non ha compreso alcuni parametri (BOD5, COD, nutrienti) necessari per il calcolo degli indici LIM e SECA, così come imponeva la normativa in vigore dal 1999, ed oggi abrogata. Non è stato pertanto possibile procedere alla classificazione del Merse, come negli anni precedenti, mediante la determinazione dell'indice SACA. Tuttavia è doveroso segnalare che tale indice era legato in misura predominante al risultato dello stato biologico, determinato tramite il calcolo dell'Indice Biotico Esteso (IBE). Questo indice è stato determinato anche nel 2010 e, quindi, è stato ancora possibile valutare l'evoluzione nel tempo delle caratteristiche qualitative del primo tratto del Merse, rispetto agli anni precedenti. A tale proposito si veda quanto riportato nel capitolo 1.2. Da questa comparazione si deduce una sostanziale stabilità della qualità dell'ambiente idrico nei primi 15 Km del Merse, con un leggero peggioramento nel 2010 a partire dalla stazione immediatamente a monte dell'immissione del Ribudelli, ovvero prima dello scarico della miniera di Campiano.

Il monitoraggio chimico, secondo i valori di riferimento riportati nelle tabelle 1/A e 1/B dell'allegato 1 del D.lgs 152/06 e s.m.i., indica che gli standard di qualità per le acque superficiali sono rispettati per gli elementi mercurio, nichel, piombo, arsenico e cromo. Per il cadmio, secondo i dati forniti da Biochimie, gli standard di qualità ambientale risultano rispettati per l'intero tratto di fiume esaminato; gli stessi standard risultano, invece, superati con l'unico campionamento eseguito da ARPAT per tutte le stazioni di prelievo. Trattandosi di un contaminante che potrebbe avere origine naturale è necessario valutarne i livelli di fondo mediante uno studio di area. Per una descrizione maggiormente dettagliata dei risultati conseguiti vedere il capitolo 1.1.

I dati dei metalli e dell'arsenico nei sedimenti, rilevati dal 2006 al 2010, indicano una notevole variabilità dei risultati ottenuti, a testimoniare la notevole eterogeneità dei sedimenti indagati. Gli apporti nel sedimento degli elementi arsenico, cadmio, piombo e zinco sembrano provenire prevalentemente dalla zona a monte dell'immissione dello scarico della miniera di Campiano. Gli elementi ferro e rame, oltre che provenire dalle zone a monte del Ribudelli, subiscono un incremento anche a valle dello scarico di Campiano. L'alluminio subisce un incremento solo a valle dello scarico di Campiano. Per una descrizione maggiormente dettagliata dei risultati conseguiti vedere il capitolo 1.3.

2. Controllo delle caratteristiche delle acque che fuoriescono dalla miniera di Campiano al fine di verificare l'efficacia del sistema di depurazione

La caratterizzazione chimico-fisica delle acque in uscita dalla miniera di Campiano ha confermato che i seguenti parametri superano i valori limite della tabella 3 dell'allegato 5 alla parte terza del D.Lgs. 152/06: pH, solfati, fluoruri, alluminio, cadmio, ferro, manganese, piombo, rame e zinco.

Per tutti i parametri considerati è possibile osservare importanti oscillazioni delle concentrazioni negli ultimi due anni con un incremento notevole della variabilità. I due picchi annuali delle concentrazioni potrebbero essere correlati con l'andamento delle precipitazioni atmosferiche e del conseguente aumento del fenomeno del drenaggio acido proveniente dall'area della vecchia miniera del Merse. I picchi di concentrazione rilevati nel 2009-2010 hanno determinato una modifica dei trend storici per i parametri solfati e rame, che tendono all'aumento, mentre, per le altre sostanze, è confermato uno stato stazionario (pH, alluminio, cadmio, manganese, piombo, arsenico) o un trend in diminuzione (fluoruri, ferro, zinco).

L'impianto di trattamento attualmente in esercizio presso la miniera di Campiano abbate in maniera efficace la maggior parte dei contaminanti che fuoriescono dalla miniera con esclusione dei parametri: solfati, fluoruri, alluminio e ferro. Opportuno segnalare che il rame ha, occasionalmente, presentato valori superiori al limite di legge per le acque di scarico.

La qualità del refluo in uscita dall'impianto di depurazione si è mantenuta stazionaria rispetto agli anni precedenti.

3. Controllo delle caratteristiche delle acque di drenaggio della miniera del Merse mediante il pozzo Serpieri;

Dal monitoraggio 2010 è possibile dedurre che il pH medio nella parte alta, serpieri 1, si presenta più elevato (3,59) rispetto alla parte bassa, serpieri 2, (2,87) dove, probabilmente è maggiore l'effetto del drenaggio acido di miniera. L'andamento dell'acidità nella parte alta non è correlato con l'andamento della parte bassa.

4. controllo delle caratteristiche delle acque delle sorgenti per il monitoraggio ambientale nel contorno del sistema Merse-Campiano.

Nel capitolo 4.1. sono riportati i valori rilevati nel 2010 riguardanti le caratteristiche chimico-fisiche delle sorgenti presenti nel sistema Merse-Campiano.