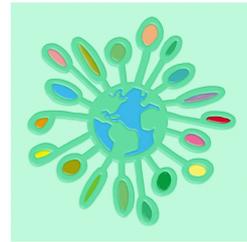




Provincia di Perugia
Assessorato Politiche Ambientali



Studio Naturalistico

Biomonitoraggio Ambientale
con api e licheni nella
Provincia di Perugia anni 2001 - 2002
Ricerca di tredici inquinanti nell'area dei cementifici eugubini

sessione licheni:

Massimo Panfilì e Valentina Fioretto



INTRODUZIONE	1
<i>L'utilizzo dei licheni come bioaccumulatori</i>	1
<i>Xanthoria parietina</i>	2
STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO	3
<i>Aree monitorate e localizzazione stazione</i>	5
<i>Area A</i>	5
<i>Area B</i>	6
RISULTATI	8
<i>Dati climatici</i>	8
<i>Dati Area A</i>	11
<i>Cloruri solubili</i>	12
<i>Fluoruri solubili</i>	15
<i>Alluminio</i>	18
<i>Arsenico</i>	21
<i>Cadmio</i>	24
<i>Cromo</i>	27
<i>Rame</i>	30
<i>Ferro</i>	33
<i>Mercurio</i>	36
<i>Nichel</i>	39
<i>Piombo</i>	42
<i>Titanio</i>	45
<i>Vanadio</i>	48

<i>Dati Area B</i>	52
<i>Cloruri solubili</i>	53
<i>Fluoruri solubili</i>	56
<i>Alluminio</i>	59
<i>Arsenico</i>	62
<i>Cadmio</i>	65
<i>Cromo</i>	68
<i>Rame</i>	71
<i>Ferro</i>	74
<i>Mercurio</i>	77
<i>Nichel</i>	80
<i>Piombo</i>	83
<i>Titanio</i>	86
<i>Vanadio</i>	89
<i>Scala naturalità/alterazione</i>	93
CONCLUSIONI	95
BIBLIOGRAFIA	98

INTRODUZIONE

L'utilizzo dei licheni come bioaccumulatori.

Notoriamente un bioaccumulatore è un organismo che riesce per mezzo di proprie caratteristiche biologiche e fisiologiche ad assorbire, accumulare e mantenere nel tempo, le varie sostanze inquinanti presenti nell'aria. I licheni hanno delle spiccate qualità di bioaccumulatori e questo è dovuto soprattutto alla mancanza di uno strato di cellule epidermiche (fig. 1), la cuticola, presente invece nelle piante superiori e che rappresenta una costituzione protettiva impermeabile all'acqua e ai gas.

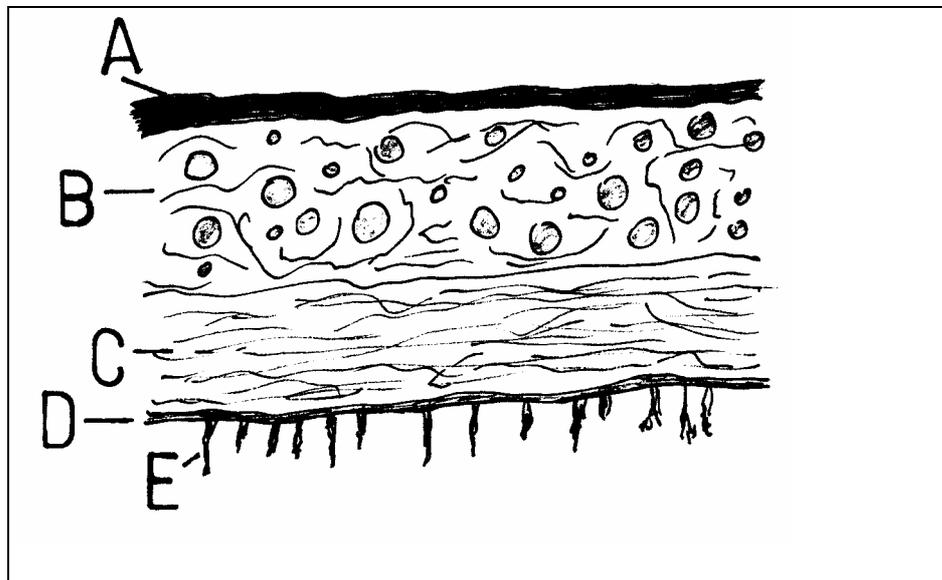


Fig. 1- Un lichene in sezione presenta una struttura a strati: la parte rivolta verso l'ambiente subaereo è il cortex superiore (A), costituito da ife fungine molto addensate. La funzione di questo strato è protettiva agli strati sottostanti. In questa sezione risiedono i pigmenti che conferiscono la colorazione al lichene. Strato algale (B), regione del tallo in cui convivono in simbiosi micobionte, normalmente Ascomicete e fotobionte, alghe eucariote o cianofite. In questo strato avviene la fotosintesi ed i relativi scambi fra fotobionte e micobionte. Lo strato medullare (C), è composto da sole ife fungine ed è un importante sito di accumulo di acqua. Il Cortex inferiore (D), è la parte che rimane a stretto contatto con il substrato, è dotata di una fitta serie di rizine (E), che hanno la funzione di mantenere il tallo ancorato al substrato.

Di conseguenza, un lichene si comporta come una spugna e respirando riesce ad assorbire gli inquinanti, compresi quelli diffusi in bassissime concentrazioni in quanto la loro attività metabolica non ha limiti temporali, infatti i talli lichenici attaccati tenacemente alle cortecce

degli alberi non conoscono stagionalità, pertanto per tutto l'arco dell'anno, a prescindere dalle temperature o altre condizioni meteorologiche, presentano un'attività metabolica e di accumulo costanti.

Ovviamente, il biomonitoraggio mediante i licheni, non rappresenta una misura strumentale che permette di stabilire in un breve arco di tempo la concentrazione di un inquinante in un volume d'aria, ma in base alle concentrazioni dei metalli in traccia rilevati nei talli, si rilevano i patterns deposizionali a seguito di trasporto dalla sorgente inquinante. Questo trasporto è condizionato dall'orografia del territorio, dal tipo di molecola dai molteplici fattori atmosferici, dalla struttura termica dell'atmosfera e dall'altezza delle ciminiere.

Questo tipo di indagine quindi, permette una sicura localizzazione delle sorgenti inquinanti e l'individuazione di aree a rischio, conoscenza utile anche per ricerche di tipo epidemiologico.

Xanthoria parietina

Il lichene scelto per verificare l'accumulo dei metalli pesanti, è Xanthoria parietina (fig 2), specie foliosa che normalmente cresce dalle zone rurali alle zone antropizzate, su svariati substrati: cortecce di numerose essenze arboree, roccia, muri in cemento, tegole, mattoni, vetroresina, coperture in eternit.

Xanthoria parietina si presenta con un tallo di colore arancione o arancione verdastro da umido, in rosette più o meno regolari di 10-15 cm di diametro. Nelle parti marginali sono visibili lobi disposti in senso radiale, allungati e appiattiti, spesso sovrapposti. Nella regione centrale del tallo sono presenti numerosi corpi fruttiferi con disco arancione ma con tonalità più scura rispetto al tallo.

La scelta sull'utilizzo di Xanthoria parietina è dovuta alla sua maggiore diffusione nel territorio rispetto ad altre specie licheniche, permettendo di effettuare un campionamento capillare.

Questo lichene è stato ampiamente utilizzato in altri studi di biomonitoraggio, specialmente per quanto riguarda il bioaccumulo (Bargagli et al. 1985, 1997; Gasparo et al. 1989; Nimis et al. 1999).

L'utilizzo di un comune lichene negli studi di biomonitoraggio, implica di conseguenza una maggior facilità nella comparazione dei dati con altri studi effettuati (Tretiach & Baruffo 2001)



Fig. – 2 Il lichene *Xanthoria parietina*

STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO

Questo studio sui metalli in tracce utilizzando i licheni come bioaccumulatori è uno studio finalizzato a valutare in corrispondenza di due grossi cementifici dislocati nell'area dell'eugubino, la presenza quantitativa e qualitativa di metalli in tracce. Questo non rappresenta solamente un progetto nuovo e innovativo per l'area eugubina ma per l'intera provincia in generale, e tende ad allineare la regione in un progetto più ampio dove già da anni in altre regioni sono stati attivati molteplici e proficui studi sullo stato dell'ambiente utilizzando i licheni come bioaccumulatori.

Di conseguenza mancano dati storici, dati non disponibili che evidenzino l'andamento nel tempo degli inquinanti e non si conoscono pertanto le dinamiche di un argomento particolarmente complesso. Data proprio la caratteristica pilota e sperimentale di questo progetto, è stato deciso di indagare un'area molto circoscritta attorno ai due cementifici, un'analisi puntiforme come primo approccio con l'auspicio che ulteriori studi ampliaranno le aree da monitorare ottenendo di conseguenza un quadro d'insieme molto più completo.

Da un primo sopralluogo nelle aree interessate al fine di localizzare le potenziali stazioni, è emersa subito una evidente mancanza di talli lichenici sui quali poter procedere con le analisi.

In molti casi, nonostante la diffusione abbastanza uniforme di alberature, si è riscontrato il così detto “deserto lichenico”. Questo fenomeno che induce ad una mancanza della flora lichenica spontanea, non riguarda direttamente l’implicazione dei metalli da noi verificati, quanto l’emissione di gas fitotossici quali SO₂ e NO_x, nonché la presenza di polveri, riscontrata specialmente lungo il tratto stradale statale “SS 452 Contessa”.

In altri casi le alberature si sono presentate con talli lichenici mal sviluppati o di modeste dimensioni per cui è stato deciso di applicare in entrambe le aree stazioni trapiantate.

Da un’area scelta per un buon indice di naturalità, sono state prelevate cortecce a pH subacido di *Quercus pubescens* con il lichene *Xanthoria parietina* in evidente buono stato di salute (colorazione tipica, sviluppo deciso di lobi e assenza di necrotizzazioni o altri sintomi di depauperamento).

Successivamente i talli sono stati applicati su telaietti in sughero delle dimensioni di 20 x 20 cm e installati sugli alberi prescelti come stazioni.

Un telaietto campione è stato successivamente posto ad analisi per conoscere le concentrazioni dei metalli originariamente contenuti (punto 0).

Aree monitorate e localizzazione stazioni.

La distanza fra i due cementifici è di circa 10 Km in linea d'aria ed il centro cittadino eugubino è posizionato fra i due impianti, pertanto il biomonitoraggio è stato effettuato considerando le due aree ben distinte e convenzionalmente sono state così contrassegnate:

Area A – Corrisponde al cementificio Barbetti. In questa area sono state installate 12 stazioni come indicate in fig 3 e corrispondono ad una densità di campionamento pari a 3. Questo impianto è dislocato lungo la strada statale 219 Pian d'Assino in località Semonte, ad una distanza di circa 2,5 Km in linea d'aria dal centro cittadino di Gubbio. Il cementificio, situato a 479 m slm, è a ridosso di un sistema montuoso di modesta altitudine che si delinea lungo l'asse WNW – EES rappresentato da M. Semonte (960 m slm) e M. Foce (983 m slm), intervallati dalla Valle della Contessa tagliata verso NNE, con l'omonima strada statale 452. Dalla fascia pedemontana a quella montana media il territorio è destinato ad olivicoltura, le fasce superiori sono interessate da quercete e conifere mentre la parte pianeggiante a sud della strada statale Pian d'Assino è destinata prevalentemente ad uso agricolo.

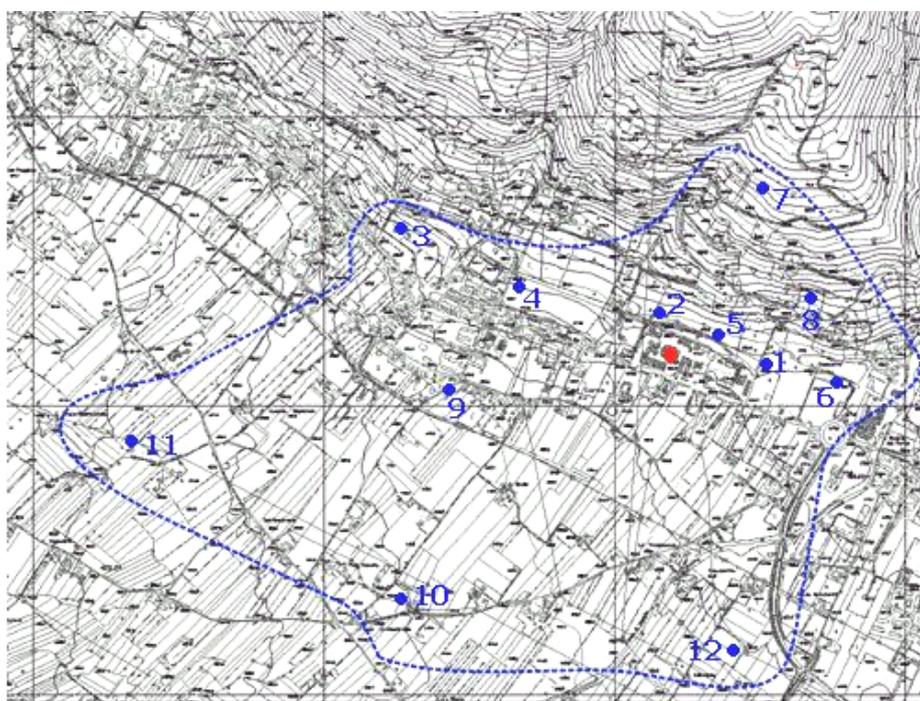


Fig. 3 – Cartina relativa all'area A di Semonte (Cementificio Barbetti) e localizzazione delle stazioni.

Area B – Corrisponde al cementificio Colacem. In questa area sono state installate 9 stazioni come indicate in fig 4. La loro densità di campionamento è pari a 3.2. L’impianto è dislocato a circa 8 km SSE in linea d’aria dalla città di Gubbio in un’area pianeggiante parallela al corso del torrente Saonda. Il centro abitato principale più immediato al cementificio è la frazione Padule che dista in linea d’aria circa 3 Km direzione nord.

L’impianto è situato a circa 380 m slm e l’orografia è rappresentata da una zona collinare dove i rilievi non superano i 600 m slm.

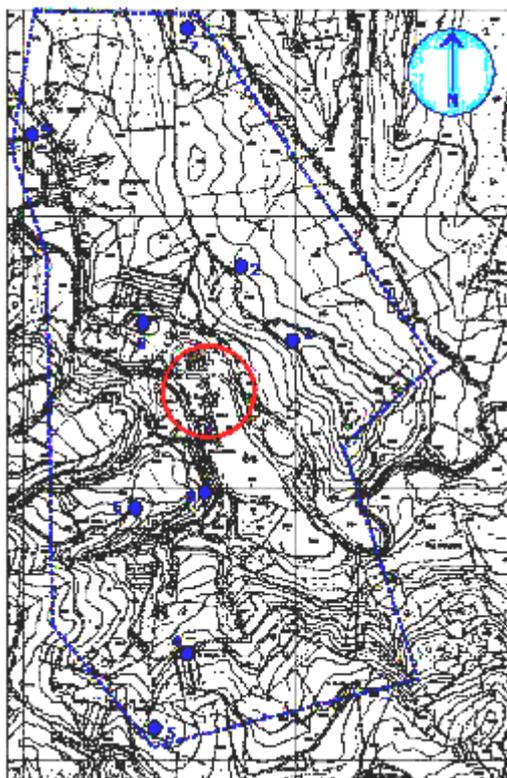


Fig. 4 – Cartina relativa all’area B di Padule (Cementificio Colacem) e localizzazione delle stazioni.

In entrambe le aree i telaietti sono stati installati ad una altezza superiore a 160 cm da terra e sono stati lasciati sul posto per 12 mesi. Periodicamente sono state effettuate visite di controllo per verificarne lo stato.

Il materiale, allo scadere del tempo di permanenza è stato recuperato e i talli sono stati preparati per le analisi, previa pulizia al binoculare.

Nelle due aree sono stati verificati i composti Cloruri e Fluoruri solubili ed i seguenti elementi: Alluminio (Al), Arsenico (As), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Rame (Cu), Ferro (Fe), Mercurio (Hg), Nichel (Ni), Piombo (Pb), Titanio (Ti), Vanadio (V).

RISULTATI

Dati climatici

DATA	P (mmHg)	Tm (°C)	Tmin (°C)	Tmax (°C)	U (%)	V v (km/h)
GEN	722,61	4,52	-0,03	10,97	75,32	6,47
FEB	719,82	3,79	-0,68	8,82	70,71	9,14
MAR	719,90	8,23	3,39	13,90	71,77	10,13
APR	720,40	11,43	6,07	17,47	73,17	9,48
MAG	722,35	18,23	12,35	24,61	74,03	7,67
GIU	723,00	20,57	13,73	27,43	66,50	7,30
LUG	721,71	22,32	15,68	28,84	69,35	7,24
AGO	721,42	23,84	16,94	31,03	64,52	7,54
SET	722,23	20,17	14,00	26,47	77,83	7,37
OTT	724,23	15,03	9,69	20,90	83,55	6,28
NOV	723,33	8,13	3,87	13,07	86,17	6,93
DIC	721,87	5,77	2,29	9,39	82,42	11,14
MEDIE						
ANNO	721,91	13,50	8,11	19,41	74,61	8,06

Tab. 1 – La tabella mostra i dati relativi all'anno 1999 sui valori mensili di pressione atmosferica (mmHg), temperatura (°C), Umidità relativa (U %) e velocità vento (Km/h) Dati forniti da ARPAT Gubbio.

DATA	Freq. dir (0-45°)	Freq. dir (45-90°)	Freq. Dir (90-135°)	Freq. dir (135- 180°)
GEN	3,10	14,76	7,38	7,86
FEB	4,04	18,46	10,38	7,12
MAR	1,29	20,32	7,58	6,13
APR	2,67	12,33	10,50	7,17
MAG	3,27	4,07	7,67	9,67
GIU	4,67	8,67	8,00	10,67
LUG	6,67	28,00	15,67	8,83
AGO	2,67	7,33	4,17	11,33
SET	1,72	18,62	8,10	9,66
OTT	2,80	8,00	10,20	7,20
NOV	1,73	9,81	16,15	29,23
DIC	1,90	26,03	4,48	2,93
MEDIE				
ANNO	3,04	14,70	9,19	9,82

Tab. 2 - Nelle tabelle 2 e 2a, vengono mostrati i dati mensili relativi alle direzioni dei venti per l'anno 1999. La frequenza di direzione è indicata negli 8 settori.
Dati forniti da ARPAT Gubbio

DATA	Freq. dir (180-225°)	Freq. Dir (225-270°)	Freq. dir (270-315°)	Freq. dir (315-360°)
GEN	1,67	57,14	6,90	1,19
FEB	1,35	50,19	5,38	3,08
MAR	1,94	54,84	6,13	1,77
APR	1,00	60,33	3,75	2,25
MAG	3,17	60,67	5,67	5,83
GIU	3,00	45,17	11,33	8,50
LUG	2,00	28,33	5,50	5,00
AGO	2,17	57,17	7,83	7,33
SET	2,76	53,28	2,41	3,45
OTT	7,80	55,80	6,80	1,40
NOV	4,23	32,12	3,08	3,65
DIC	0,34	54,14	4,14	6,03
MEDIE				
ANNO	2,62	50,76	5,74	4,12

Tab. 2a

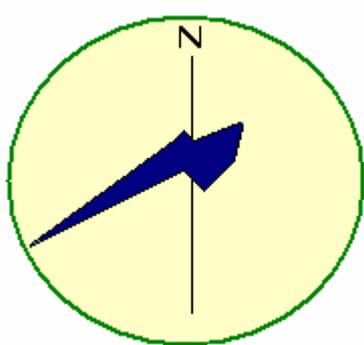


Fig. 5 – Il poligono dei venti è stato ottenuto con i dati delle tabelle 2 e 2a.

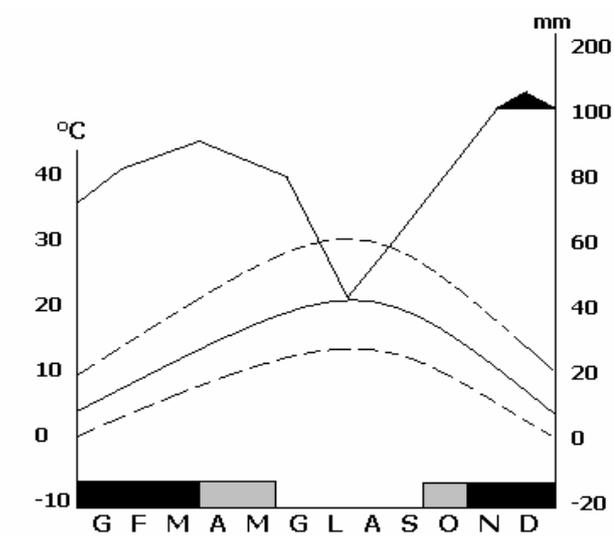


Fig 6 – Diagramma climatico della stazione termopluviometrica di Gubbio.
Dati forniti da R. Venanzoni et alii.

Dati area A

Ciascuna delle 12 stazioni è stata contrassegnata con un codice alfanumerico (es. S1B), dove la prima lettera ed il numero indicano la stazione ed il suo numero progressivo, mentre l'ultima lettera fa riferimento al cementificio Barbetti.

Stazione	Località
S1B	Casanova
S2B	Fontilorso Ovest
S3B	Case Castello
S4B	Case Croce
S5B	Fontilorso Est
S6B	Casanova (bivio s.s. Contessa)
S7B	Scotonara
S8B	Case Fonte Arcano
S9B	Case Corso
S10B	Poderi Settestrate
S11B	Case Orti
S12B	Madonna di Mezzo Piano

Cloruri solubili

I Cloruri solubili mostrano un pattern distribuzionale alquanto discontinuo ma che non rappresenta tuttavia valori molto elevati di accumulo. La concentrazione media nei talli lichenici è di 157.6 ppm. La stazione S6B che ha registrato il massimo valore nell'area A, è posta a E in direzione del centro abitato di Gubbio, ma occorrono ulteriori studi per la verifica del trend migratorio e le concentrazioni di questo composto nell'area cittadina.

Staz.	ppm
S1B	22,6
S2B	64,3
S3B	312
S4B	51,5
S5B	29
S6B	615
S7B	17,9
S8B	433
S9B	18
S10B	287
S11B	25
S12B	16

Val. medio 157,608
Val. min. 16
Val. max 615
Deviazione standard 203,828

Tab. 3 – Concentrazione dei Cloruri solubili nelle singole stazioni e relative statistiche.

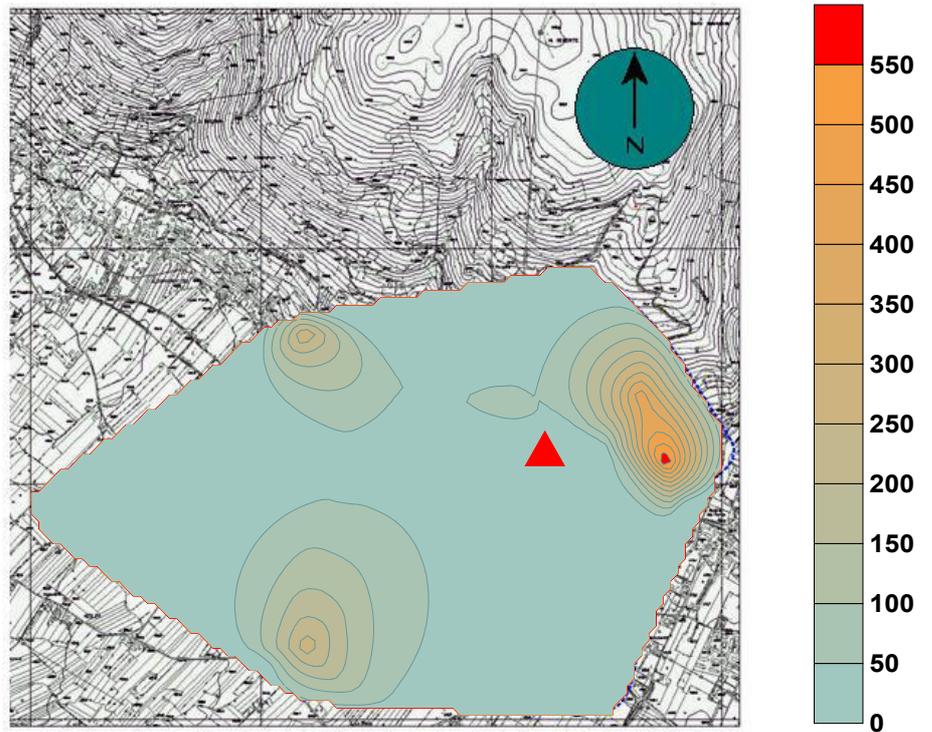


Fig. 7 – Carta della deposizione dei Cloruri solubili e relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

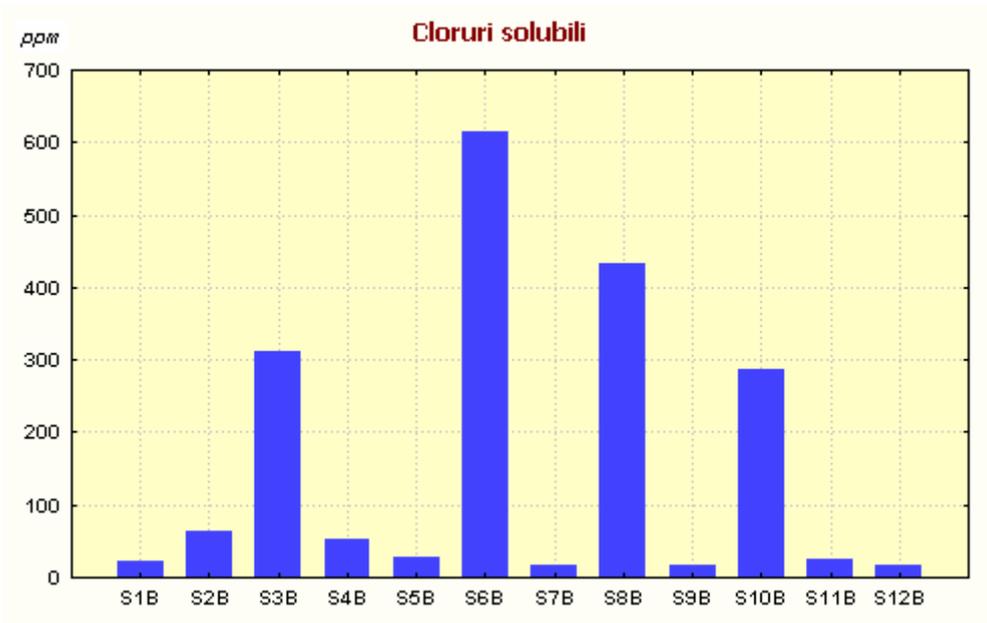


Fig 8 – Grafico delle concentrazioni dei Cloruri solubili in ogni singola stazione
 In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

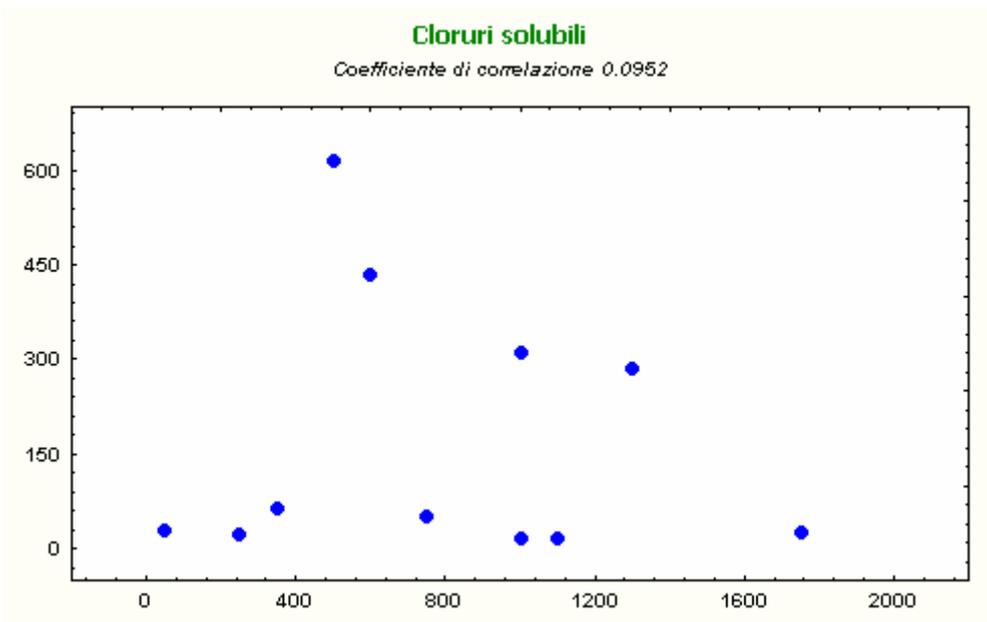


Fig.9 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza fra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

Fluoruri solubili

La deposizione dei fluoruri presenta valori piuttosto bassi in termini di concentrazione ed è abbastanza omogenea nell'area A. L'unico picco che si evidenzia è relativo alla stazione S8B (53,2 ppm), posta a NE dell'impianto in una zona collinare ad una quota leggermente superiore a quella della ciminiera dell'impianto.

Staz.	ppm
S1B	26,5
S2B	17,8
S3B	18,7
S4B	30,4
S5B	26,9
S6B	17,9
S7B	16,3
S8B	53,2
S9B	12,9
S10B	18,6
S11B	21,2
S12B	17,9

Val. medio 23,191
Val. min. 12,9
Val. max 53,2
Deviazione standard 10,706

Tab. 4 – Concentrazione dei Fluoruri solubili nelle singole stazioni e relative statistiche.

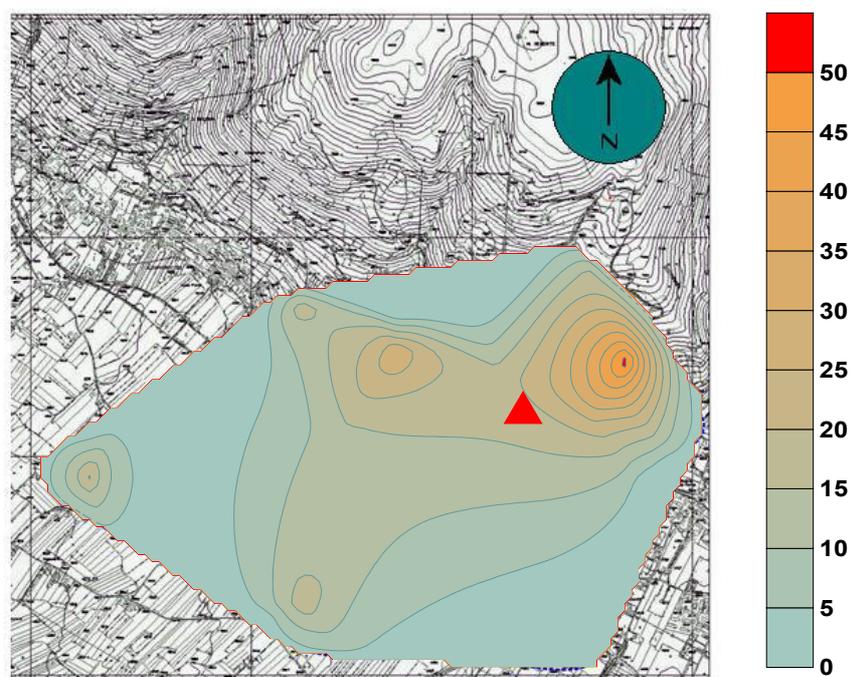


Fig. 10 – Carta della deposizione dei Fluoruri solubili con relativa scala in ppm. L’impianto è indicato con un triangolo.

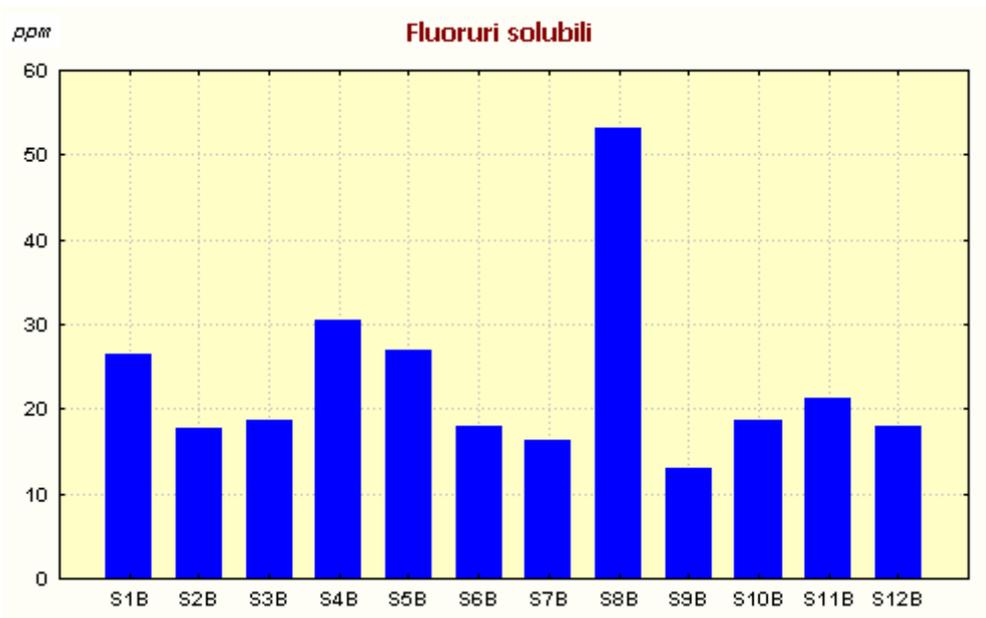


Fig 11 – Grafico delle concentrazioni dei Fluoruri solubili in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

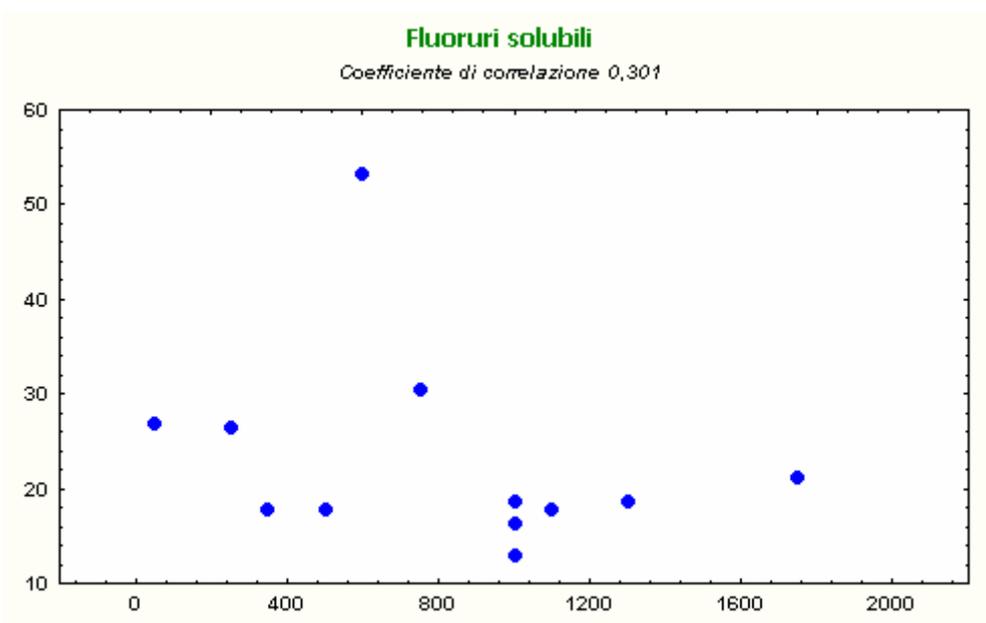


Fig.12 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza fra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

Alluminio (Al)

L'alluminio è un elemento molto abbondante in natura e la sua presenza in qualità di contaminante nei talli lichenici è legata anche alle caratteristiche geopedologiche dei suoli. Nell'area A è stato riscontrato un valore medio di 826 ppm, mentre il valore di background nazionale è pari a 250 ppm. I picchi più alti rilevati corrispondono alla stazione S3B posta lungo una strada sterrata in prossimità di aree coltivate e nella stazione S7B nelle vicinanze di una cava. Entrambi i siti coincidono con aree dove il movimento terra contribuisce al sollevamento di polveri aerodisperse, evidenziando un'attività di emissione superiore a quella di natura antropogenica.

Staz.	ppm
S1B	781
S2B	621
S3B	1910
S4B	660
S5B	583
S6B	599
S7B	1387
S8B	1151
S9B	681
S10B	648
S11B	582
S12B	315

Val. medio 826
Val. min. 315
Val. max 1910
Deviazione standard 442,200

Tab. 5 – Concentrazione di Alluminio nelle singole stazioni e relative statistiche.

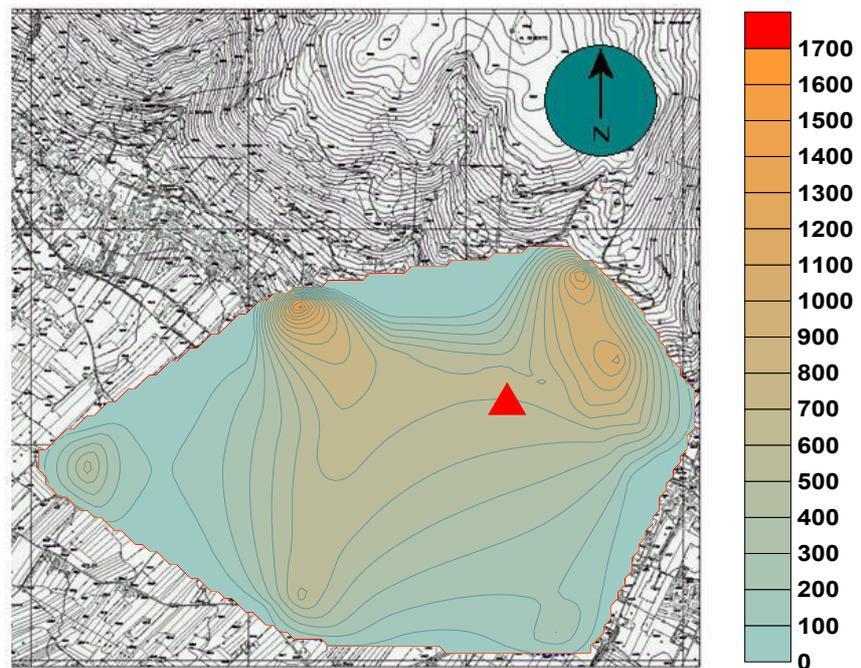


Fig. 13 – Carta della deposizione dell'Alluminio con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

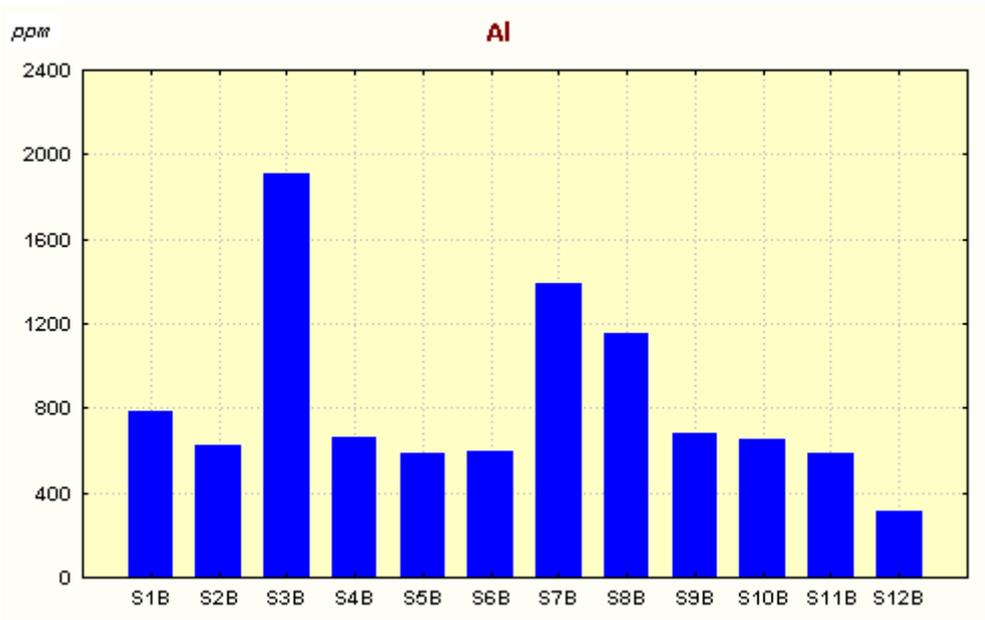


Fig 14 – Grafico delle concentrazioni di Alluminio in ogni singola stazione
 In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

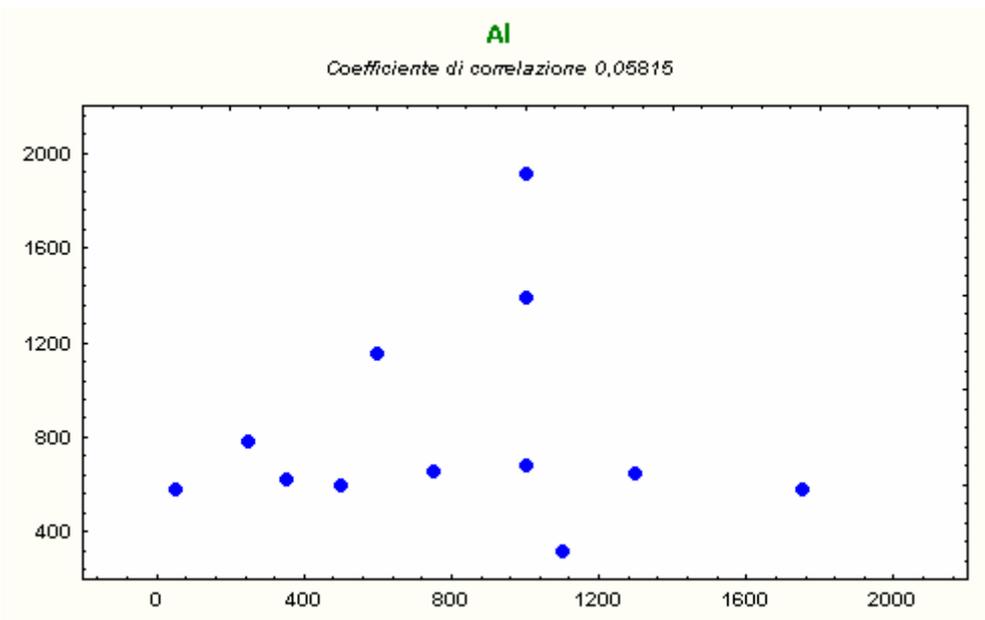


Fig.15 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza fra le stazioni e l’impianto (in ascissa).

Arsenico (As)

L'arsenico mostra valori di accumulo medi di 0,69 ppm (valore di background nazionale 0,25) ma un notevole aumento della concentrazione (più di 5 volte della media nazionale) di questo inquinante nei talli lichenici è stato riscontrato in corrispondenza delle stazioni S6B posta a E dell'impianto (1,4 ppm), S7B a NE nelle vicinanze di una cava (1,2 ppm) e presso la S9B a W in una zona rurale destinata a pratiche agricole (1,2 ppm). In base ai patterns distribuzionali dell'As, rimane da definire con ulteriori studi, se la contaminazione in area rurale è dovuto a fattori di fallout o all'utilizzo di fertilizzanti e/o pesticidi arsenicali.

Staz.	ppm
S1B	0,30
S2B	0,30
S3B	0,50
S4B	0,40
S5B	0,30
S6B	1,4
S7B	1,2
S8B	0,80
S9B	1,2
S10B	0,80
S11B	0,80
S12B	0,30

Val. medio 0,691
Val. min. 0,30
Val. max 1,4
Deviazione standard 0,403

Tab. 6 – Concentrazione di Arsenico nelle singole stazioni e relative statistiche.

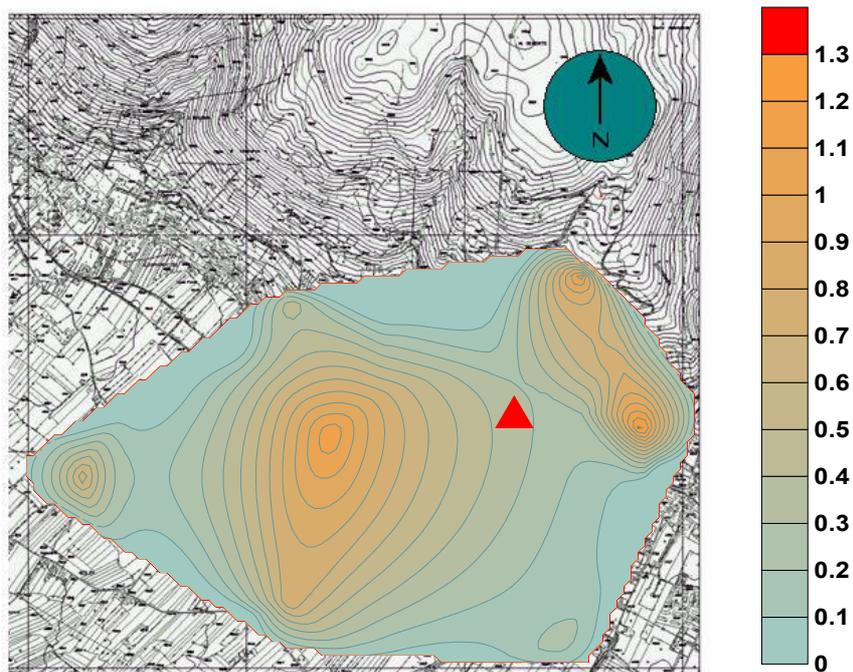


Fig. 16 – Carta della deposizione dell’Arsenico con relativa scala in ppm. L’impianto è indicato con un triangolo.

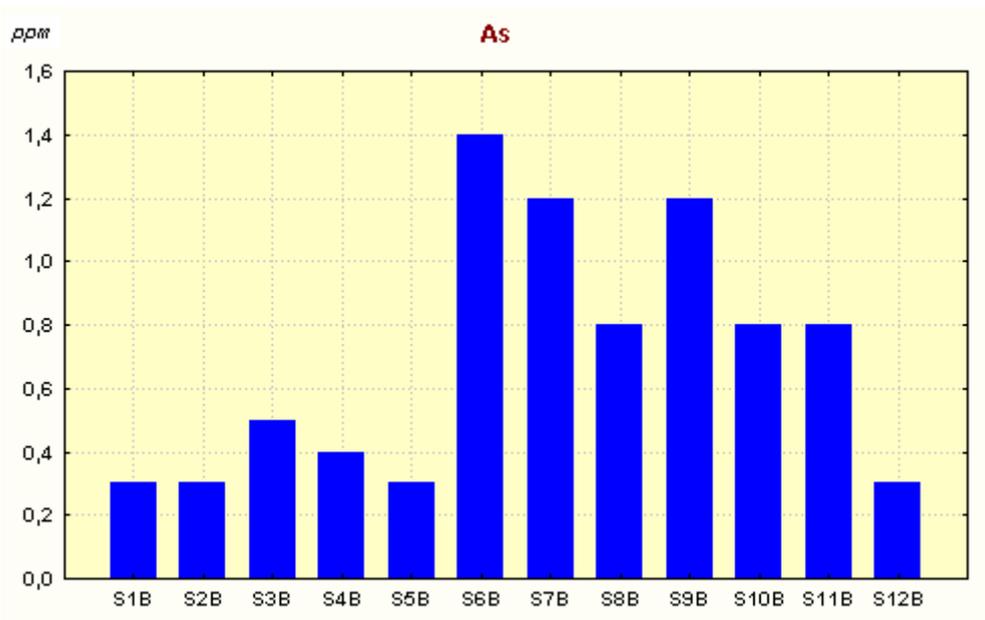


Fig 17 – Grafico delle concentrazioni di Arsenico in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

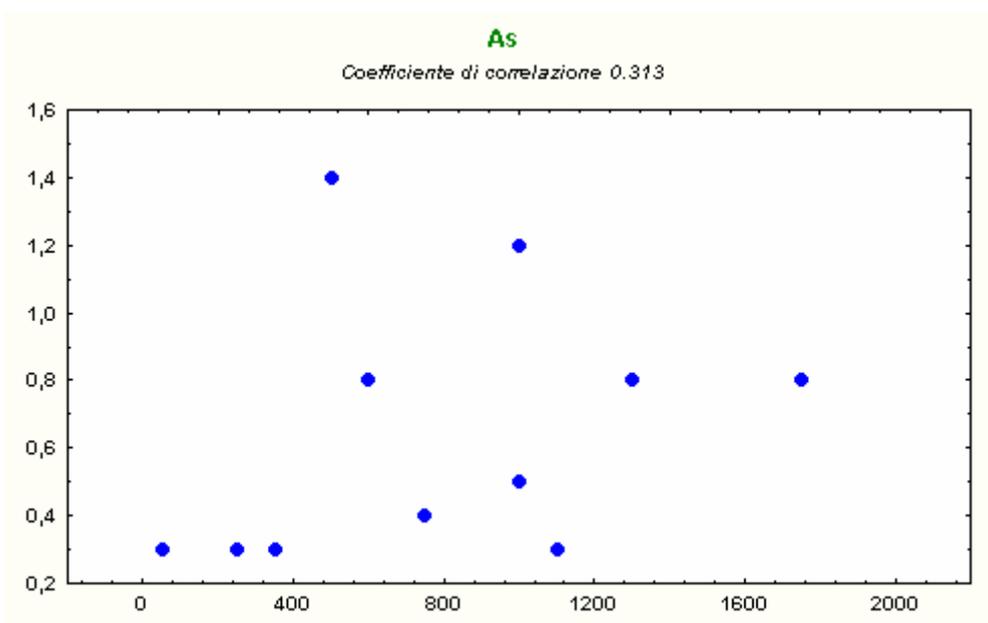


Fig.18 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza fra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

Cadmio (Cd)

La deposizione di questo metallo nell'area è piuttosto uniforme, il valore medio della concentrazione è di 0,24 ppm, mentre i valori massimi si sono riscontrati in corrispondenza delle stazioni S2B (0,510 ppm) e S7B (0,481 ppm), poste rispettivamente a N e NNE dell'impianto. Il valore di background nazionale è pari a 0,08 ppm. Il Cd è un elemento poco abbondante in natura ($1,1 \times 10^{-5}$ % della crosta terrestre) e la sua presenza come contaminante è legata soprattutto all'attività antropogenica, specialmente all'incenerimento dei rifiuti (Nriagu, 1989).

Staz.	ppm
S1B	0,224
S2B	0,510
S3B	0,113
S4B	0,208
S5B	0,147
S6B	0,126
S7B	0,481
S8B	0,079
S9B	0,212
S10B	0,271
S11B	0,212
S12B	0,291

Val. medio 0,239
Val. min. 0,079
Val. max 0,510
Deviazione standard 0,135

Tab. 7 – Concentrazione di Cadmio nelle singole stazioni e relative statistiche.

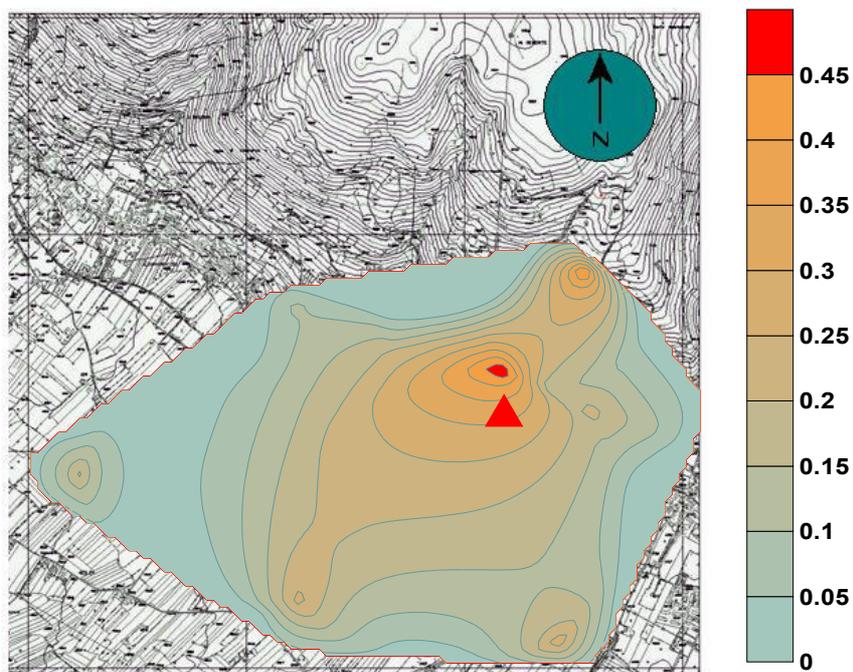


Fig. 19 – Carta della deposizione del Cadmio con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

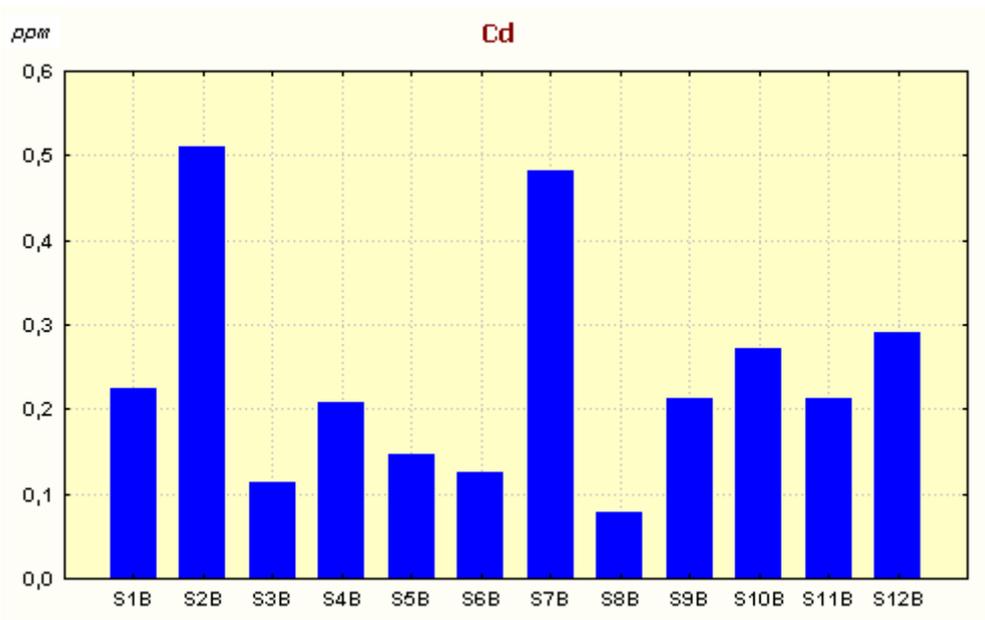


Fig 20 – Grafico delle concentrazioni di Cadmio in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

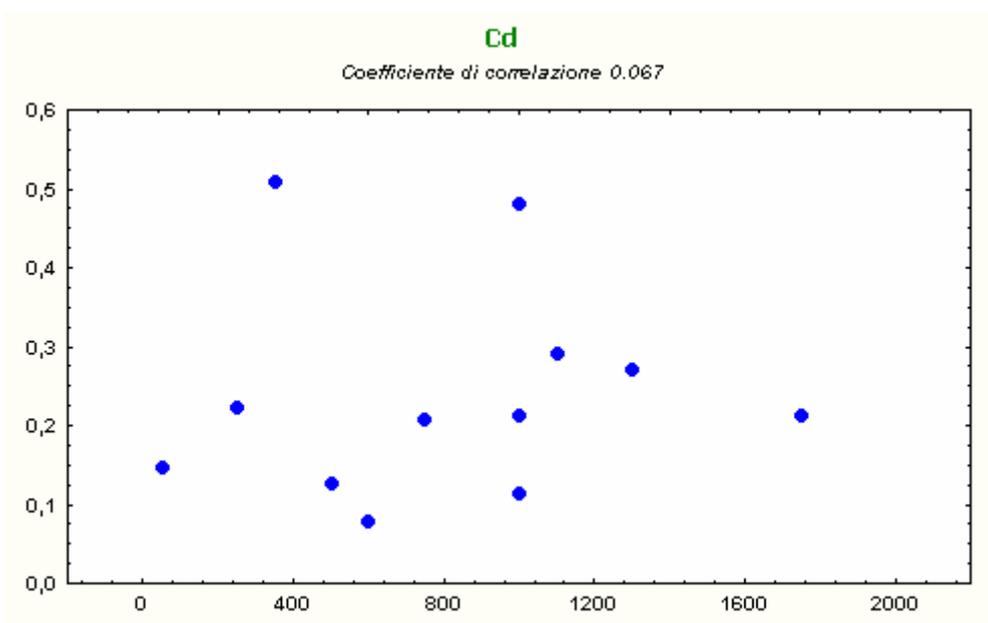


Fig.21 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza fra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

Cromo (Cr)

Il valore medio di accumulo riscontrato nei talli lichenici è pari a 3,7 ppm mentre il valore di background nazionale stimato è di 0,98 ppm. La contaminazione di questo inquinante nell'area è piuttosto disomogenea: le stazioni S5B, S6B e S9B hanno rilevato un accumulo medio di 5,04 ppm, mentre il massimo accumulo (5.7 ppm), è risultato essere presso la stazione 7 nelle vicinanze di una cava.

Staz.	ppm
S1B	2,47
S2B	2,25
S3B	3,50
S4B	3,97
S5B	5,12
S6B	5,12
S7B	5,7
S8B	1,7
S9B	4,96
S10B	3,25
S11B	3,08
S12B	3,25

Val. medio 3,697
Val. min. 1,7
Val. max 5,7
Deviazione standard 1,284

Tab. 8 – Concentrazione di Cromo nelle singole stazioni e relative statistiche.

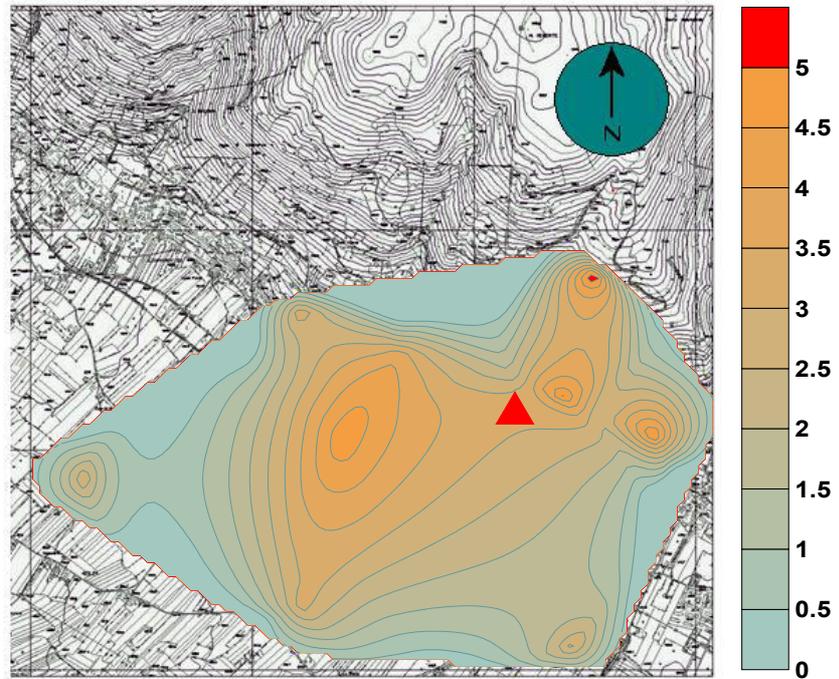


Fig. 22 – Carta della deposizione del Cromo con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

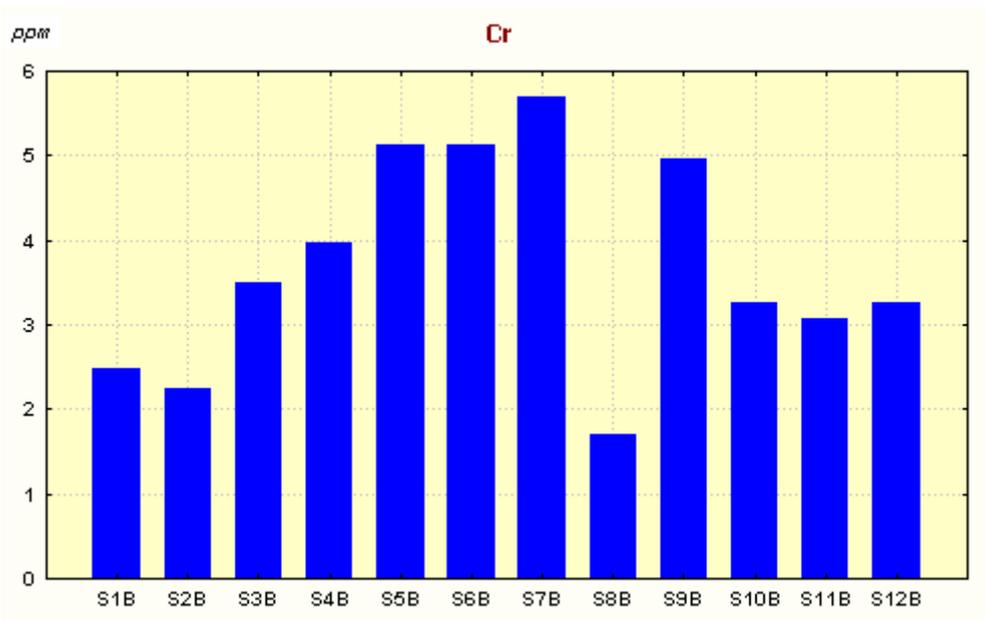


Fig 23 – Grafico delle concentrazioni di Cromo in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

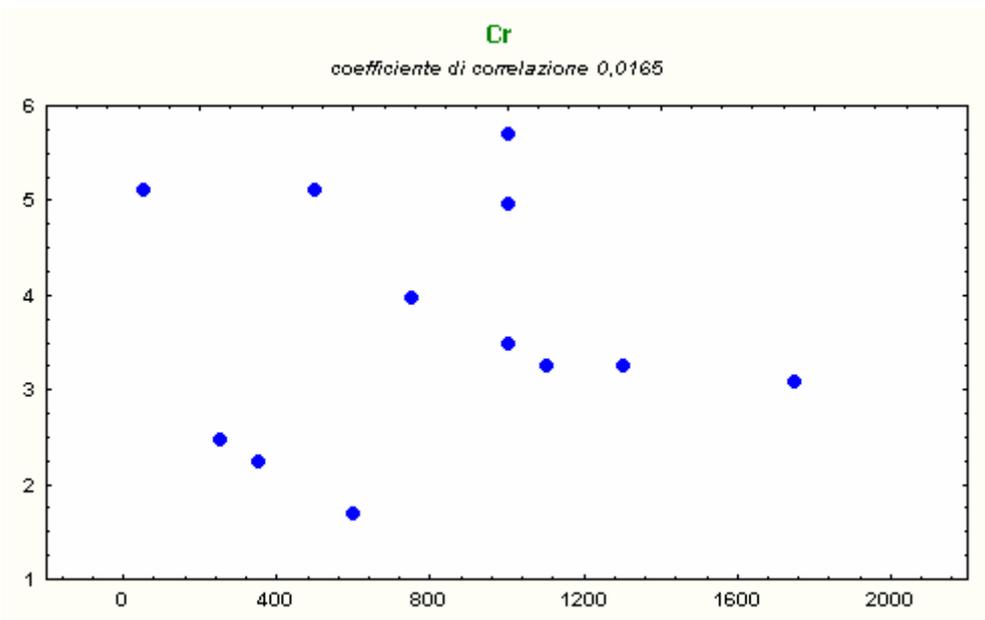


Fig.24 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza fra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

Rame (Cu)

La deposizione del rame si può dividere in due zone ben distinte: nella prima le concentrazioni sono piuttosto alte (range da 17,1 a 21,3 ppm), e corrispondono alle stazioni S9B, S10B, S11B, S12B, che sono state installate nella zona sud dell'impianto al di sotto della strada statale Pian d'Assino, in una vasta area destinata a pratiche agricole. Probabilmente la presenza di una concentrazione elevata è da ricondurre all'utilizzo di composti a base di rame. La parte a nord della statale sede dell'impianto è interessata in minor misura alla contaminazione da rame; il valore medio delle stazioni è di 11,7 ppm mentre il valore di background stimato in Italia è pari a 4,40 ppm.

Staz.	ppm
S1B	9,6
S2B	14,9
S3B	7,8
S4B	16,4
S5B	13,9
S6B	15,7
S7B	6,9
S8B	8,4
S9B	21,3
S10B	18,6
S11B	17,1
S12B	17,5

Val. medio 14
Val. min. 6,9
Val. max 21,3
Deviazione standard 4,722

Tab. 9 – Concentrazione di Rame nelle singole stazioni e relative statistiche.

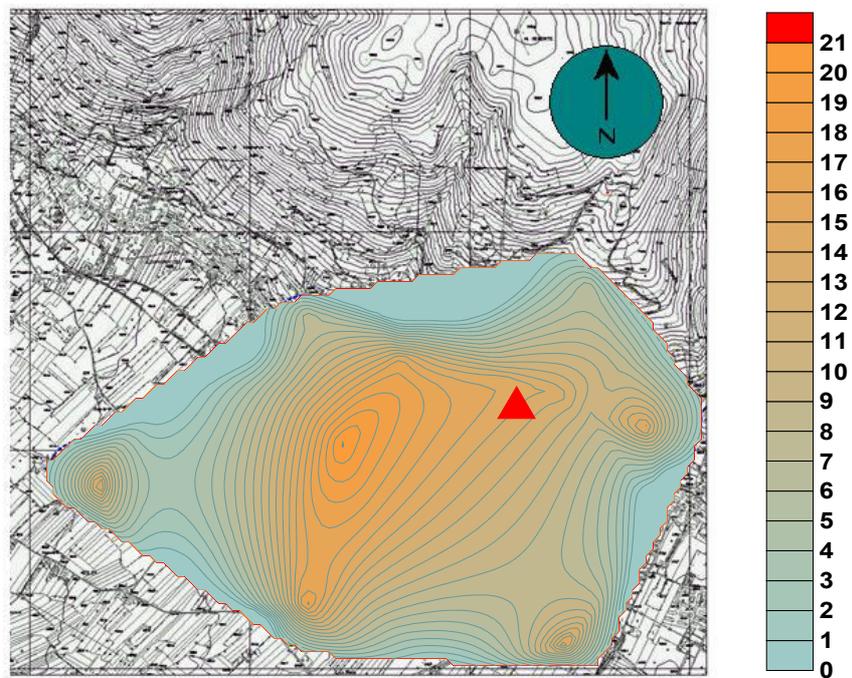


Fig. 25 – Carta della deposizione del Rame con relativa scala in ppm.
L'impianto è indicato con un triangolo.

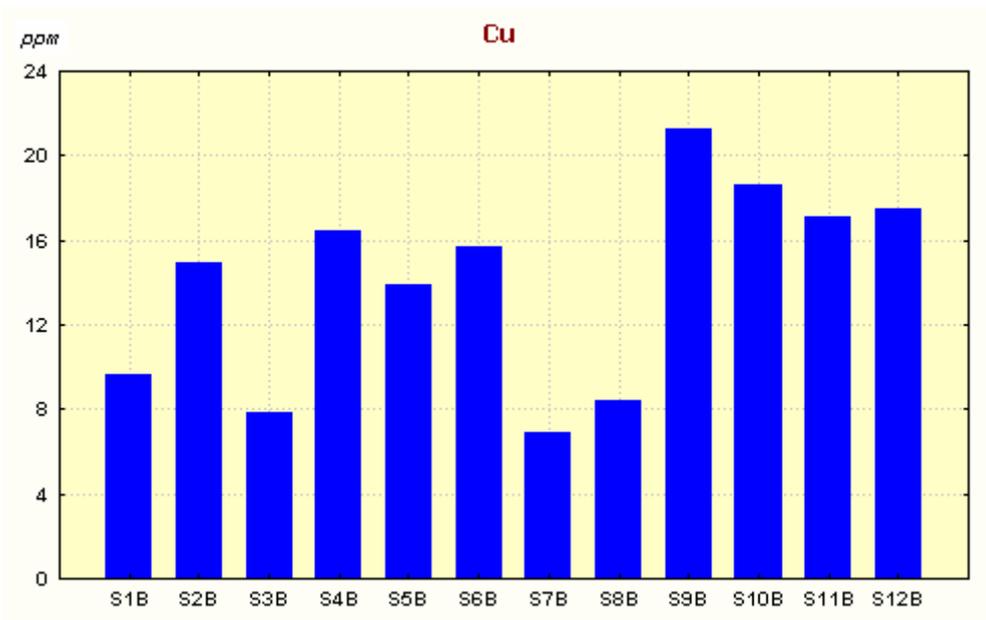


Fig 26 – Grafico delle concentrazioni di Rame in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

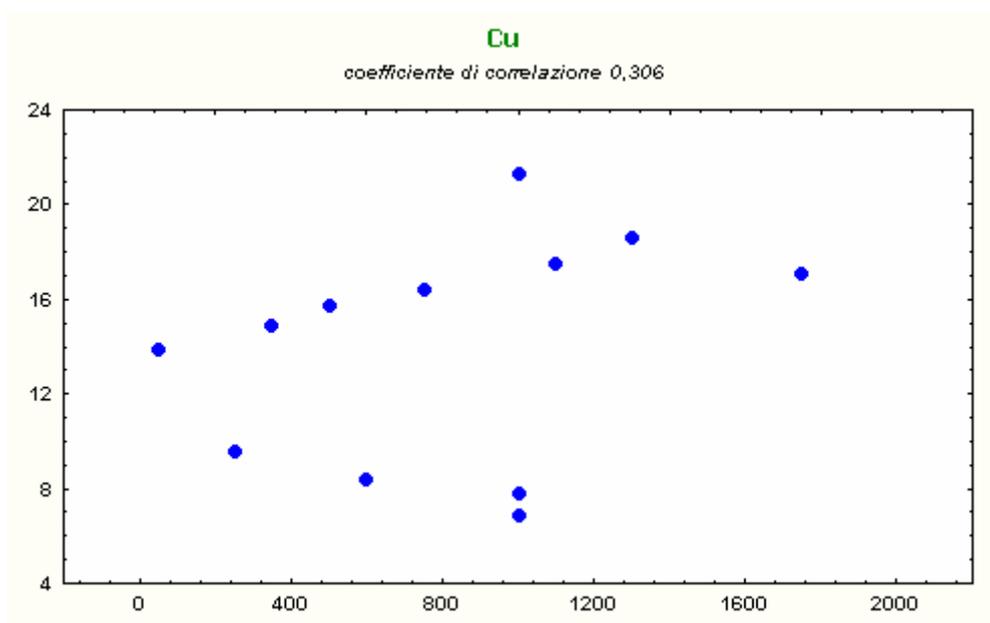


Fig.27 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza fra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

Ferro (Fe)

Il ferro è un elemento abbondante in natura e come l'alluminio la sua presenza è correlata alle caratteristiche geopedologiche dei suoli. Nell'area A le maggiori concentrazioni sono state riscontrate presso la stazione S7B posta in corrispondenza di una cava, S8B nella zona collinare sovrastante l'impianto in direzione dei venti prevalenti, S9B, S10B e S11B, tutte tre nella zona a sud della strada statale Pian d'Assino e dell'impianto in una zona rurale destinata a pratiche agricole. Il valore medio complessivo di tutte le stazioni è risultato essere di 717,83 ppm, mentre il valore stimato in Italia nei talli è pari a 230 ppm. In questa area per quanto riguarda il Ferro, non sussistono tuttavia importanti accumuli e non rappresentano al momento un fattore di rischio ambientale.

Staz.	ppm
S1B	325
S2B	727
S3B	625
S4B	513
S5B	748
S6B	682
S7B	771
S8B	923
S9B	923
S10B	892
S11B	802
S12B	683

Val. medio 717,833
Val. min. 325
Val. max 923
Deviazione standard 173,942

Tab. 10 – Concentrazione di Ferro nelle singole stazioni e relative statistiche.

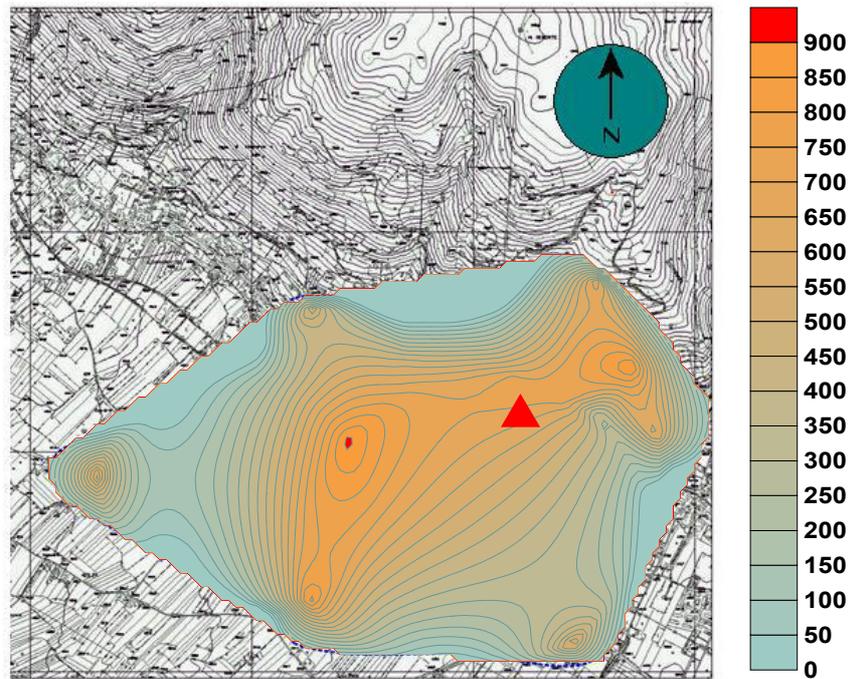


Fig. 28 – Carta della deposizione del Ferro con relativa scala in ppm.
L'impianto è indicato con un triangolo.

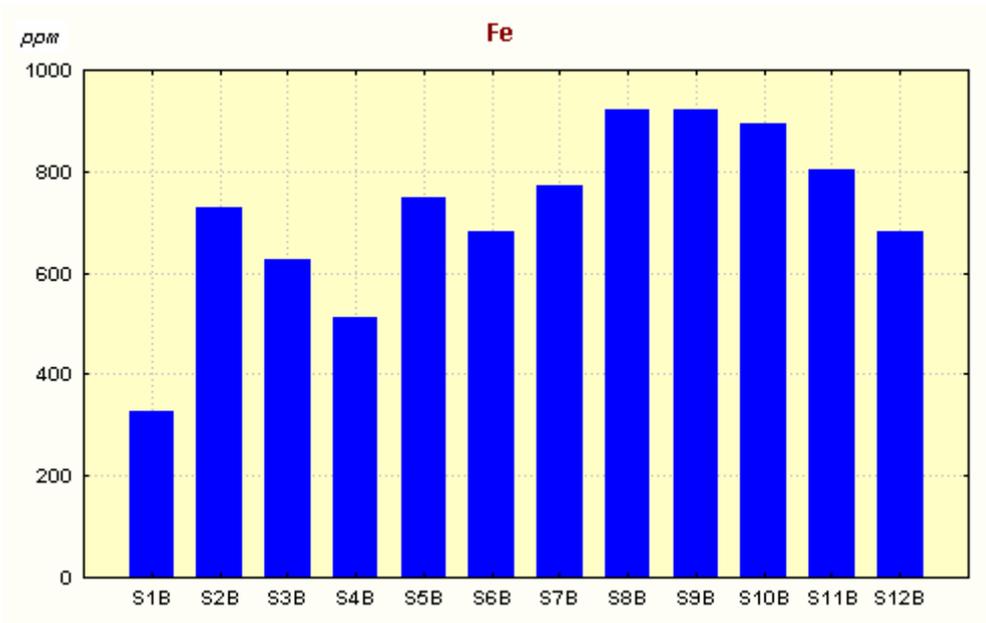


Fig 29 – Grafico delle concentrazioni di Ferro in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

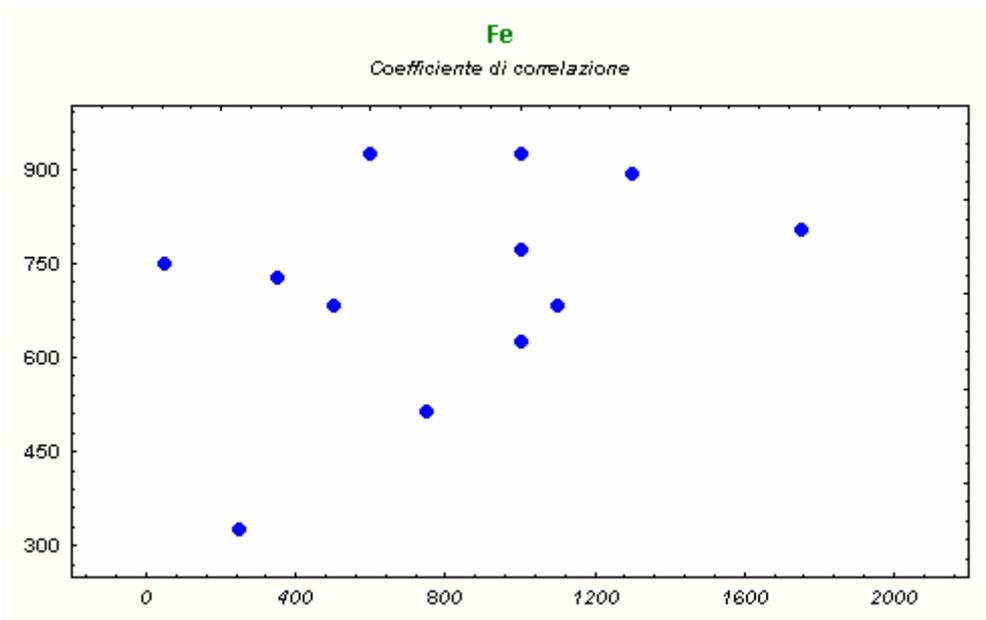


Fig.30 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza fra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

Mercurio (Hg)

Il mercurio nell'area A presenta un valore medio di 0,050 che è risultato essere al di sotto del valore di background nazionale (0,06 ppm). Il picco più alto riscontrato (0,076 ppm) è relativo alla stazione S3B posta a W dell'impianto in direzione Casamorcia. Questo metallo, notoriamente pericoloso per la sua tossicità, anche se complessivamente non presenta un fattore di contaminazione importante per l'area, è tuttavia un elemento da monitorare costantemente.

Staz.	ppm
S1B	0,0184
S2B	0,031
S3B	0,076
S4B	0,021
S5B	0,022
S6B	0,018
S7B	0,039
S8B	0,025
S9B	0,038
S10B	0,049
S11B	0,022
S12B	0,020

Val. medio 0,050
Val. min. 0,018
Val. max 0,250
Deviazione standard 0,0651

Tab. 11 – Concentrazione di Mercurio nelle singole stazioni e relative statistiche.

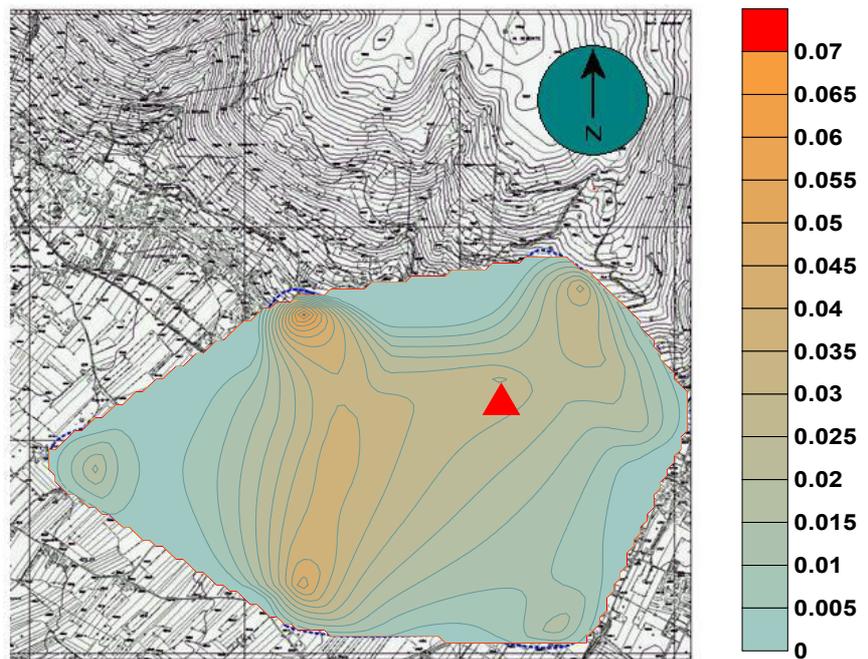


Fig. 31 – Carta della deposizione del Mercurio con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

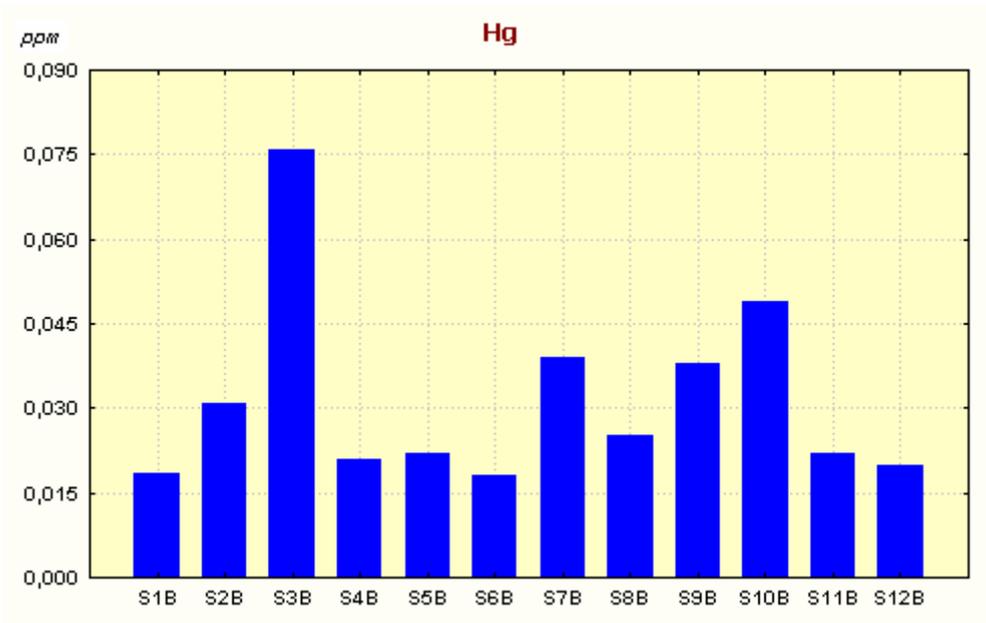


Fig 32 – Grafico delle concentrazioni di Mercurio in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

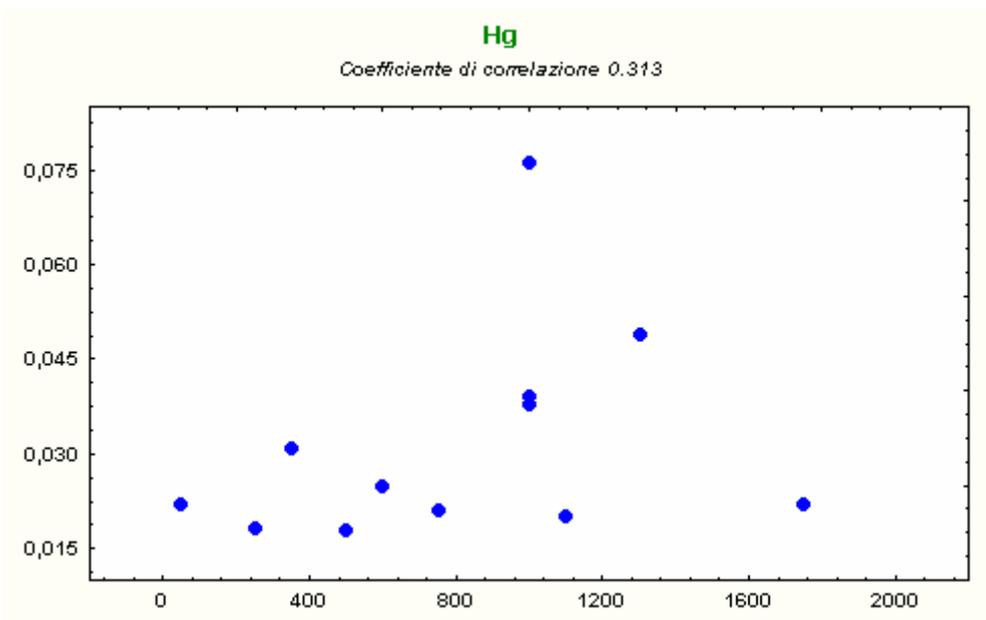


Fig.33 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza fra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

Nichel (Ni)

Il nichel mostra un valore medio di contaminazione di 4,6 ppm, nove volte superiore al background nazionale che è pari a 0,50 ppm. Ad eccezione di due stazioni che hanno accumulato una concentrazione relativamente bassa (2,6 e 3,2 ppm), le rimanenti presentano valori piuttosto elevati e costanti. Rimane quindi da definire con ulteriori studi le caratteristiche di deposizione e la presenza di un elemento atipico per la tipologia industriale dell'area. Secondo alcuni studi, oltre alla dispersione in atmosfera di polveri a seguito di ciclo litico ed erosione, un importante contributo è dato da emissione di natura antropogenica come residui di combustione di oli e incenerimento rifiuti (Schmidt & Andren, 1980).

Staz.	ppm
S1B	6,3
S2B	4,2
S3B	2,6
S4B	4,2
S5B	5,4
S6B	4,7
S7B	4,9
S8B	3,2
S9B	5,8
S10B	4,1
S11B	5,6
S12B	4,2

Val. medio 4,6
Val. min. 2,6
Val. max 6,3
Dev. standard 1,077

Tab. 12 – Concentrazione di Nichel nelle singole stazioni e relative statistiche.

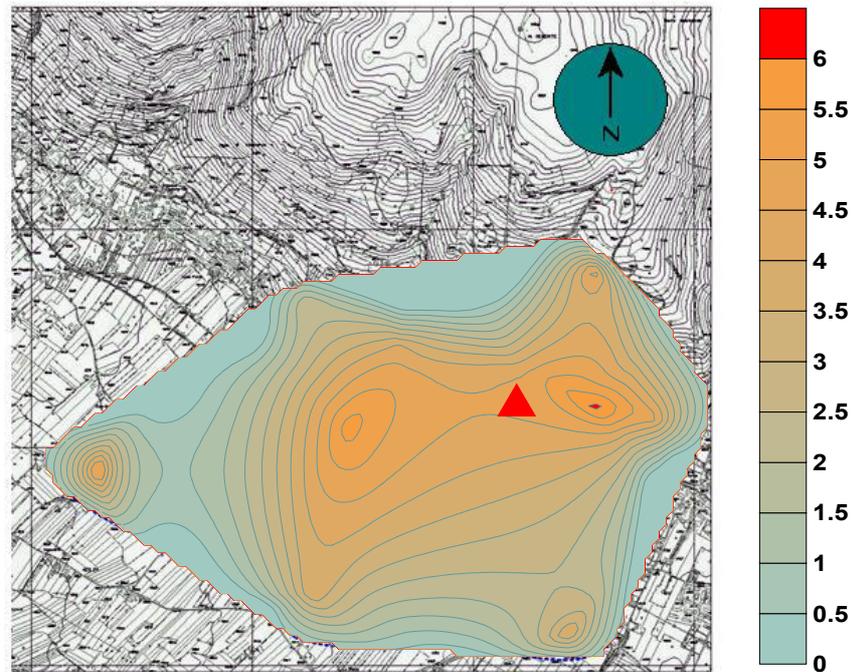


Fig. 34 – Carta della deposizione del Nichel con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

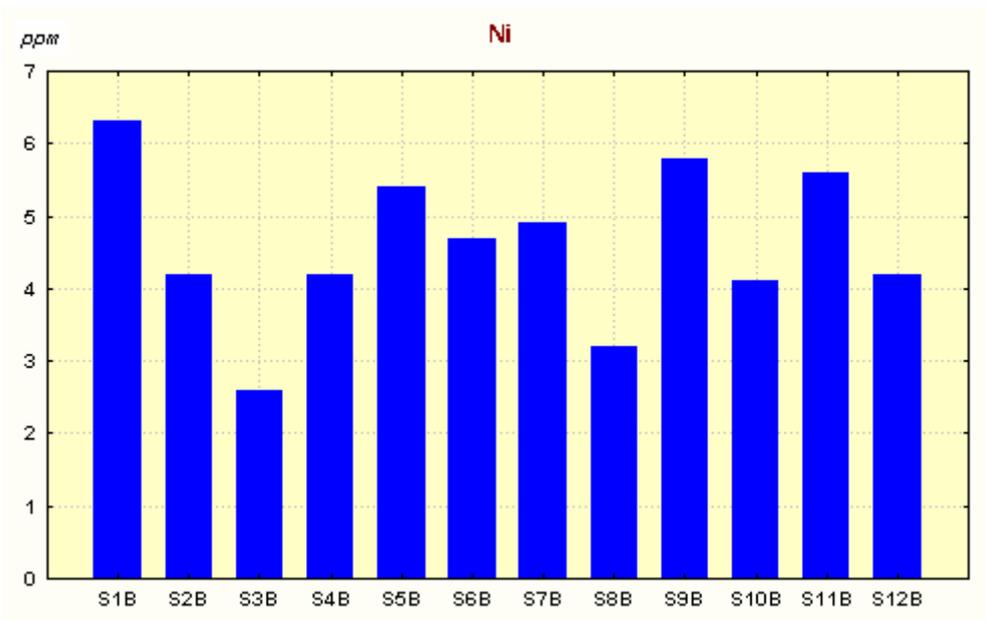


Fig 35 – Grafico delle concentrazioni di Nichel in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

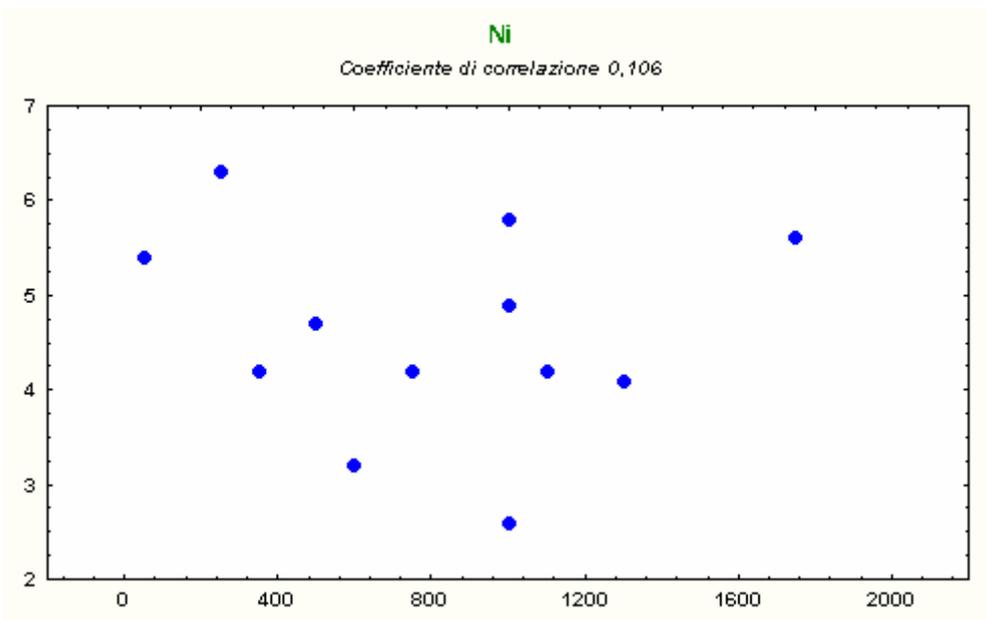


Fig.36 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza fra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

Piombo (Pb)

Il piombo presenta un andamento di accumulo piuttosto costante nell'area. La sua concentrazione media è di 8,75 ppm e risulta essere superiore al valore di background nazionale stimato in Italia che è di 2,42 ppm. In corrispondenza della stazione S6B posta a E in direzione del centro abitato di Gubbio, è stato rilevato il picco anomalo che è pari a 31,1 ppm. Essendo la S6B in una zona marginale dell'area A, e quindi suscettibile di interferenze da parte di probabili altre sorgenti inquinanti, si rimanda ad ulteriori studi la problematica di stabilire l'esatta dinamica di deposizione di questo metallo.

Staz.	ppm
S1B	6,09
S2B	4,81
S3B	5,01
S4B	8,98
S5B	4,07
S6B	31,1
S7B	8,85
S8B	5,97
S9B	7,45
S10B	8,74
S11B	8,76
S12B	5,24

Val. medio 8,755
Val. min. 4,07
Val. max 31,1
Dev. standard 7,260

Tab. 13 – Concentrazione di Piombo nelle singole stazioni e relative statistiche.

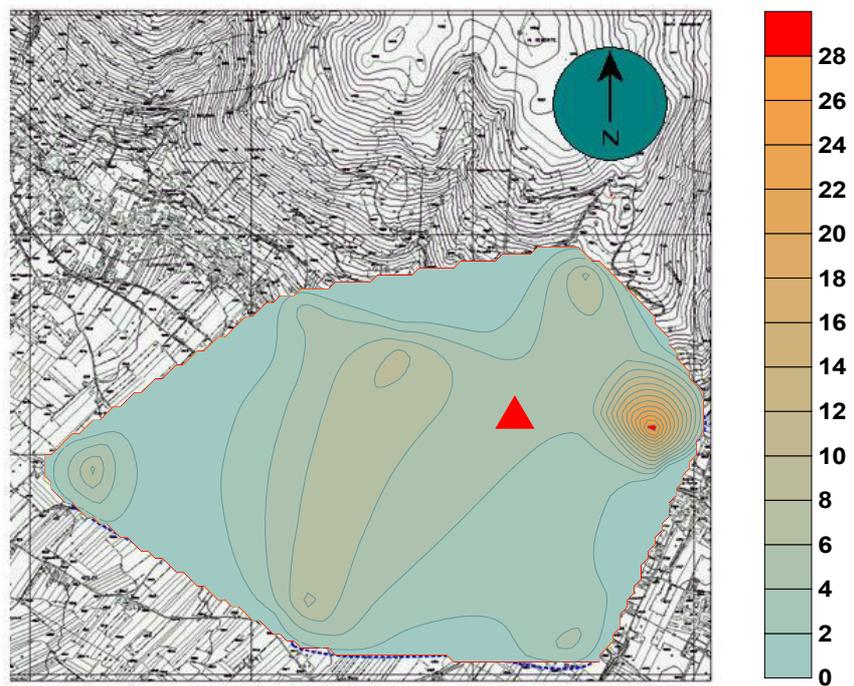


Fig. 37 – Carta della deposizione del Piombo con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

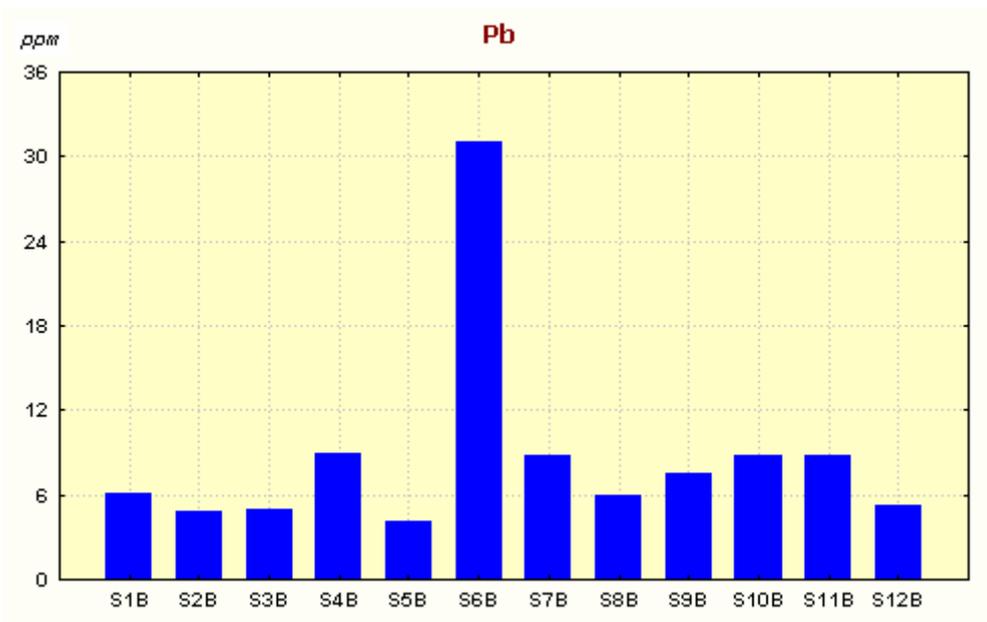


Fig 38– Grafico delle concentrazioni di Piombo in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

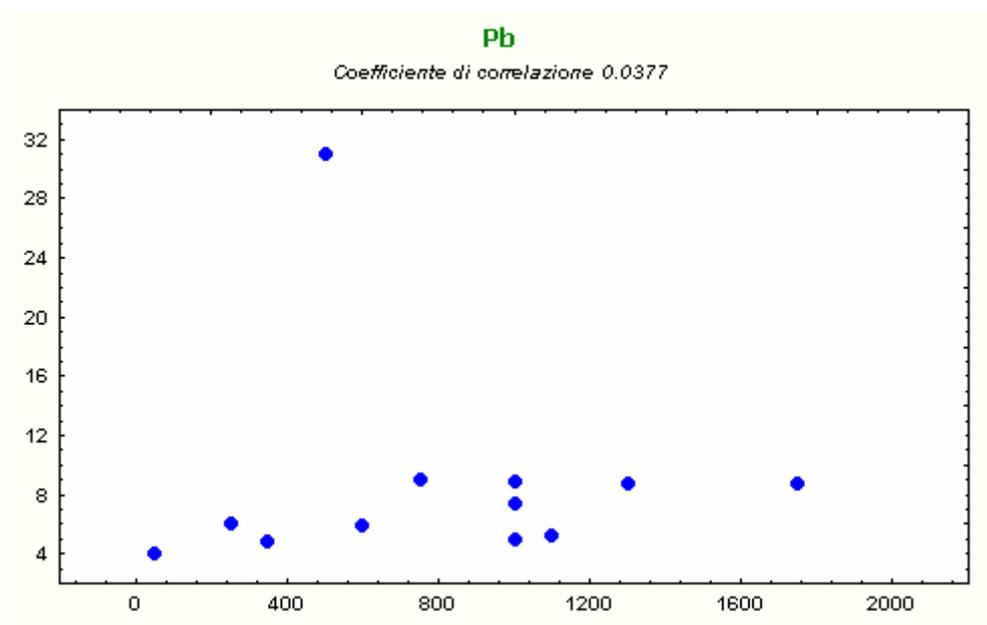


Fig.39 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza fra le stazioni e l’impianto (in ascissa).

Titanio (Ti)

Il titanio riporta un valore medio di 110,16 ppm. Il range rilevato nell'area A comprende un valore minimo di 59 ppm in corrispondenza della stazione S12B, posta a sud nella parte orientale e 181 ppm nella stazione 6SB a est in direzione del centro di Gubbio. Le stazioni S6B, S7B, S8B nel quadrante nord orientale dell'area e le S9B, S10B a sud dell'impianto e della strada statale Pian d'Assino, sono quelle che hanno riportato i maggiori valori di accumulo ma al momento la mancanza di dati per il confronto delle concentrazioni con le medie background stimate in ambito nazionale, rimanda il commento ad ulteriori aggiornamenti.

Staz.	ppm
S1B	60
S2B	72
S3B	101
S4B	111
S5B	90
S6B	181
S7B	136
S8B	138
S9B	133
S10B	144
S11B	97
S12B	59

Val. medio 110.16
Val. min. 59
Val. max 181
Dev. standard 37,394

Tab. 14 – Concentrazione di Titanio nelle singole stazioni e relative statistiche.

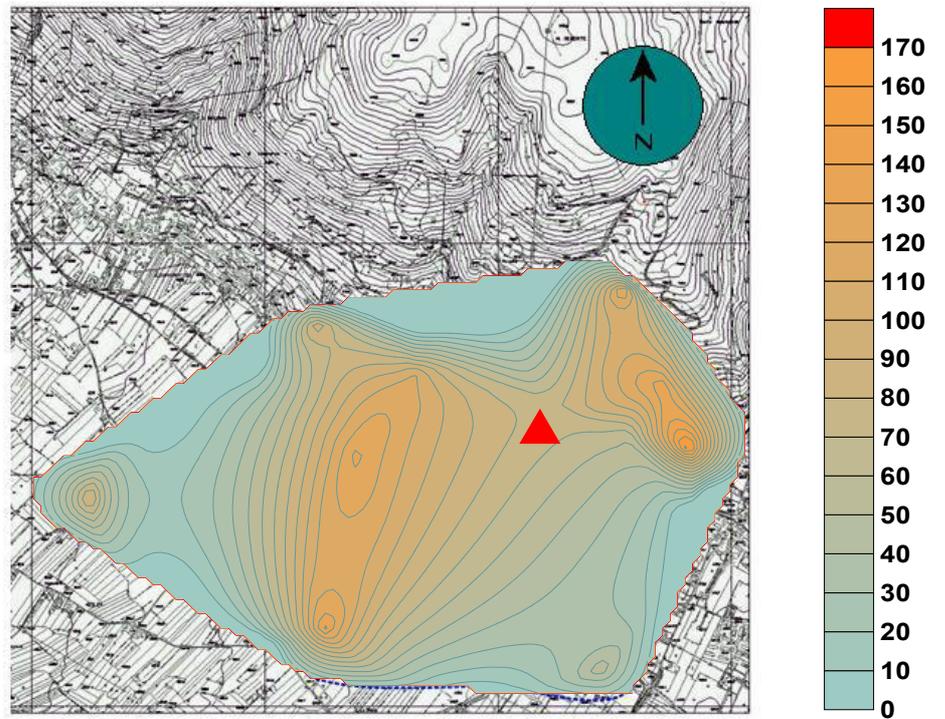


Fig. 40 – Carta della deposizione del Titanio con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

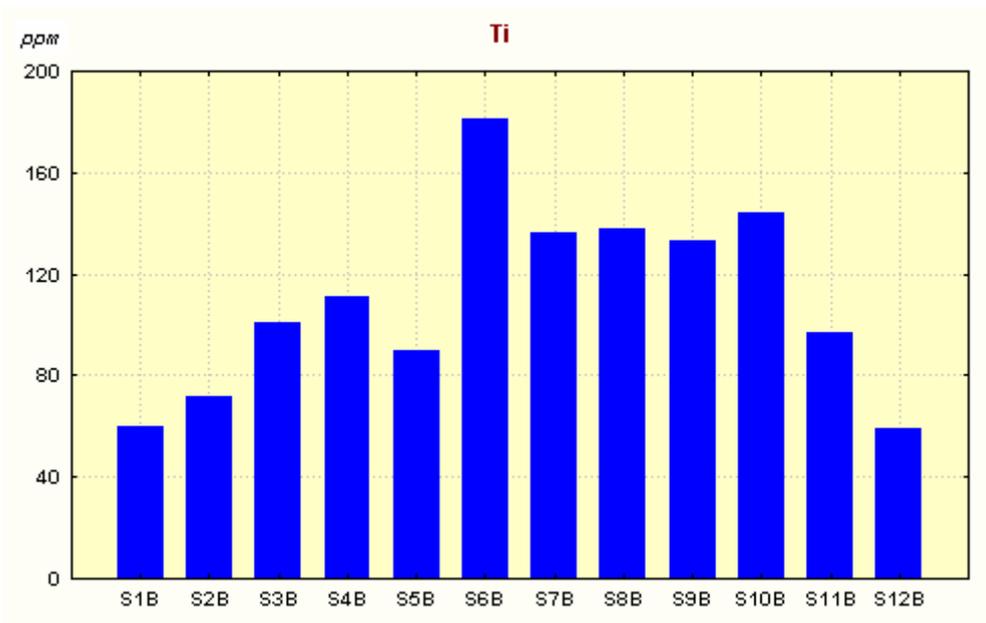


Fig 41– Grafico delle concentrazioni di Titanio in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

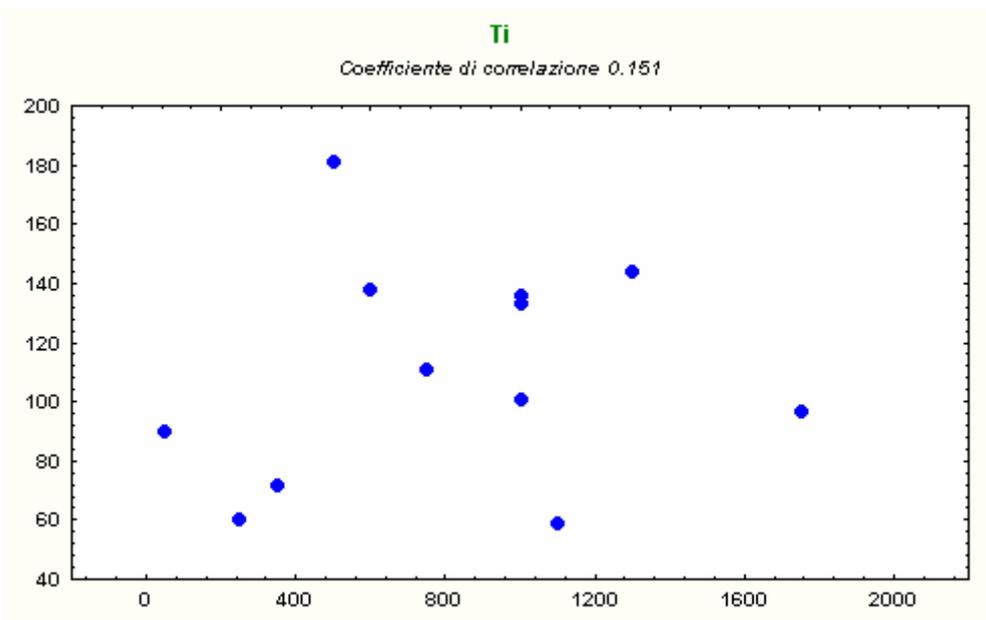


Fig.42– Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza fra le stazioni e l’impianto (in ascissa).

Vanadio (V)

La deposizione del vanadio nei talli lichenici riporta un valore medio di 6.19 ppm, più di sette volte superiore al valore di background stimato in abito nazionale che è pari a 0,82 ppm. La diffusione di questo inquinante mostra un picco di 9,9 ppm in corrispondenza della stazione S6B. E' tuttavia da chiarire la dinamica di deposizione presso questa stazione in quanto è attigua con altre probabili sorgenti di emissione, pertanto lo studio necessita di una ulteriore verifica per stabilire l'esatta provenienza di questo metallo. Normalmente il Vanadio in natura non è ritenuto un forte contaminante per la sua scarsa solubilità. Le principali sorgenti sono di origine antropogenica e sono rappresentate soprattutto dalla combustione di petrolio e carbone (EPA, 1977).

Staz.	ppm
S1B	3,4
S2B	3,7
S3B	4,2
S4B	5,9
S5B	5,8
S6B	9,9
S7B	7,4
S8B	6,2
S9B	8,9
S10B	7,9
S11B	7,4
S12B	3,6

Val. medio 6,191
Val. min. 3,4
Val. max 9,9
Dev. standard 2,171

Tab. 15 – Concentrazione di Vanadio nelle singole stazioni e relative statistiche.

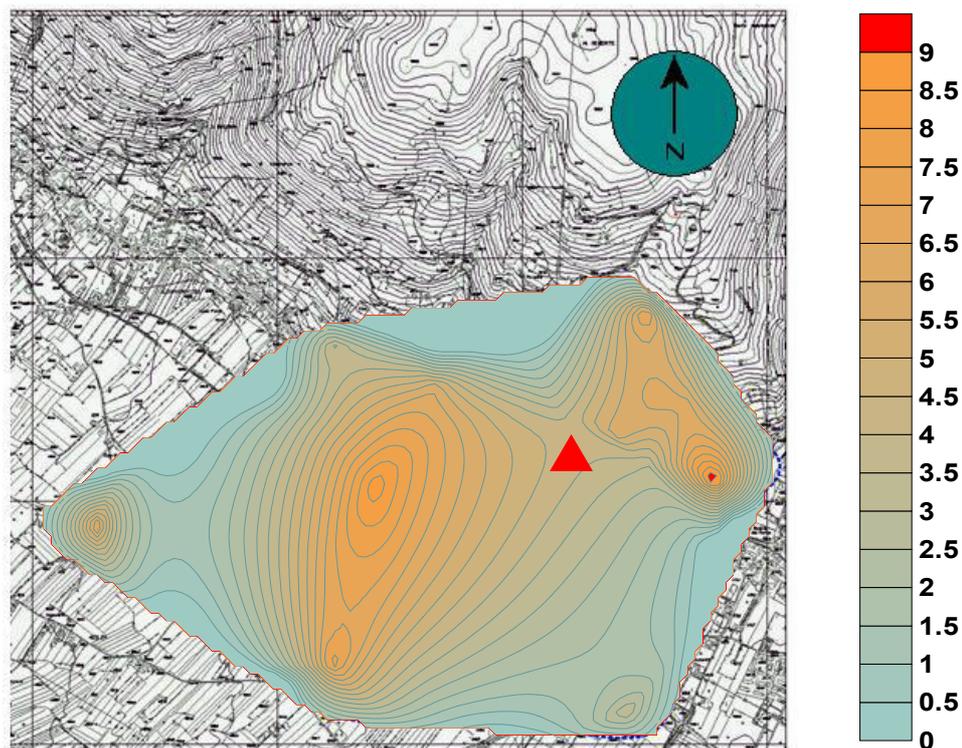


Fig. 43 – Carta della deposizione del Vanadio con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

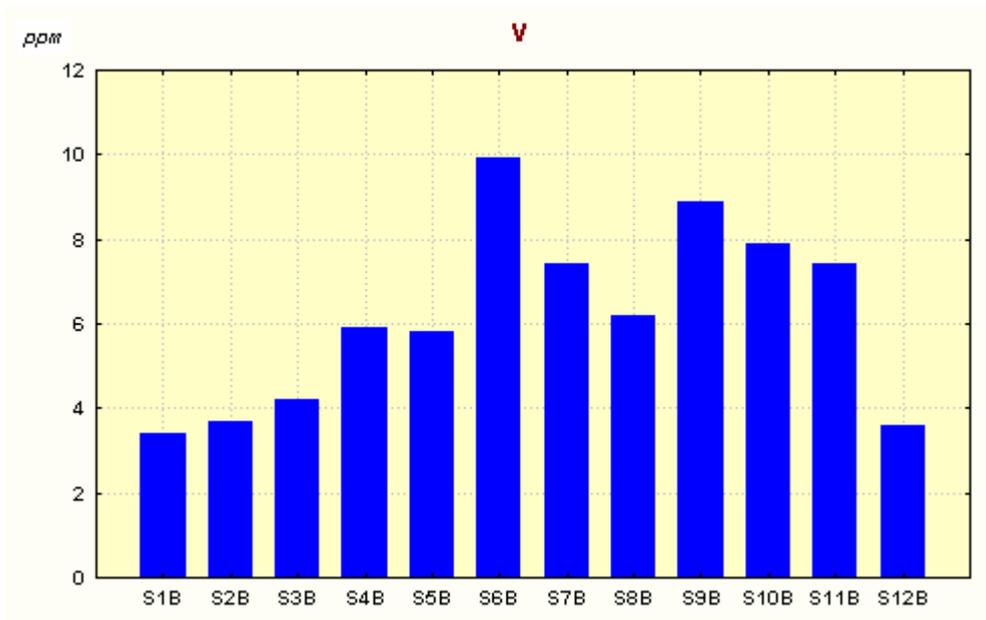


Fig 44– Grafico delle concentrazioni di Vanadio in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

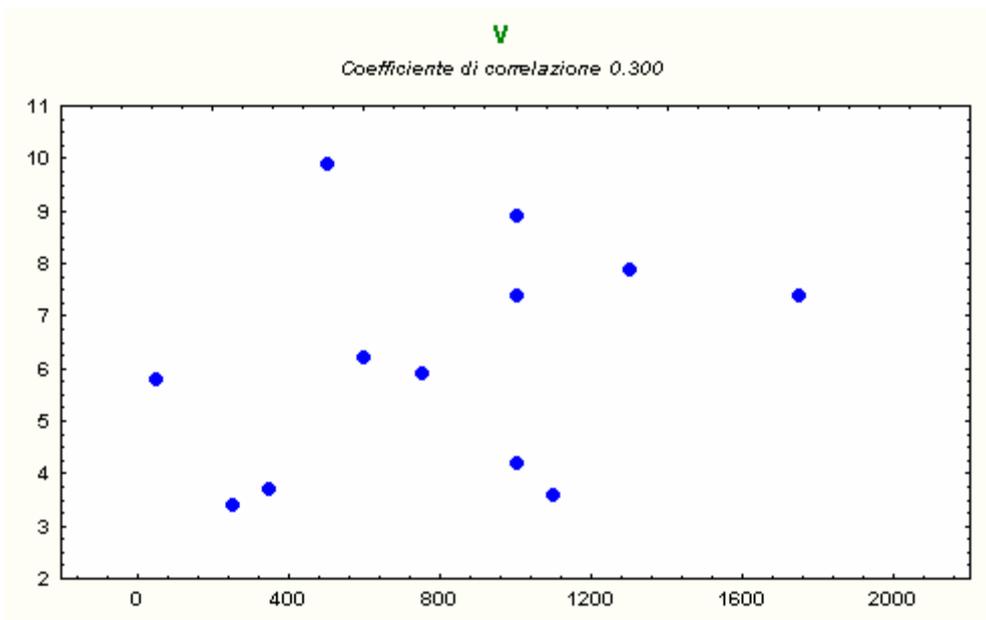


Fig.45 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza fra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

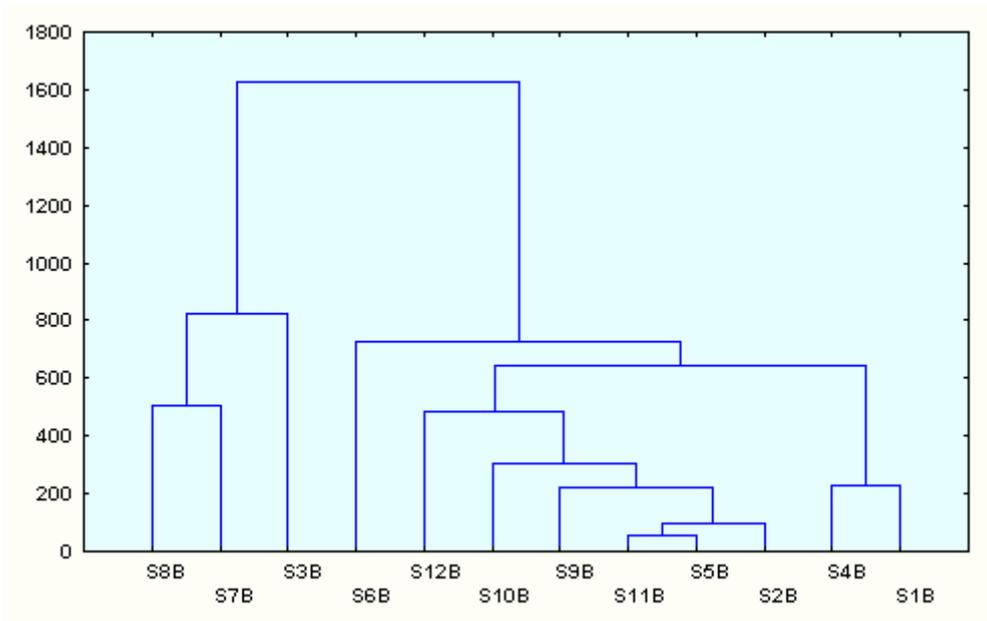


Fig. – 46 Dendrogramma delle stazioni ottenuto con i dati delle concentrazioni medie nei singoli metalli nelle 12 stazioni.

Dati area B

Ciascuna delle 9 stazioni è stata contrassegnata con un codice alfanumerico (es. S1C), dove la prima lettera ed il numero indicano la stazione ed il suo numero progressivo, mentre l'ultima lettera fa riferimento al cementificio Colacem.

Stazione	Località
S1C	Cognola
S2C	Cognola
S2C	Ghigiano
S3C	Ponte Maccagnana
S4C	C. Ghigino
S5C	C. Ghigino
S6C	Ghigiano
S7C	Fornace Presciutti
S8C	Padule
S9C	Il Molinetto

Cloruri solubili

I Cloruri solubili rilevati presso l'area B presentano valori piuttosto elevati: la loro concentrazione media è di 983,28 ppm e sono distribuiti uniformemente su tutte le stazioni monitorate. Unica eccezione è rappresentata dalla stazione S2C posta a NNE rispetto all'impianto. Le punte massime di concentrazione sono state riscontrate nelle stazioni S6C e S7C poste rispettivamente a S e N. La deposizione di questo composto si può definire di tipo radiale rispetto al punto di emissione. Data l'estensione limitata dell'area indagata, non è conosciuto tuttavia il trend migratorio di questo inquinante verso i centri abitati principali.

Staz.	ppm
S1C	806
S2C	16.5
S3C	807
S4C	957
S5C	1134
S6C	1581
S7C	1622
S8C	1063
S9C	863

Val. medio 983,277
Val. min. 16,50
Val. max 1622
Deviazione standard 475,214

Tab. 16 – Concentrazione di Cloruri solubili nelle singole stazioni e relative statistiche.

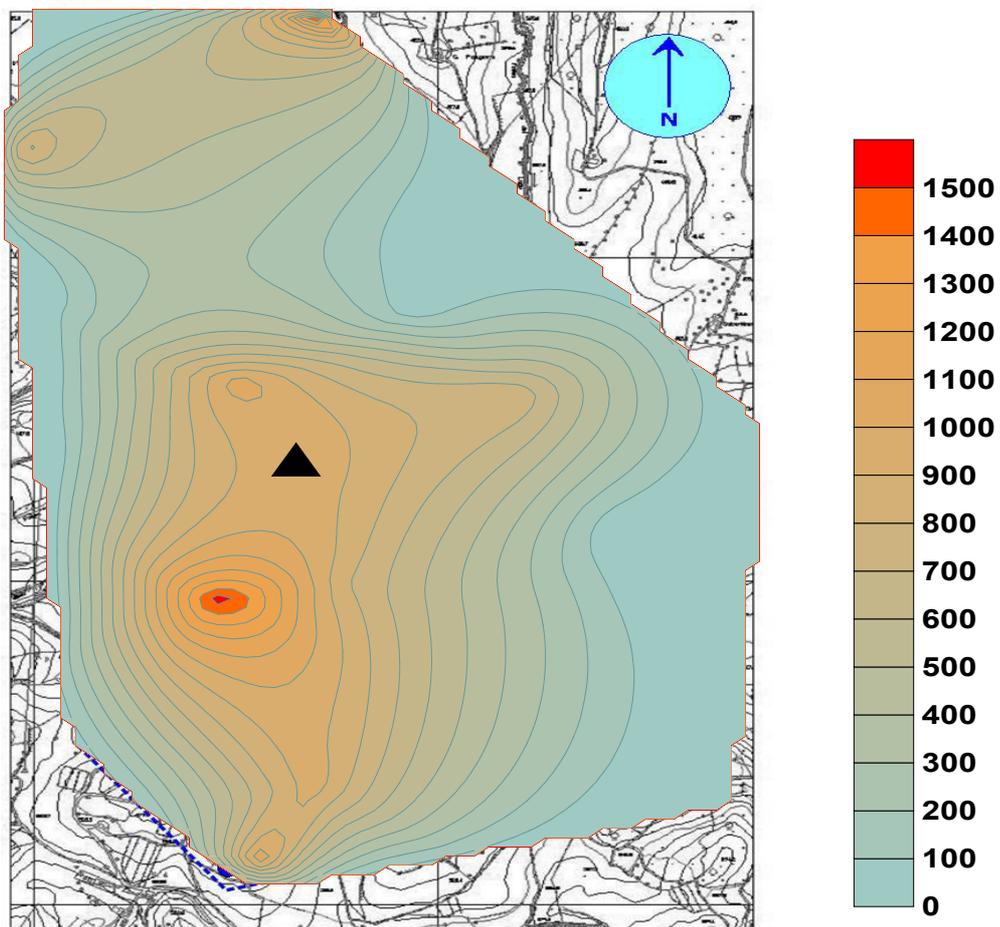


Fig. 47 – Carta della deposizione dei Cloruri solubili con relativa scala in ppm.
L'impianto è indicato con un triangolo.

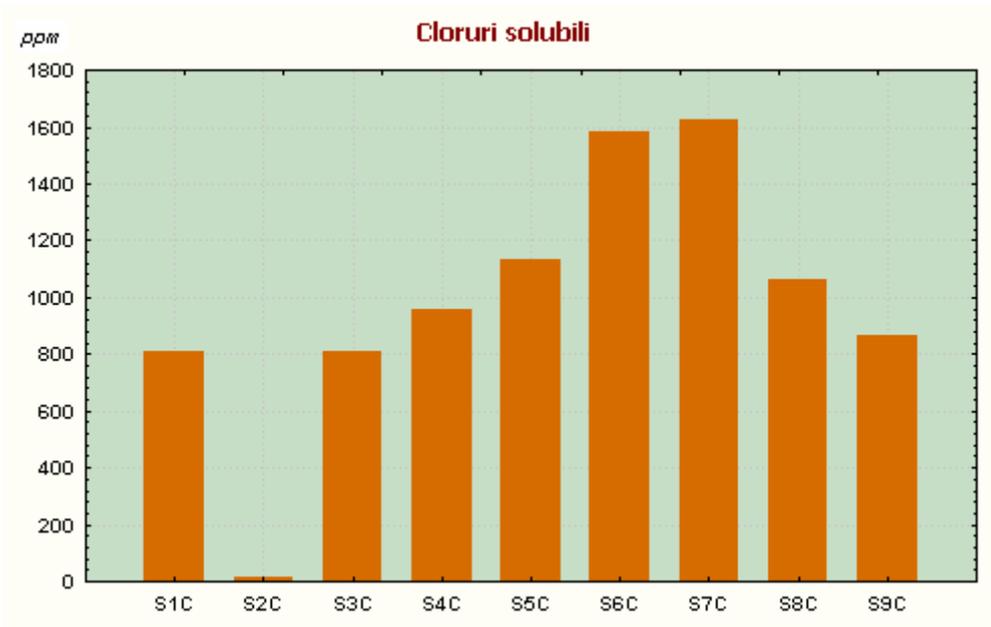


Fig 48– Grafico delle concentrazioni di Cloruri solubili in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

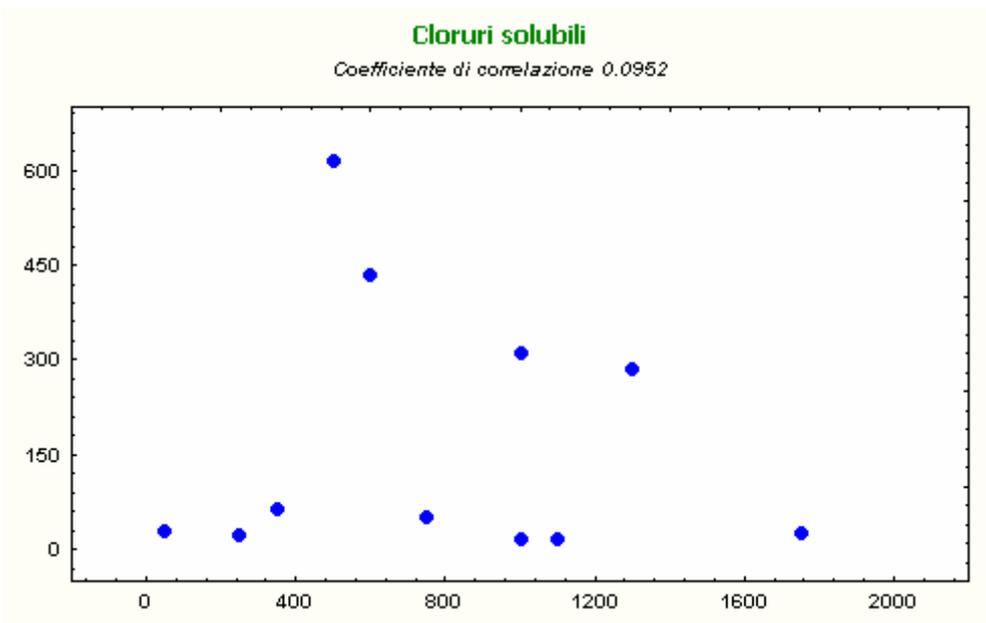


Fig.49 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza fra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

Fluoruri solubili

I Fluoruri solubili presentano un andamento analogo a quello dei Cloruri solubili. Anche in questo caso il valore minimo è stato riscontrato nella stazione S2C situata a NNE dell'impianto. Per quanto riguarda l'accumulo nelle altre stazioni, si presenta una certa uniformità di deposizione con una punta massima (119 ppm) in corrispondenza della stazione S6C posta a S dell'impianto.

Staz.	ppm
S1C	62,9
S2C	12,8
S3C	57
S4C	64,2
S5C	84,3
S6C	119
S7C	48,2
S8C	61,2
S9C	41,5

Val. medio 61,233
Val. min. 12,8
Val. max 119
Dev. standard 29,162

Tab. 17 – Concentrazione di Fluoruri solubili nelle singole stazioni e relative statistiche.

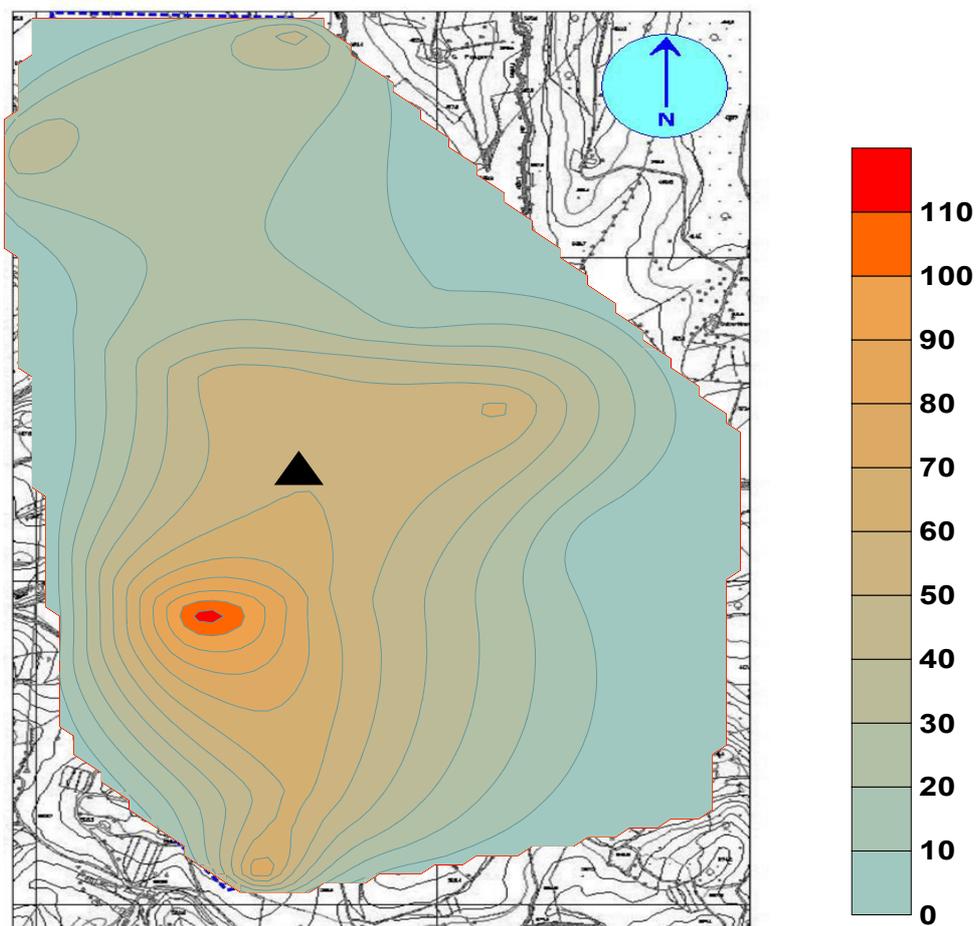


Fig. 50 – Carta della deposizione dei Fluoruri solubili con relativa scala in ppm.
L'impianto è indicato con un triangolo.

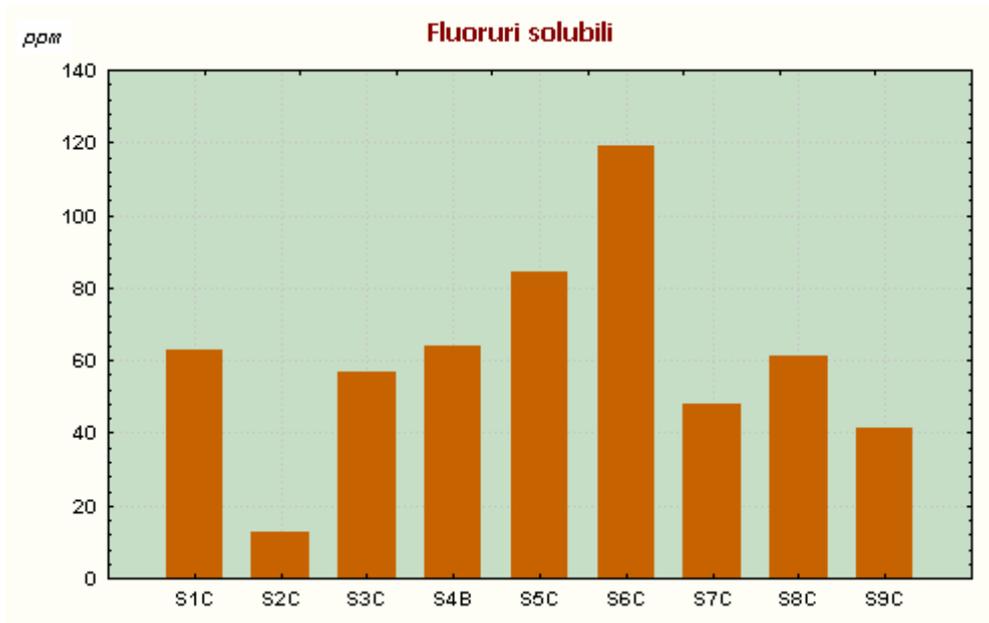


Fig 51– Grafico delle concentrazioni di Fluoruri solubili in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

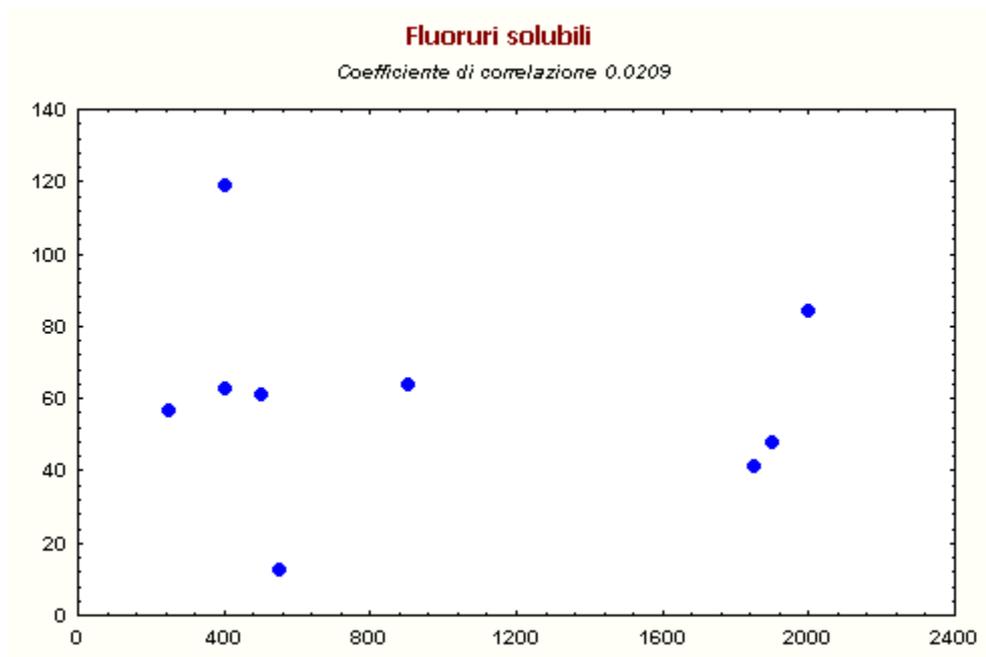


Fig.52– Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza fra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

Alluminio (Al)

L'alluminio è un elemento molto abbondante in natura e la sua presenza in qualità di contaminante nei talli lichenici è legata anche alle caratteristiche geopedologiche dei suoli. Nell'area B i valori riscontrati nelle relative stazioni è nettamente superiore ai valori nazionali di background (250 ppm). Il picco massimo (1390 ppm) è stato rilevato nella stazione S8C, in corrispondenza al tratto stradale in prossimità dell'area di ingresso del cementificio dove sussiste un evidente sollevamento di polveri.

L'alluminio è tuttavia ritenuto in letteratura un metallo a bassa tossicità.

Staz.	ppm
S1C	1167
S2C	1320
S3C	1213
S4C	1220
S5C	1351
S6C	1190
S7C	1210
S8C	1390
S9C	1257

Val. medio 1257,56
Val. min. 1167
Val. max 1390
Deviazione standard 77,937

Tab. 18 – Concentrazione di Alluminio nelle singole stazioni e relative statistiche.

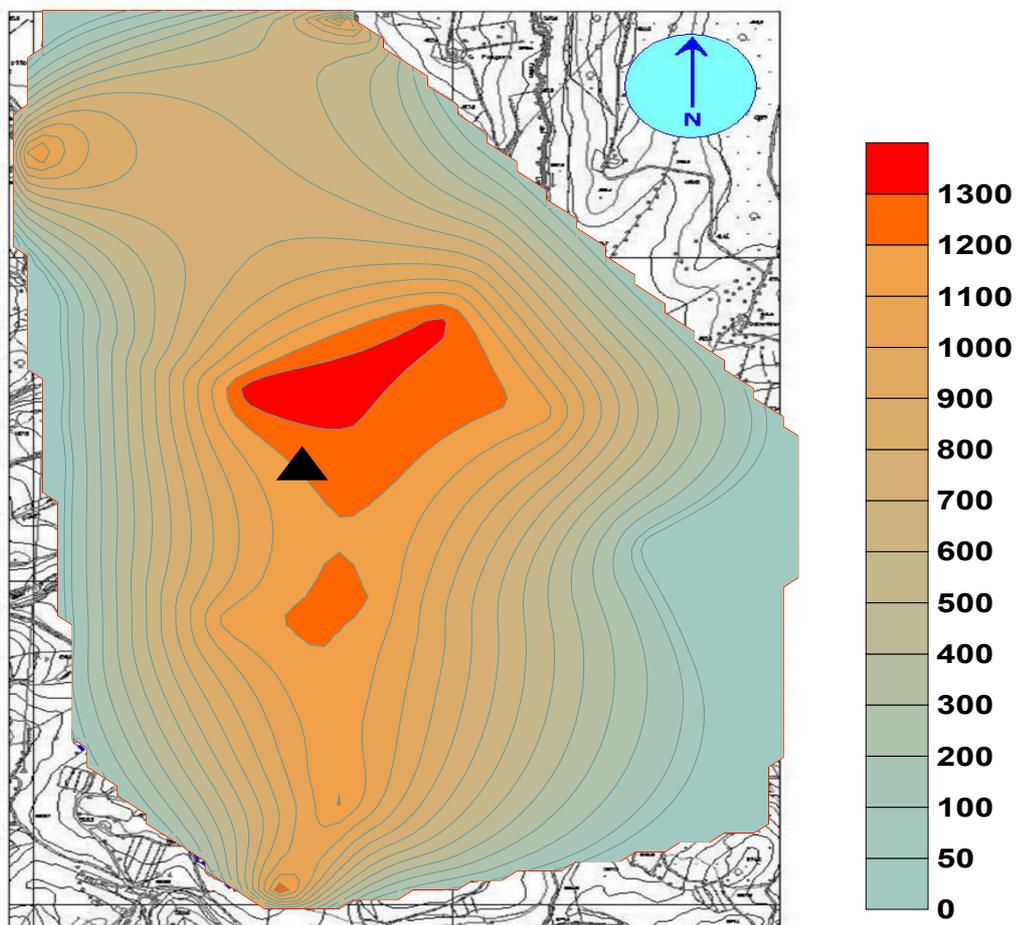


Fig. 53 – Carta della deposizione dell' Alluminio con relativa scala in ppm.
L'impianto è indicato con un triangolo.

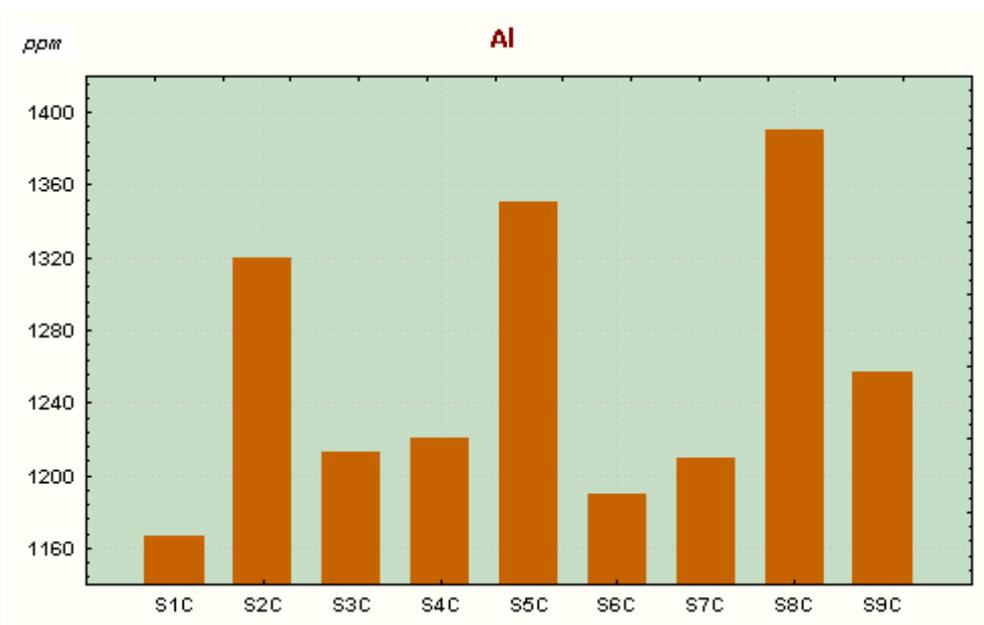


Fig 54- Grafico delle concentrazioni di Alluminio in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

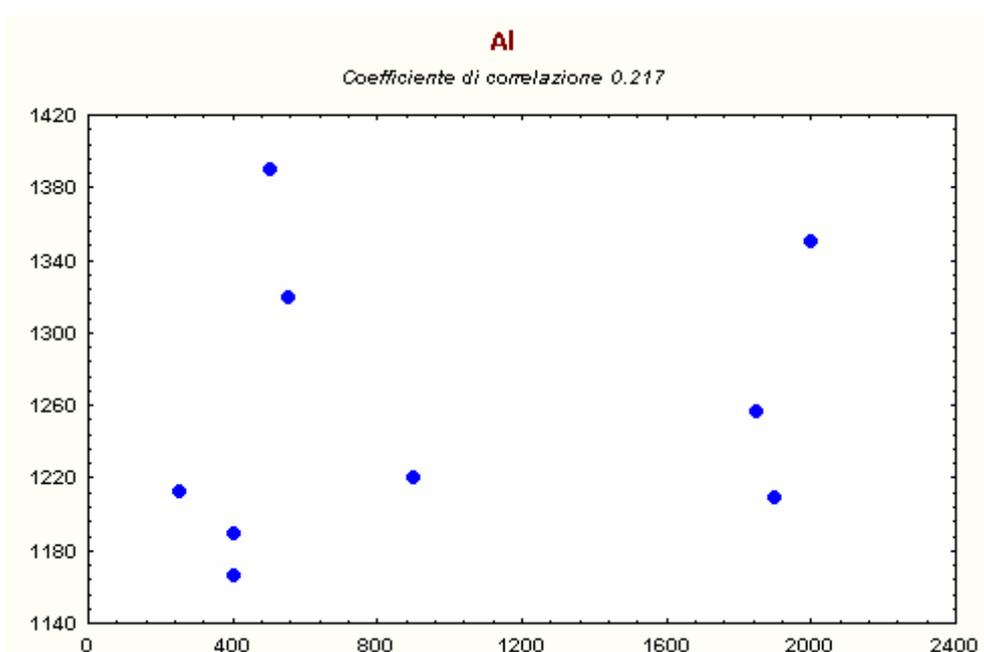


Fig.55– Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza fra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

Arsenico (As)

La deposizione dell'arsenico è piuttosto omogenea, le stazioni hanno rilevato una concentrazione media di 0.5 mg/Kg ad eccezione della S8C e S9C poste entrambe nel quadrante NNO dove è stato riscontrato il valore di 1.1 ppm. Il background nazionale riscontrato nei talli lichenici è di 0.25 ppm.

Staz.	ppm
S1C	0,3
S2C	0,8
S3C	0,1
S4C	0,3
S5C	0,5
S6C	0,4
S7C	0,4
S8C	1,1
S9C	1,1

Val. medio 0,555
Val. min. 0,1
Val. max 1,1
Deviazione standard 0,360

Tab. 19– Concentrazione di Arsenico nelle singole stazioni e relative statistiche.

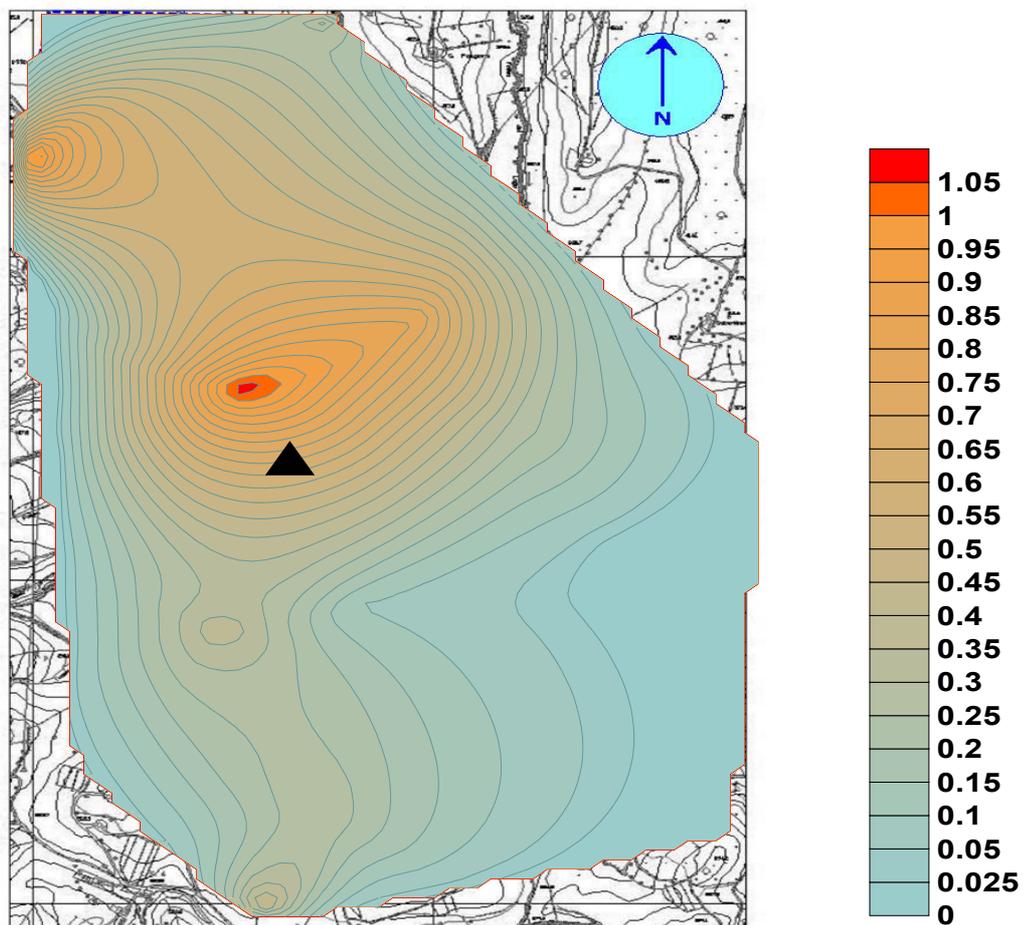


Fig. 56 – Carta della deposizione dell’Arsenico con relativa scala in ppm.
L’impianto è indicato con un triangolo.

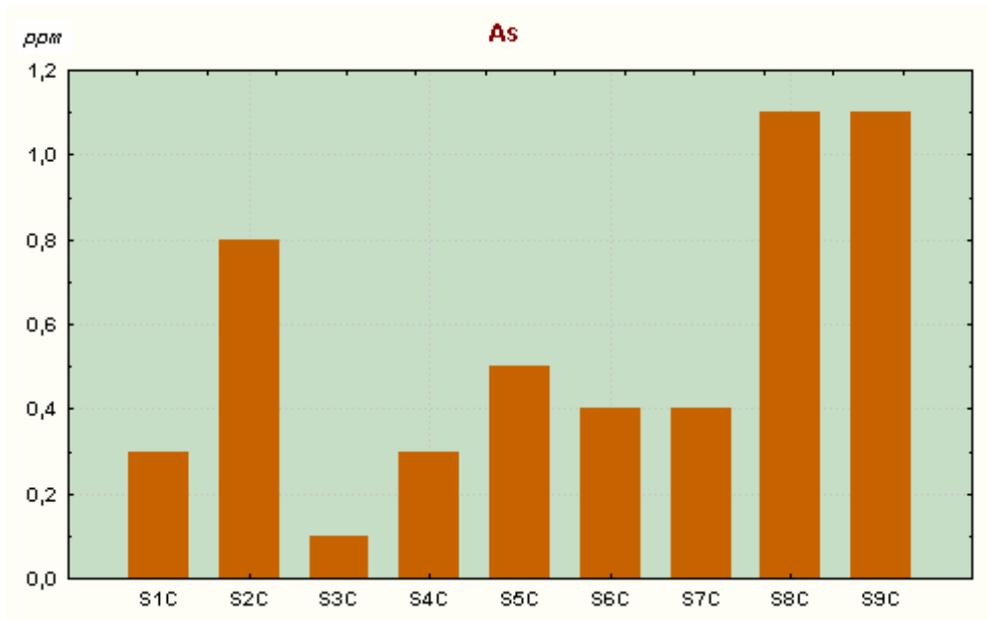


Fig 57 - Grafico delle concentrazioni di Arsenico in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

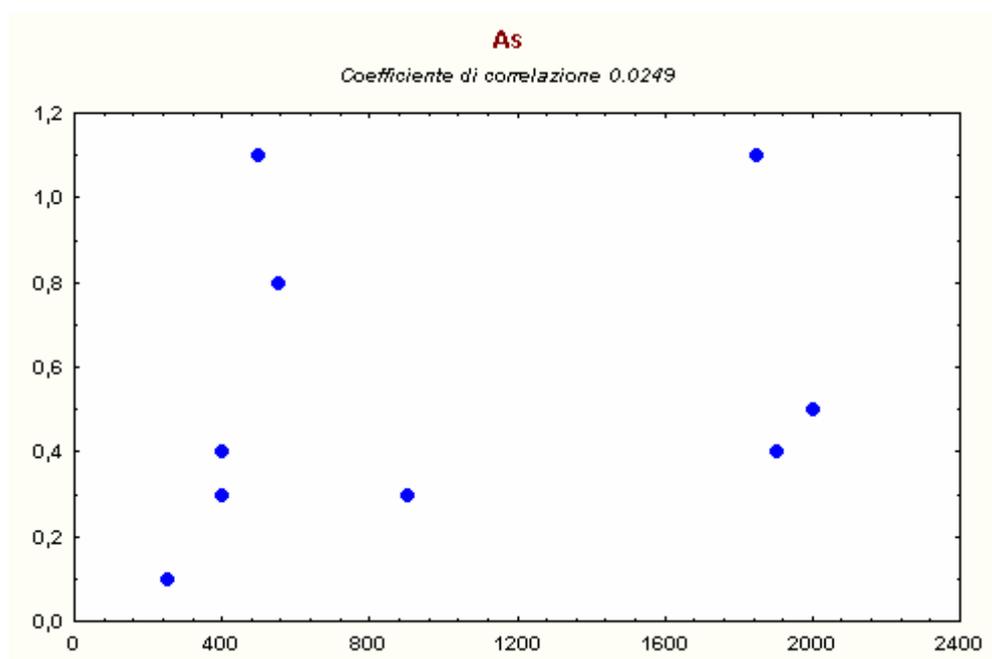


Fig.58 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza fra le stazioni e l’impianto (in ascissa).

Cadmio (Cd)

Il cadmio presenta una concentrazione omogenea e piuttosto elevata in tutte le stazioni dell'area B. Il valore medio rilevato è pari a 0.145 ppm mentre i valori di background nazionale sono riferiti ad una concentrazione di 0.08 ppm. In due stazioni, S2C e S8C l'accumulo nei talli lichenici raggiunge rispettivamente 0.243 e 0.240 ppm, 3 volte superiore al background nazionale. La minor concentrazione (0.095 ppm e molto vicina al valore di background) è stata rilevata nella stazione S5C, situata a S nella zona collinare più elevata rispetto al punto di emissione in un'area destinata a pascolo e probabilmente meno coinvolta per effetti di trasporto, mentre le stazioni nella parte più bassa di quest'area hanno una concentrazione media più elevata (0.18 ppm).

Staz.	ppm
S1C	0,131
S2C	0,243
S3C	0,115
S4C	0,113
S5C	0,095
S6C	0,135
S7C	0,103
S8C	0,132
S9C	0,240

Val. medio 0,145
Val. min. 0,095
Val. max 0,243
Deviazione standard 0,056

Tab. 20– Concentrazione di Cadmio nelle singole stazioni e relative statistiche.

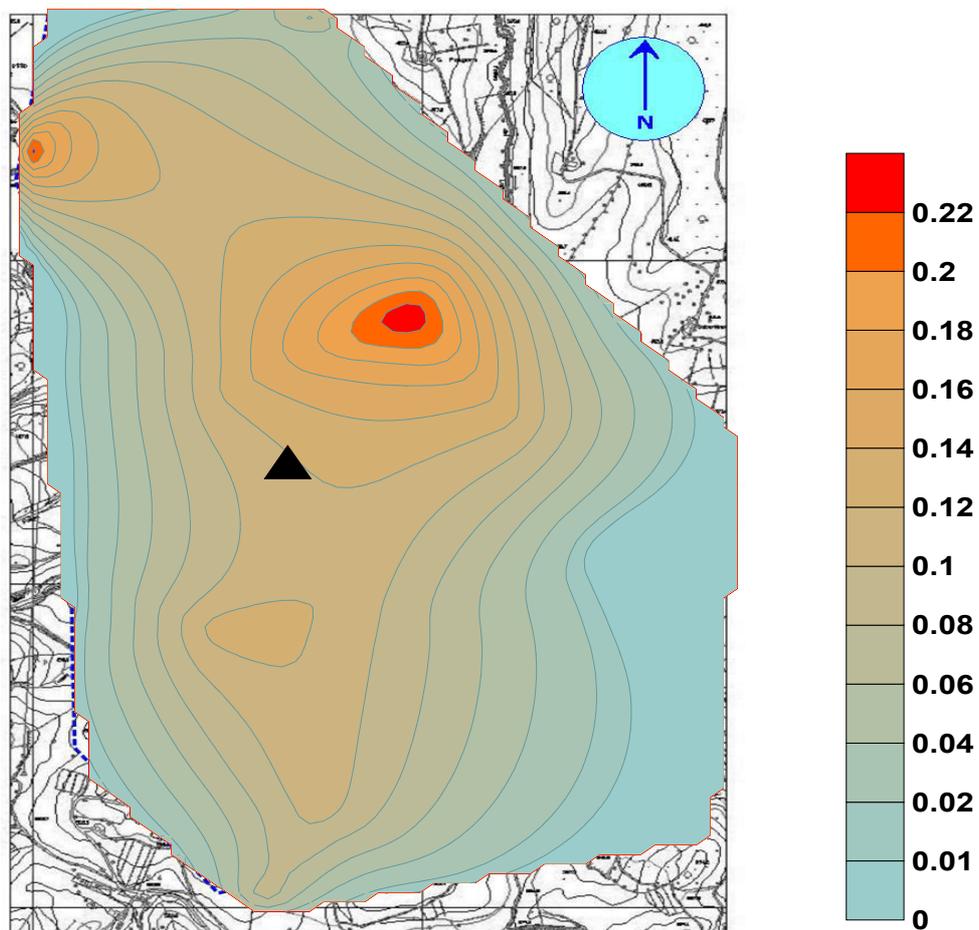


Fig. 59 – Carta della deposizione del Cadmio con relativa scala in ppm.
L'impianto è indicato con un triangolo.

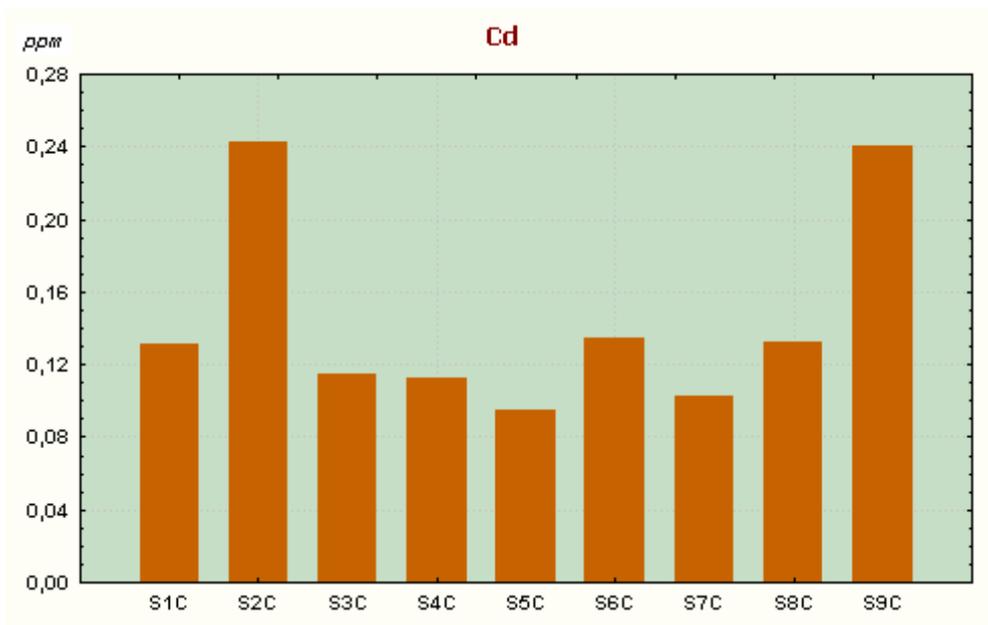


Fig 60 - Grafico delle concentrazioni di Cadmio in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

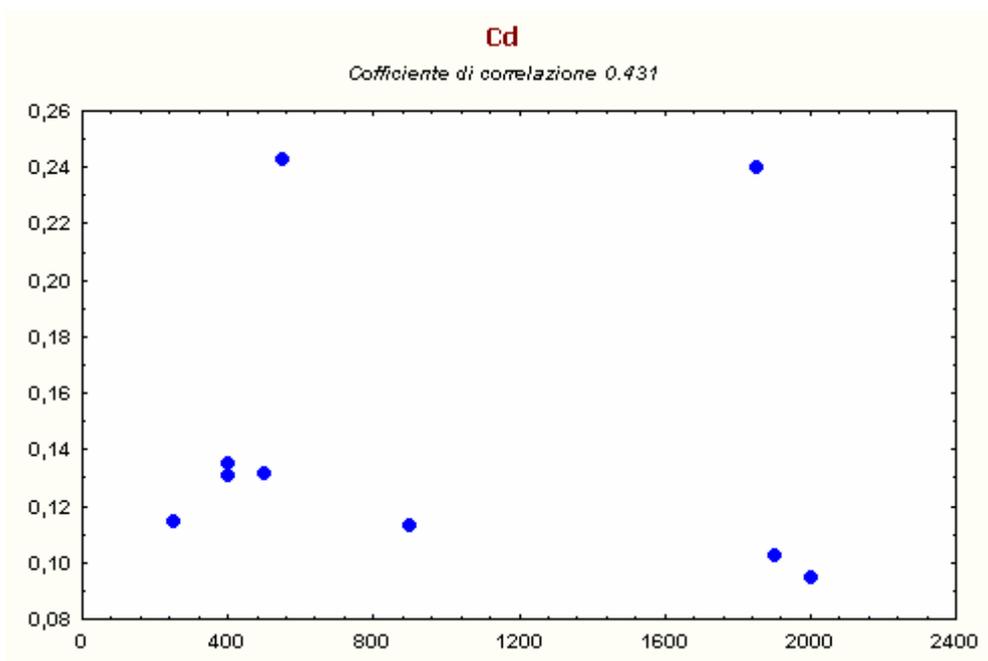


Fig.61– Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza fra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

Cromo (Cr)

I valori di contaminazione del cromo riscontrati nell'area B sono elevati. Il valore medio è pari a 3.84 ppm, quasi 4 volte del background nazionale che è di 0.98 ppm. La sua deposizione è radiale dalla sorgente di emissione ed i valori sono abbastanza omogenei in tutta l'area.

Staz.	ppm
S1C	4,1
S2C	5,2
S3C	4,1
S4C	2,6
S5C	4,5
S6C	3,1
S7C	3,1
S8C	4,5
S9C	3,4

Val. medio 3,844
Val. min. 2,60
Val. max 5,20
Deviazione standard 0,842

Tab. 21– Concentrazione di Cromo nelle singole stazioni e relative statistiche.

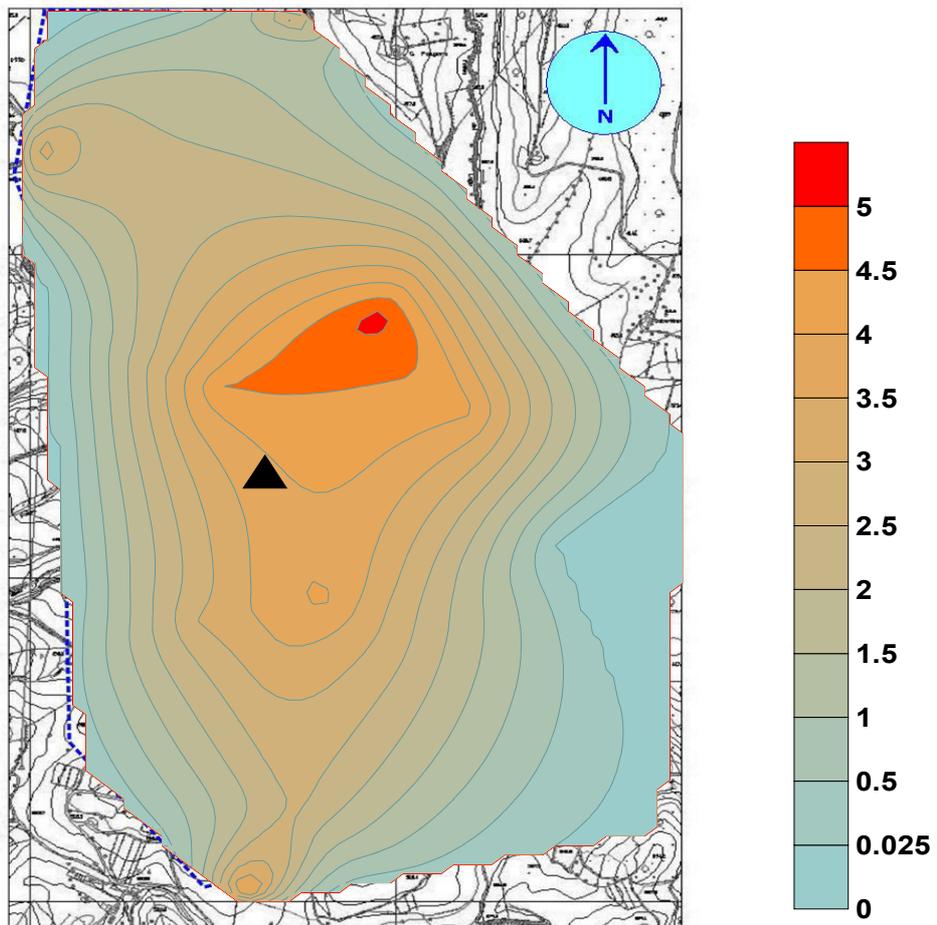


Fig. 62 – Carta della deposizione del Cromo con relativa scala in ppm.
L'impianto è indicato con un triangolo.

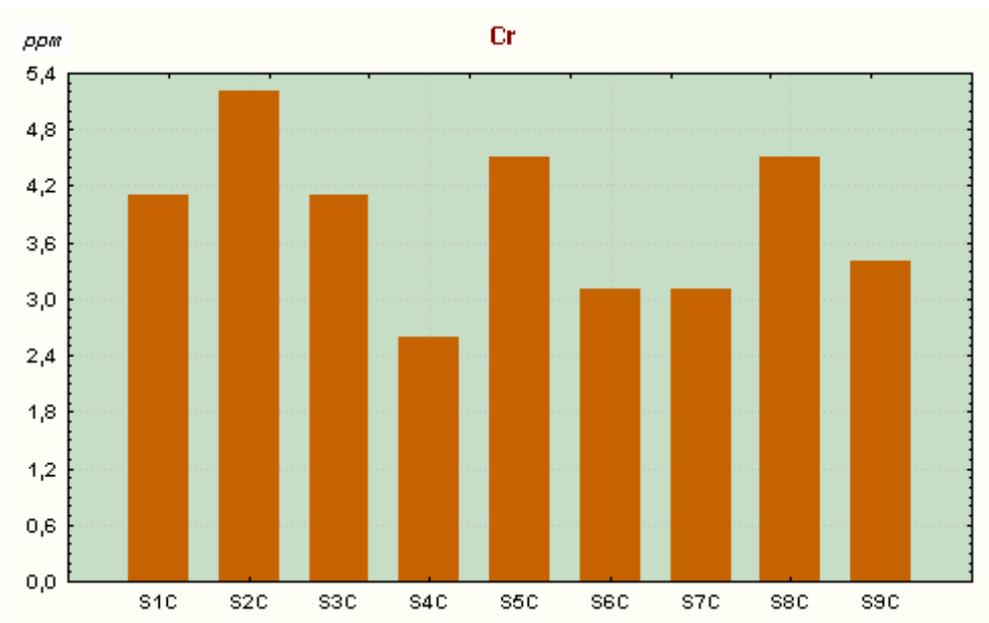


Fig 63- Grafico delle concentrazioni di Cromo in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

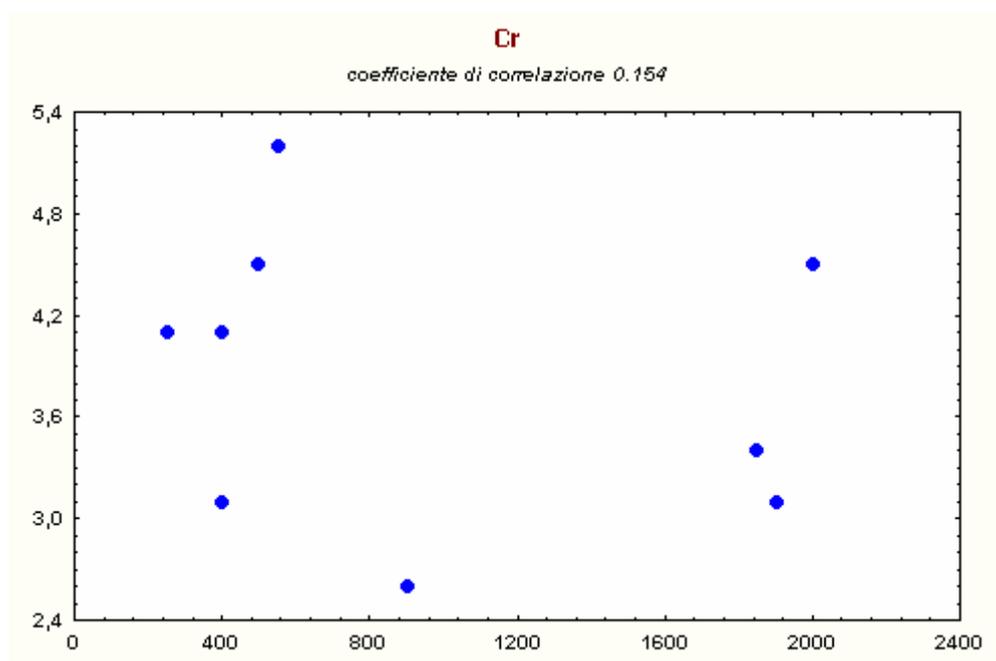


Fig.64– Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza fra le stazioni e l’impianto (in ascissa).

Rame (Cu)

Nella deposizione del rame sono stati riscontrati valori di concentrazione relativamente alti, il valore medio nell'area è pari a 7.72 ppm, mentre il riferimento del background nazionale è di 4.40 ppm. A parte un picco anomalo nella stazione S3C corrispondente ad una zona non sospetta, l'andamento generale riguarda accumuli da mettere in relazione più che altro alla vicinanza delle stazioni a vigneti e campi coltivati dove probabilmente per le pratiche agricole si utilizzano composti a base di rame come anticrittogamici.

Staz.	ppm
S1C	7,1
S2C	9,5
S3C	10,1
S4C	5,7
S5C	6,9
S6C	6,9
S7C	6,6
S8C	8,9
S9C	7,8

Val. medio 7,722
Val. min. 5,70
Val. max 10,10
Deviazione standard 1,470

Tab. 22– Concentrazione di Rame nelle singole stazioni e relative statistiche.

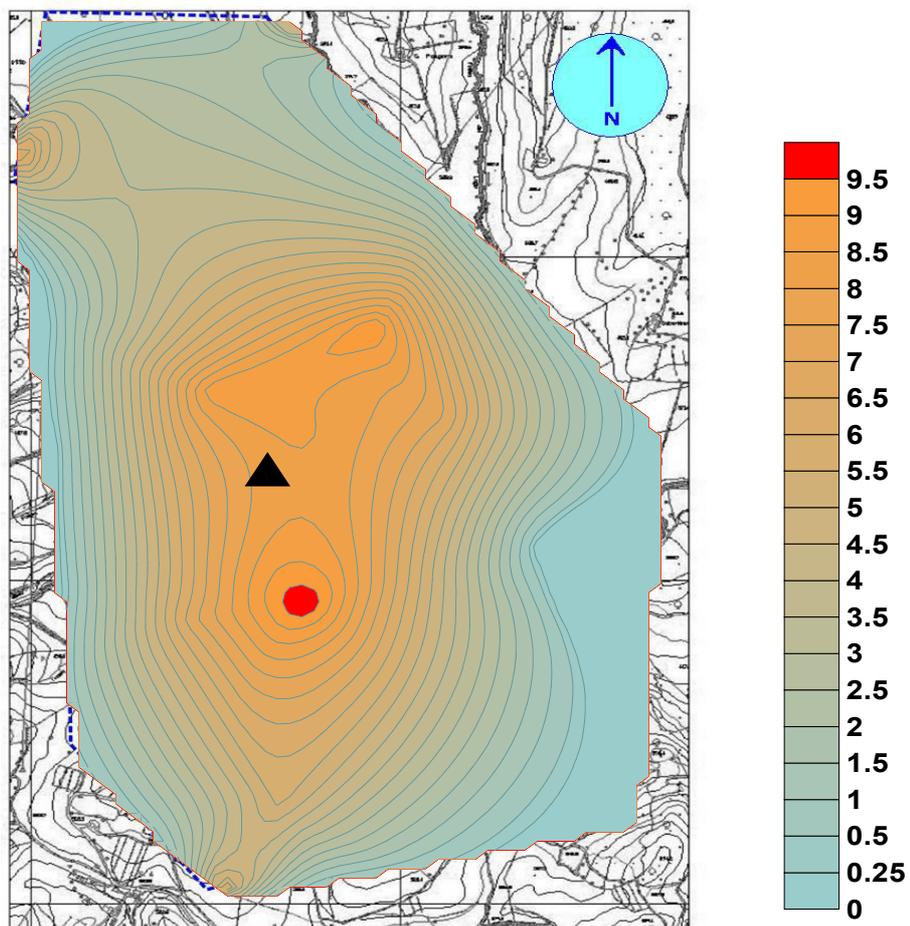


Fig. 65 – Carta della deposizione del Rame con relativa scala in ppm.
L'impianto è indicato con un triangolo.

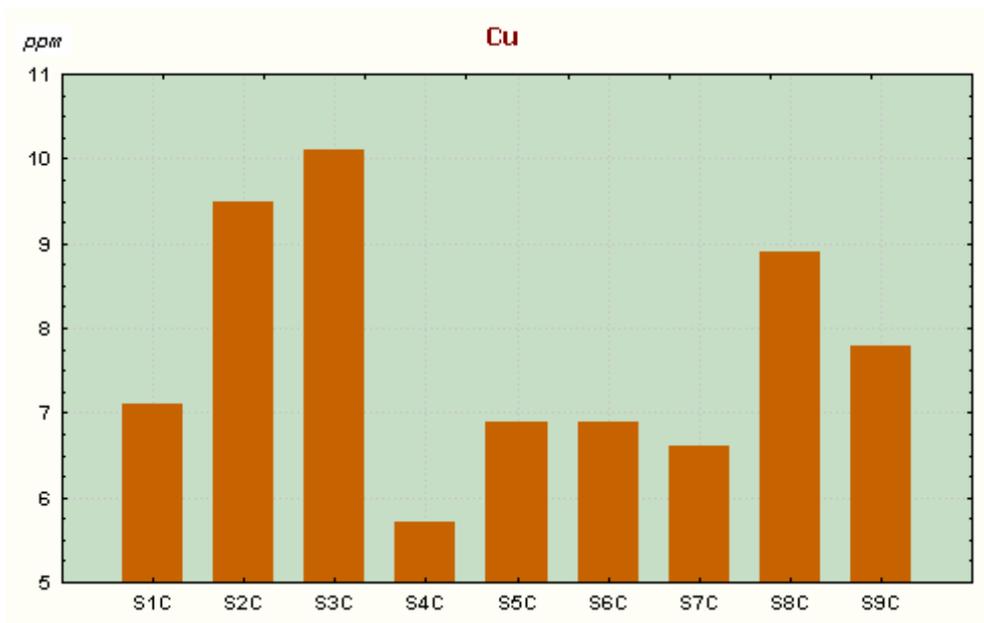


Fig 66 - Grafico delle concentrazioni di Rame in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

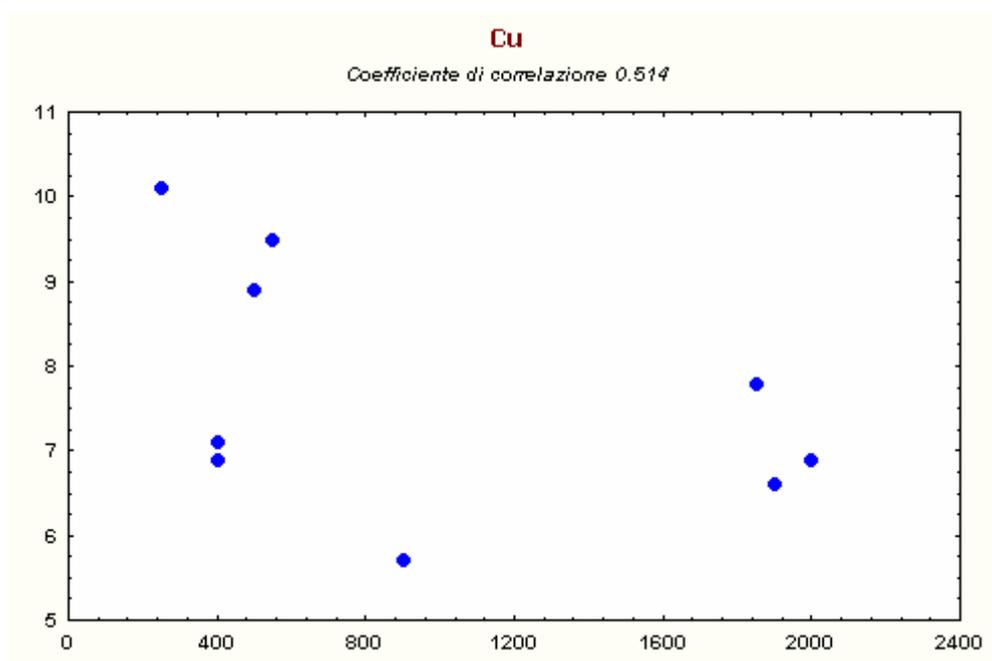


Fig.67 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza fra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

Ferro (Fe)

Il ferro è un elemento abbondante in natura e come l'alluminio la sua presenza è correlata alle caratteristiche geopedologiche dei suoli. Considerata quindi la contaminazione terrigena, rimane tuttavia nell'area una concentrazione molto elevata di questo inquinante; mentre il valore di background nei talli lichenici secondo la stima nazionale è di 230 ppm, l'area B riporta una concentrazione media di 1276 ppm , più di 5 volte maggiore. Confrontando i grafici alluminio e ferro, si nota un andamento molto simile; i picchi alti sono in corrispondenza delle stazioni S2C e S5C, mentre il picco massimo è in entrambe in corrispondenza della stazione S8C posta nelle vicinanze dell'ingresso del cementificio dove è evidente un continuo sollevamento di polveri dovuto al traffico pesante.

Staz.	ppm
S1C	1253
S2C	1497
S3C	1277
S4C	919
S5C	1460
S6C	1032
S7C	1118
S8C	1653
S9C	1276

Val. medio 1276,11
Val. min. 919
Val. max 1653
Deviazione standard 233,801

Tab. 23– Concentrazione di Ferro nelle singole stazioni e relative statistiche.

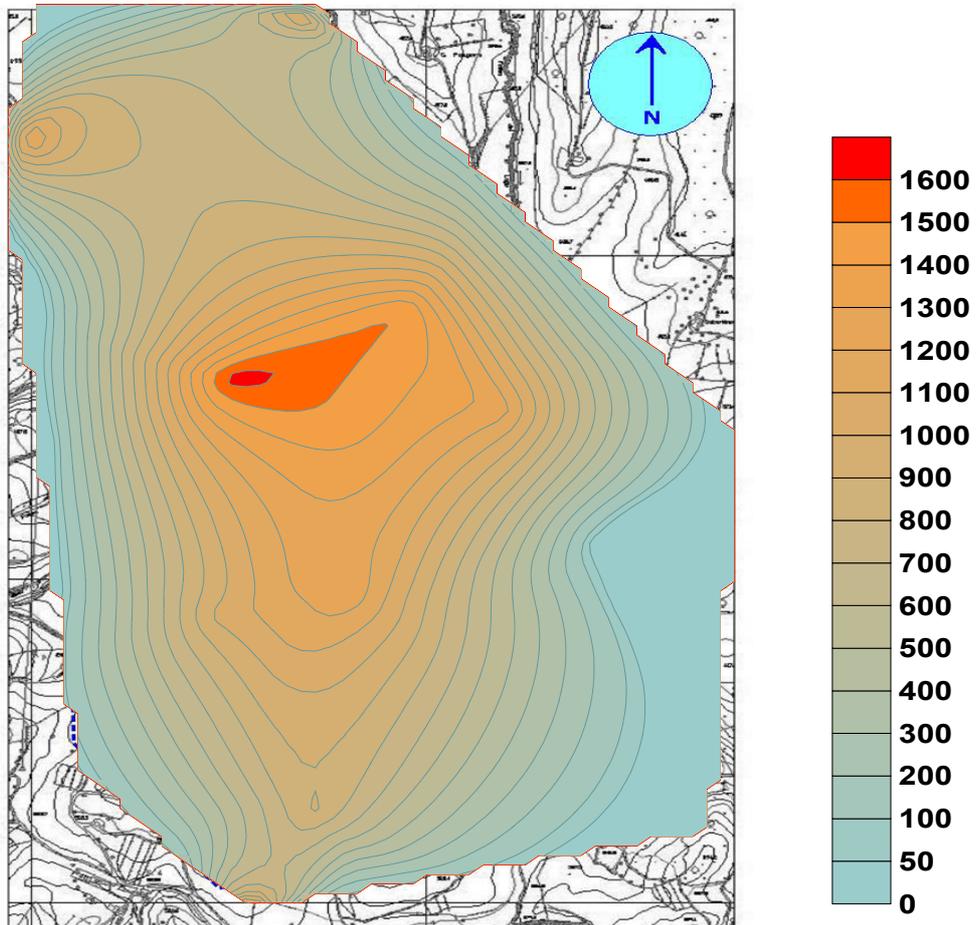


Fig. 68 – Carta della deposizione del Ferro con relativa scala in ppm.
L'impianto è indicato con un triangolo.

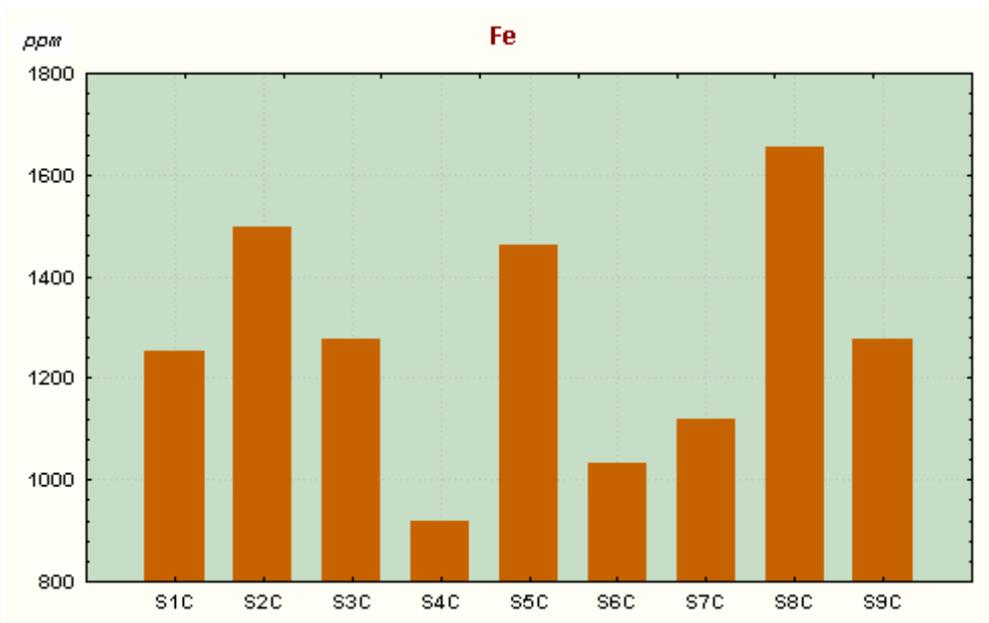


Fig 69 - Grafico delle concentrazioni di Ferro in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

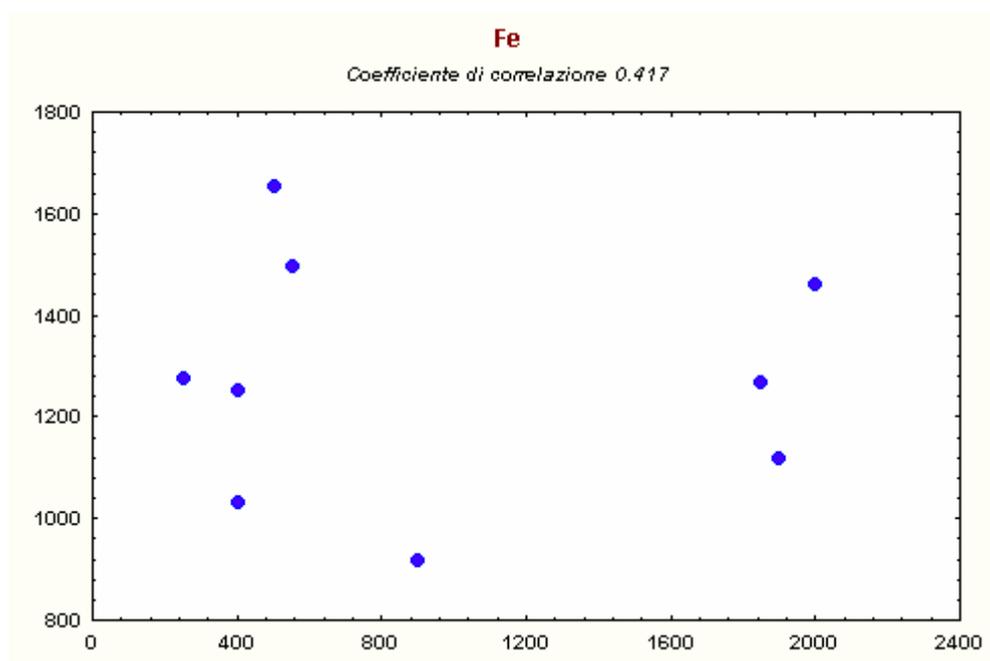


Fig.70 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza fra le stazioni e l’impianto (in ascissa).

Mercurio (Hg)

Il mercurio è un inquinante importante per la sua alta tossicità, nell'area B solamente 3 stazioni superano leggermente i valori di background nazionale che è pari a 0.06 ppm. Le S2C, S8C e S9C, hanno infatti una concentrazione media di 0.074 ppm mentre nelle stazioni S1C e S6C poste rispettivamente a EEN e SO si è registrato un accumulo elevato che corrisponde a 0.225 e 0.221 ppm, un valore più di 3 volte maggiore rispetto alla media nazionale. L'asimmetria nel pattern di distribuzione del mercurio in corrispondenza di questi due picchi ritenuti più importanti, potrebbe essere in relazione al normale trasporto per mezzo delle masse d'aria per la stazione S1C mentre per la stazione S6C si ipotizza una emissione locale dovuta allo stoccaggio di combustibili fossili solidi o materiali utilizzati per l'attività del cementificio. Tuttavia, nel caso del mercurio data la tossicità nei confronti dei sistemi biologici si rendono necessari ulteriori studi per verificare i trend migratori dalle sorgenti di emissione.

Staz.	ppm
S1C	0,225
S2C	0,077
S3C	0,136
S4C	0,141
S5C	0,172
S6C	0,221
S7C	0,107
S8C	0,076
S9C	0,070

Val. medio 0,136
Val. min. 0,070
Val. max 0,225
Deviazione standard 0,0599

Tab. 24– Concentrazione di Mercurio nelle singole stazioni e relative statistiche.

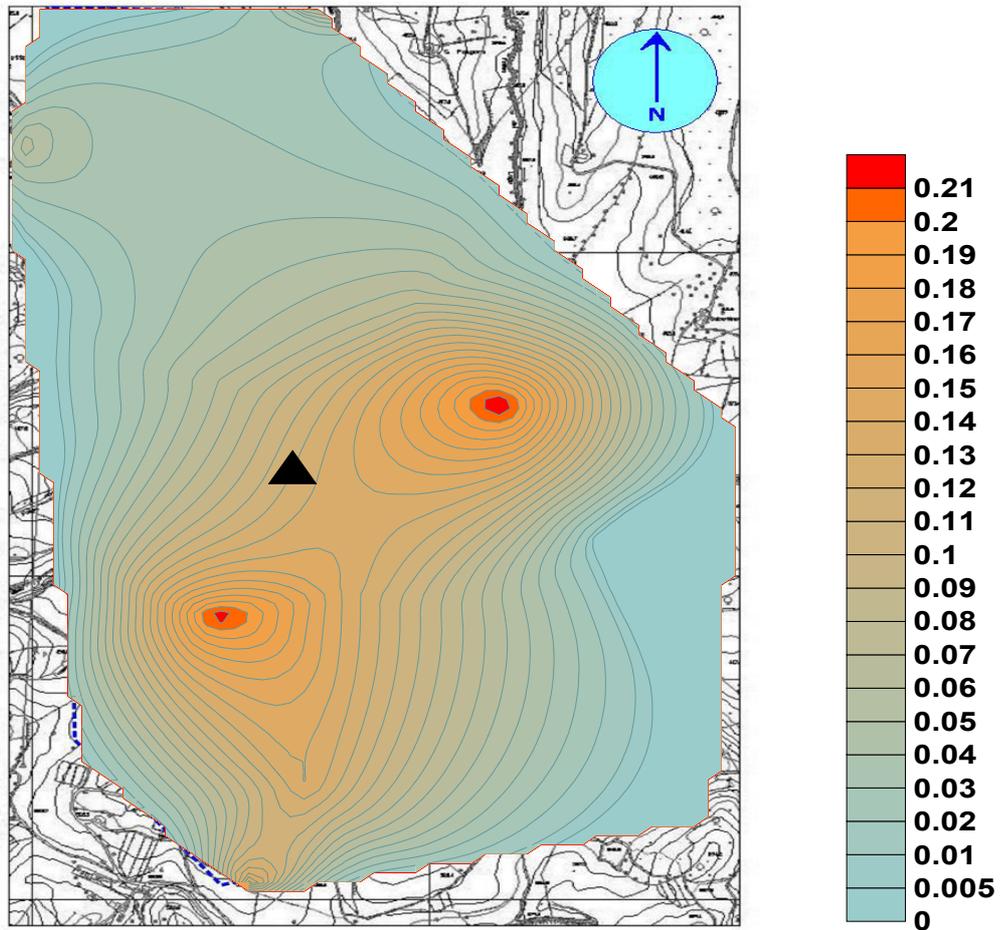


Fig. 71 – Carta della deposizione del Mercurio con relativa scala in ppm.
L'impianto è indicato con un triangolo.

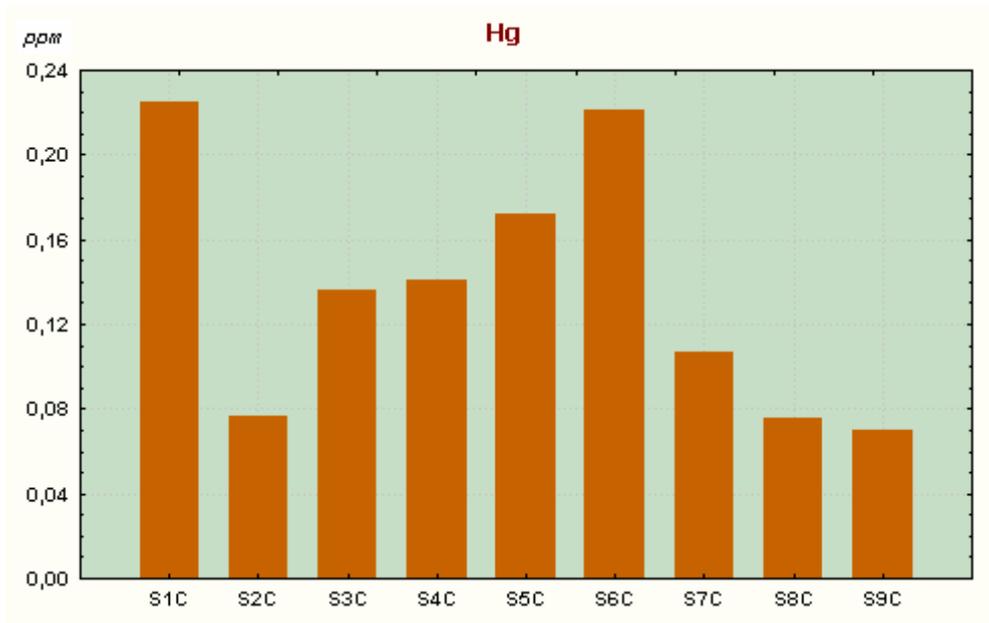


Fig 72- Grafico delle concentrazioni di Mercurio in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

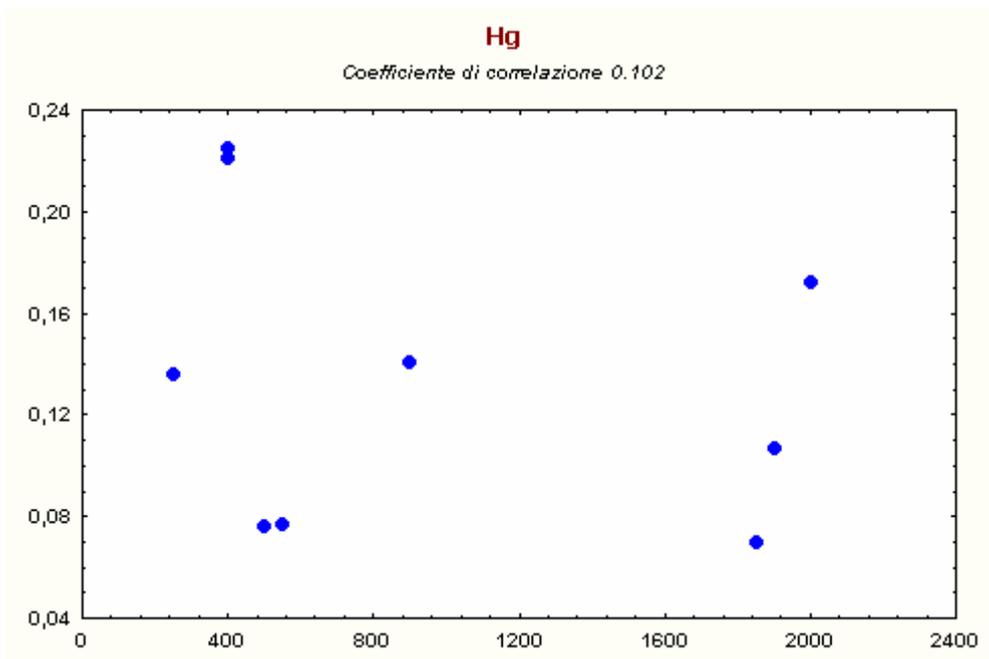


Fig.73 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza fra le stazioni e l’impianto (in ascissa).

Nichel (Ni)

La deposizione del nichel nell'area B è piuttosto uniforme con valori molto alti rispetto al background nazionale che è di 0.50 ppm. Il valore medio riscontrato nei talli lichenici è pari a 4.87 ppm, quasi 10 volte superiore alla media nazionale. Il picco massimo rilevato nella stazione S9C posta a NNO è di 9.3 ppm.

Rimane tuttavia problematico al momento definire come la presenza di un metallo legato soprattutto ad altre tipologie industriali (es. acciaierie e costruzione leghe) sia un importante contaminante per quest'area.

Staz.	ppm
S1C	4,6
S2C	5,7
S3C	4,9
S4C	2,5
S5C	3,9
S6C	4,4
S7C	2,9
S8C	5,7
S9C	9,3

Val. medio 4,877
Val. min. 2,50
Val. max 9,30
Deviazione standard 1,992

Tab. 25– Concentrazione di Nichel nelle singole stazioni e relative statistiche.

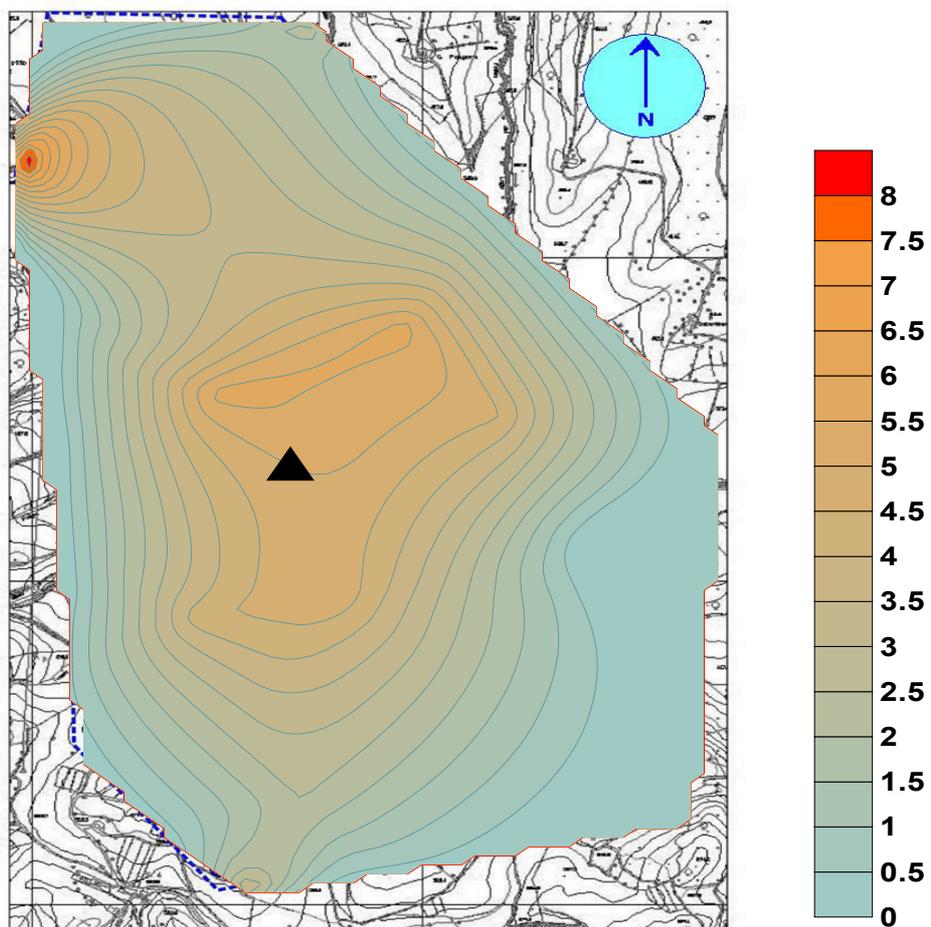


Fig. 74 – Carta della deposizione del Nichel con relativa scala in ppm.
L'impianto è indicato con un triangolo.

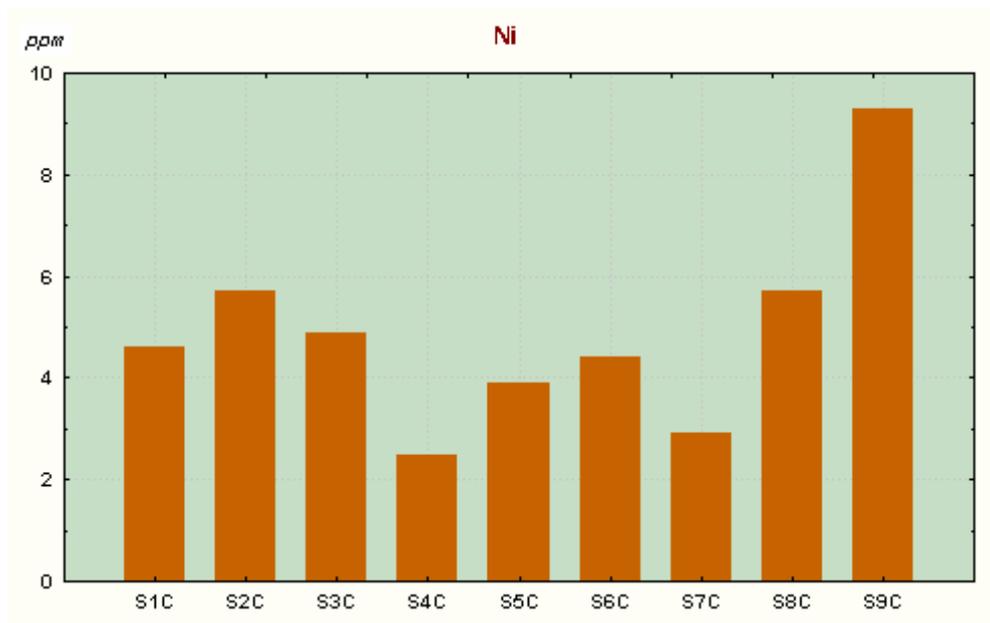


Fig 75- Grafico delle concentrazioni di Nichel in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

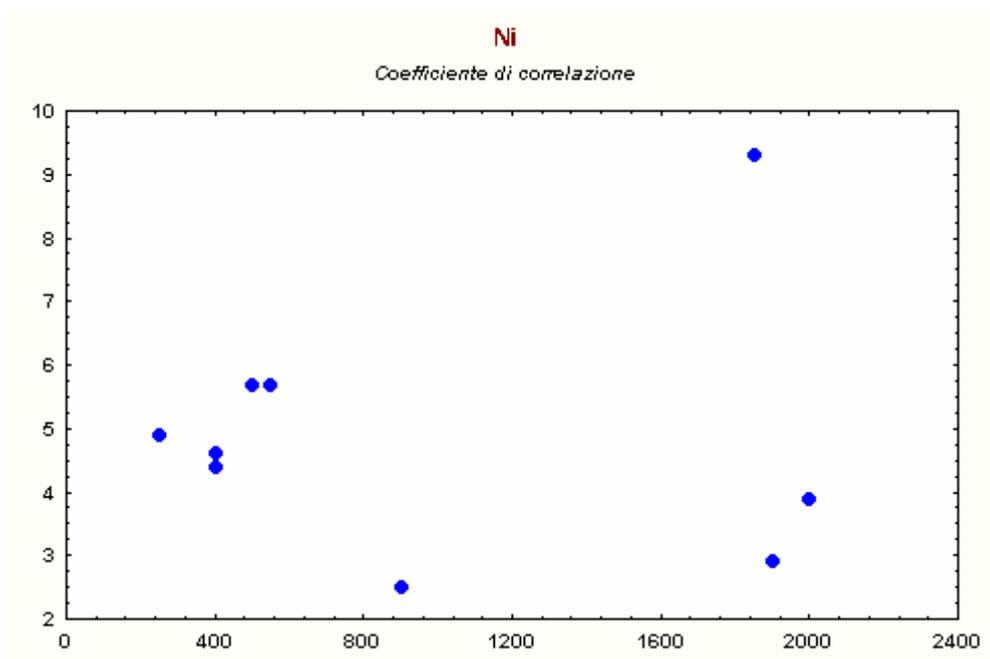


Fig.76 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza fra le stazioni e l’impianto (in ascissa).

Piombo (Pb)

Il piombo, ad eccezione delle stazioni S2C e S9C dove si sono registrati i maggiori valori di contaminazione (11.3 e 9.09 ppm), le rimanenti stazioni hanno accumulato una quantità di piombo piuttosto costante e nettamente inferiore (3.01 medio) e che si avvicina al valore di background nazionale che è pari a 2.42 ppm.

Staz.	ppm
S1C	2,93
S2C	11,3
S3C	2,75
S4C	2,18
S5C	3,03
S6C	2,91
S7C	3,32
S8C	3,95
S9C	9,09

Val. medio 4,606
Val. min. 2,18
Val. max 11,3
Deviazione standard 3,249

Tab. 26– Concentrazione di Piombo nelle singole stazioni e relative statistiche.

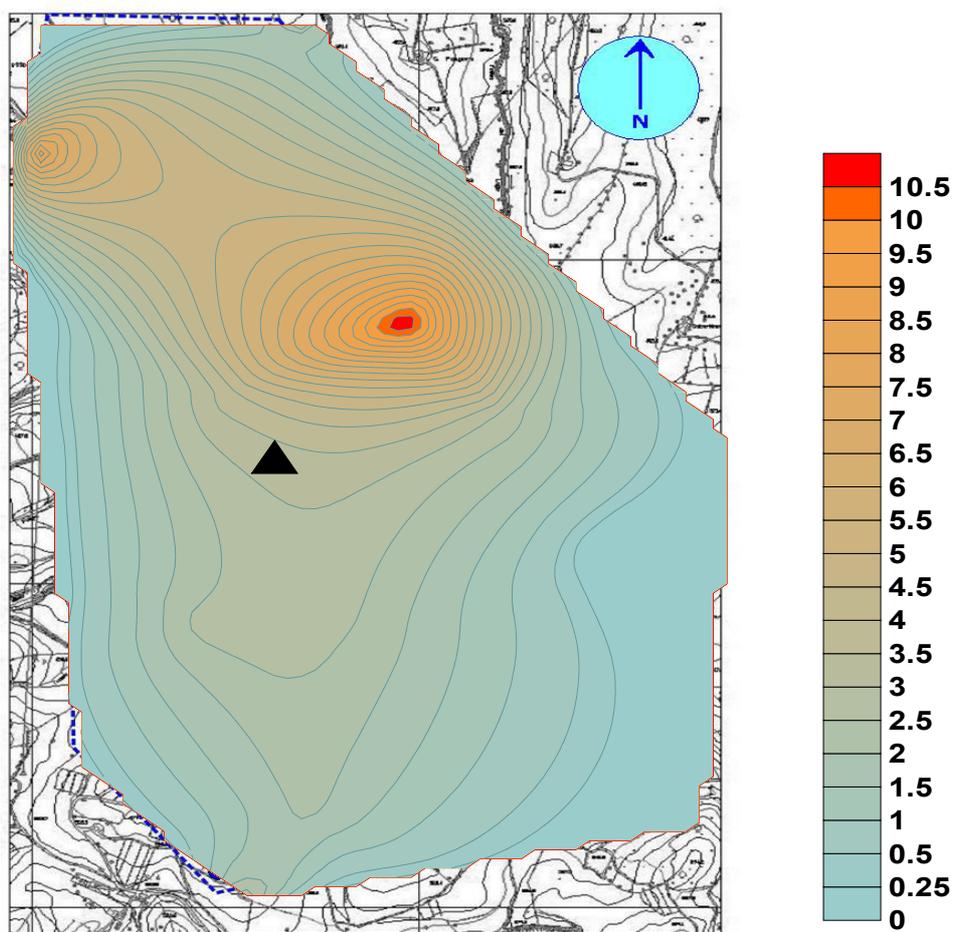


Fig. 77 – Carta della deposizione del Piombo con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

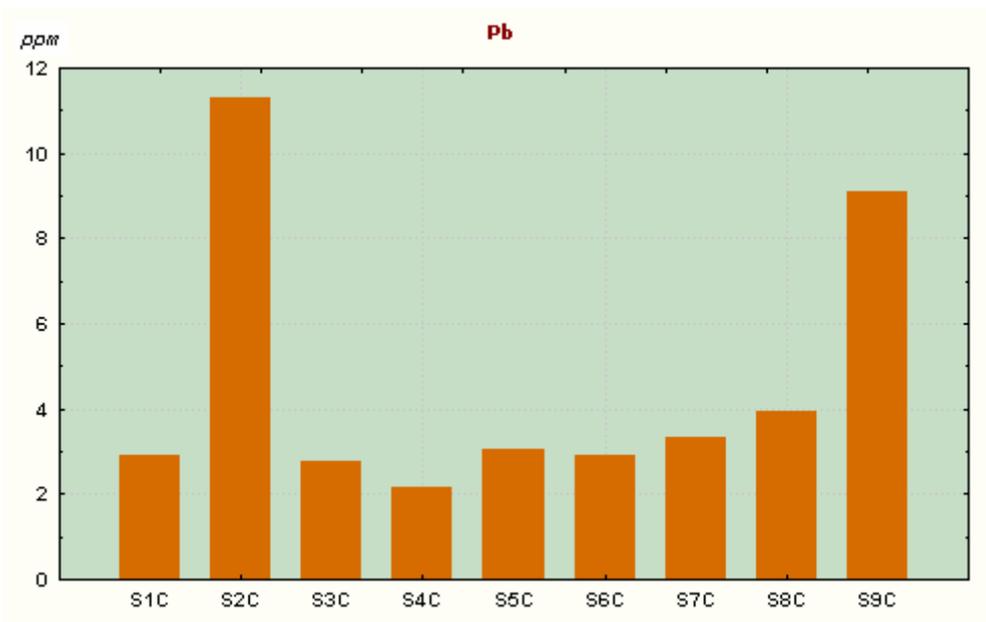


Fig 78- Grafico delle concentrazioni di Piombo in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

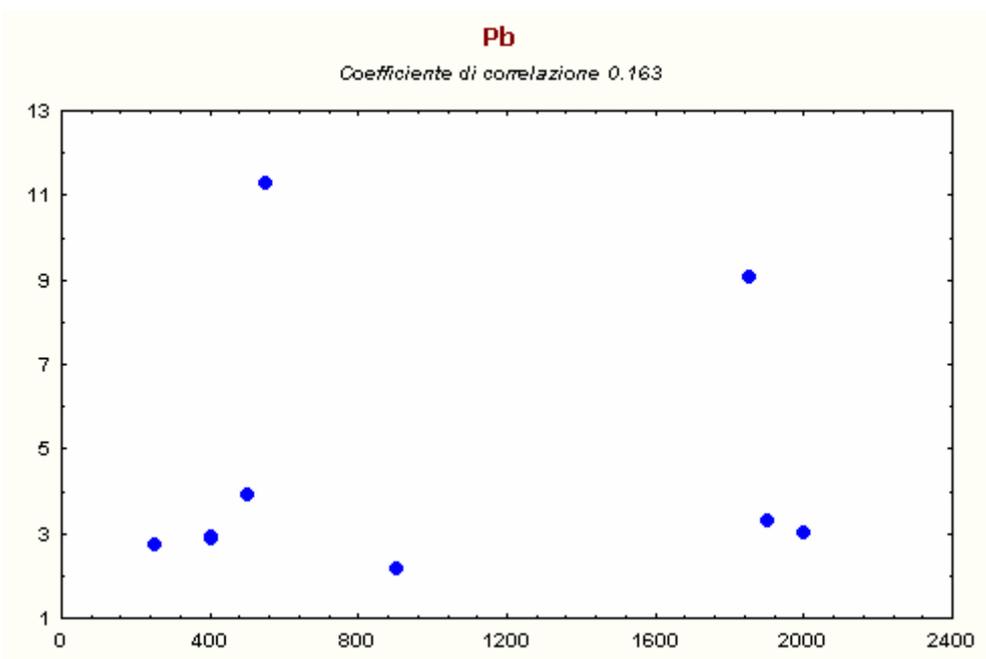


Fig.79 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza fra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

Titanio (Ti)

Il pattern di distribuzione del titanio è alquanto discontinuo: i 3 picchi più importanti sono stati rilevati in corrispondenza delle stazioni S2C, S5C e S8C e mostrano una concentrazione rispettivamente di 122 e 118 ppm. La media complessiva delle stazioni è risultata essere di 90,11 ppm, ma al momento anche se i valori rilevati sono comunque rappresentativi, non sono tuttavia confrontabili con il background nazionale per mancanza di dati su questo metallo.

Staz.	ppm
S1C	92
S2C	122
S3C	75
S4C	67
S5C	99
S6C	76
S7C	68
S8C	118
S9C	94

Val. medio 90,111
Val. min. 67
Val. max 122
Dev. standard 20,441

Tab. 27– Concentrazione di Titanio nelle singole stazioni e relative statistiche.

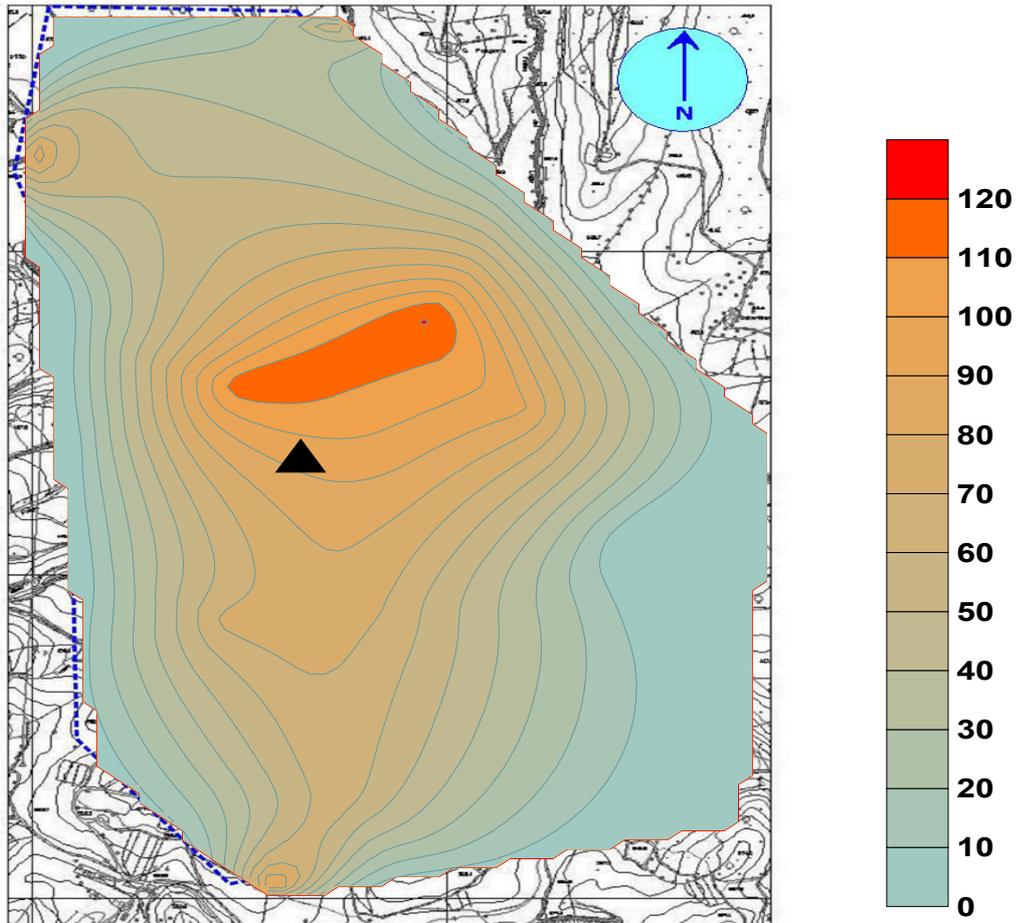


Fig. 80 – Carta della deposizione del Titanio con relativa scala in ppm.
L'impianto è indicato con un triangolo.

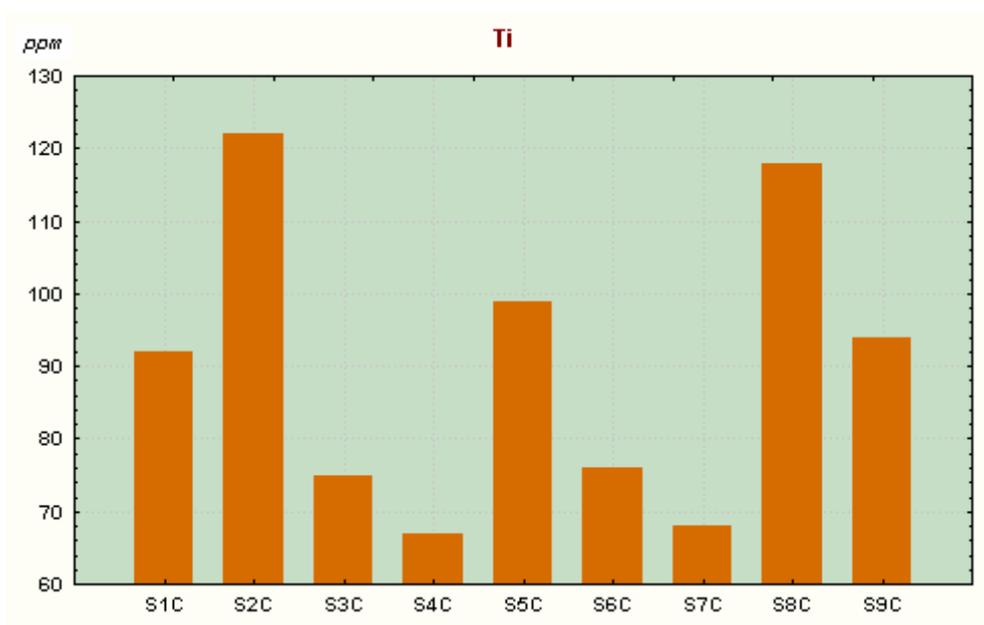


Fig 81- Grafico delle concentrazioni di Titanio in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

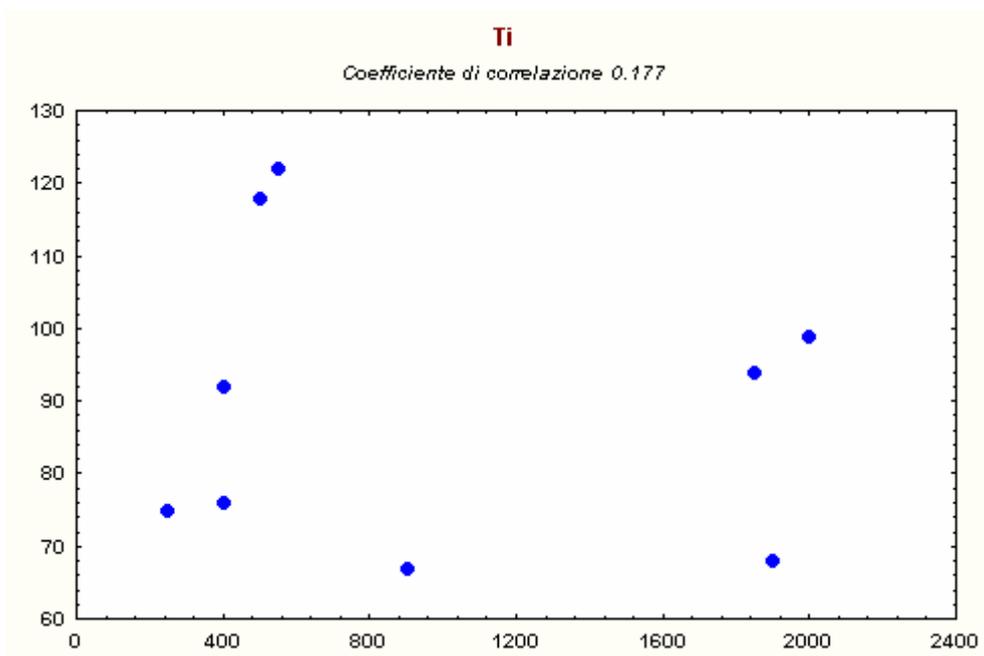


Fig.82– Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza fra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

Vanadio (V)

La deposizione del vanadio nei talli lichenici mostra valori molto superiori al background nazionale che è pari a 0.82 ppm, Il valore medio delle stazioni è di 9.44 ppm , più di 11 volte superiore della media nazionale. I picchi massimi riscontrati sono in corrispondenza delle stazioni S2C, S3C, S6C, quest'ultima ha un accumulo di 16.1 ppm. Si rendono tuttavia necessari ulteriori studi per verificare i pattern distributivi di questo metallo che mostra valori molto elevati in tutta l'area.

Staz.	ppm
S1C	8,1
S2C	13,8
S3C	14,1
S4C	3,8
S5C	6,1
S6C	16,1
S7C	2,8
S8C	9,3
S9C	10,9

Val. medio 9,444
Val. min. 2,80
Val. max 16,10
Deviazione standard 4,691

Tab. 28– Concentrazione di Vanadio nelle singole stazioni e relative statistiche.

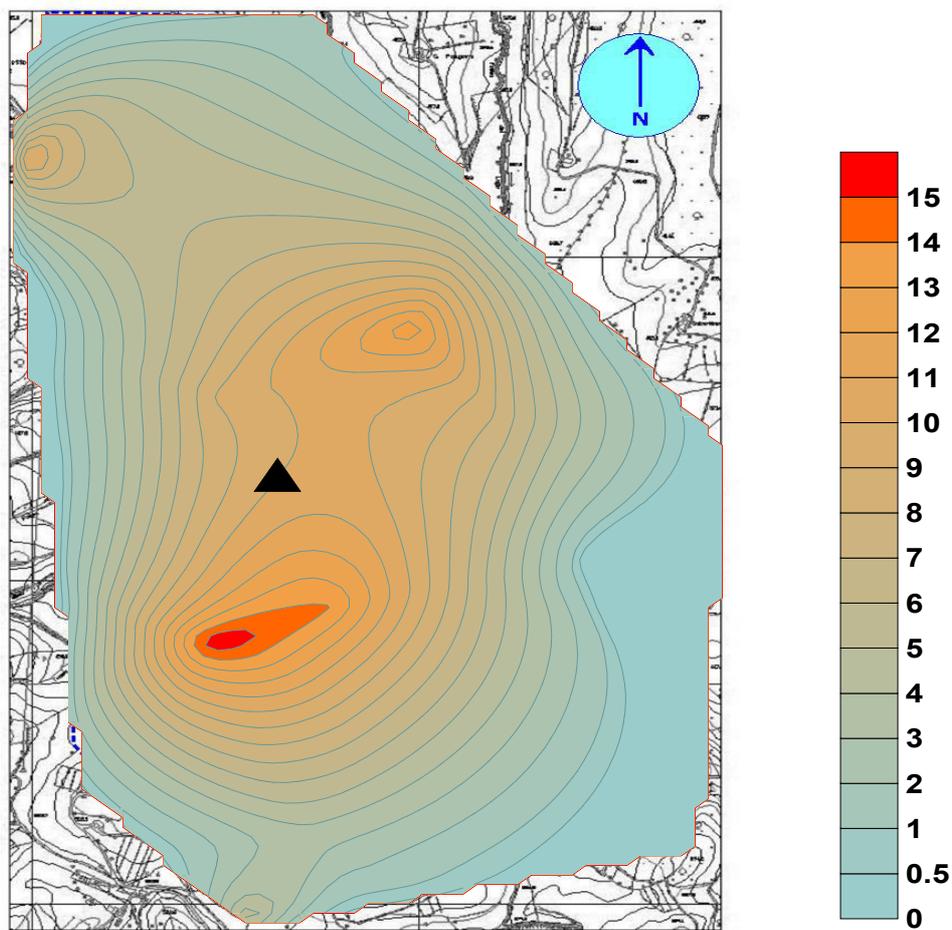


Fig. 83 – Carta della deposizione del Vanadio con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

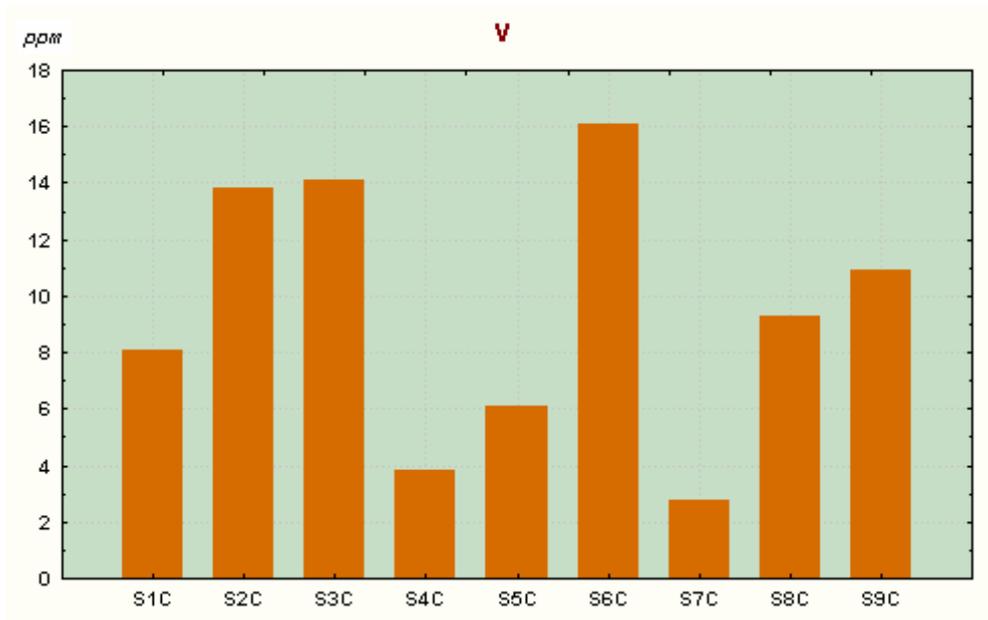


Fig 84 - Grafico delle concentrazioni di Vanadio in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

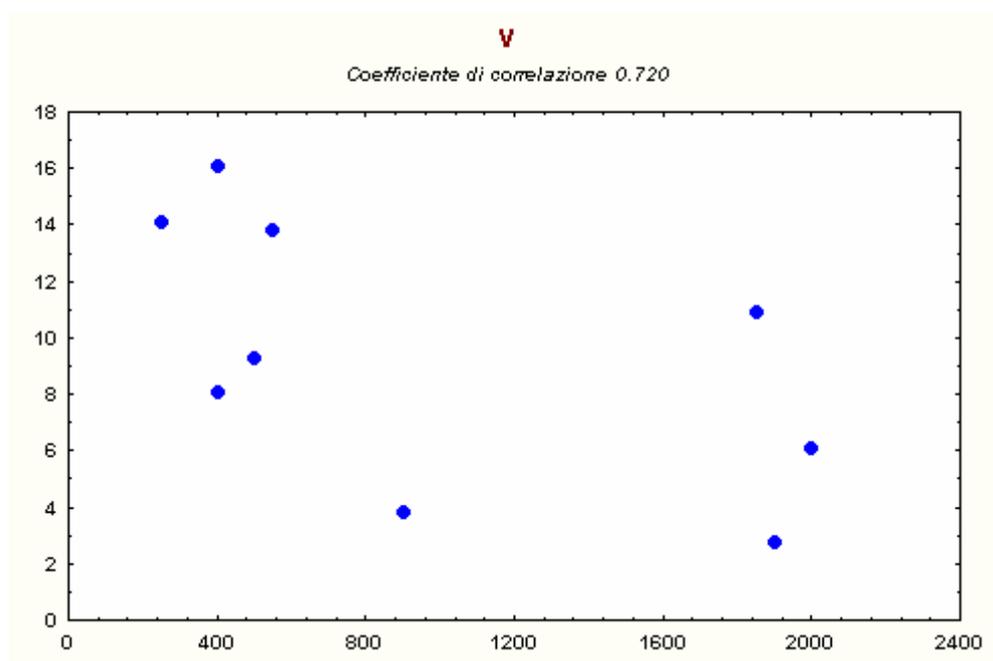


Fig.85 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza fra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

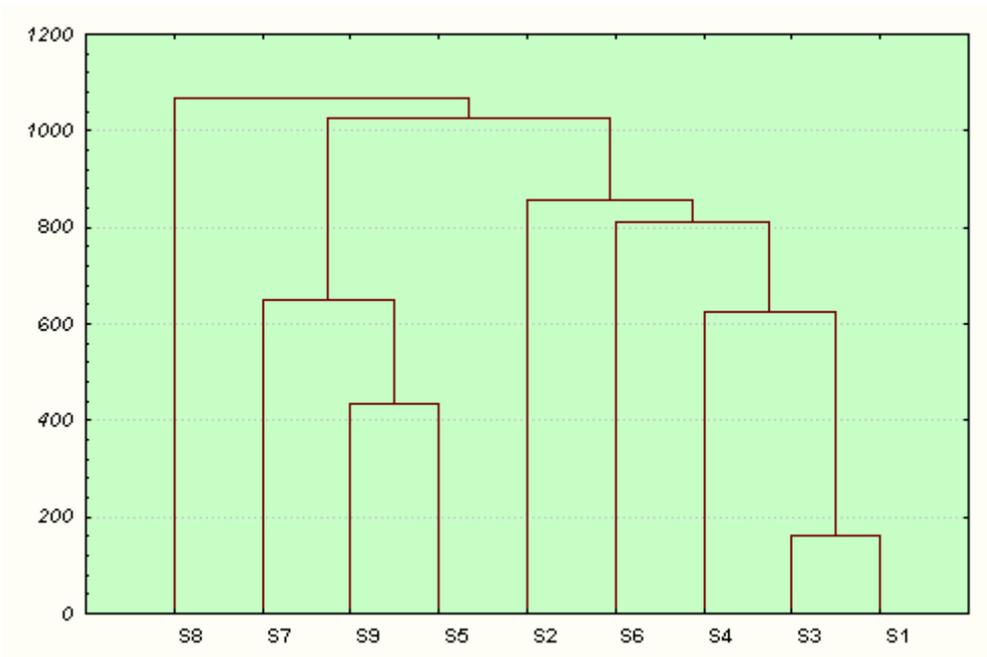


Fig.– 86 Dendrogramma delle stazioni ottenuto con i dati delle concentrazioni medie nei singoli metalli nelle 12 stazioni.

Trasformazione dei valori in ppm nella scala naturalità/alterazione

Per mettere in relazione il valore numerico degli inquinanti ottenuto mediante l'analisi chimica dei talli di *Xanthoria parietina* con una scala che indichi comparativamente lo stato di naturalità e alterazione di un ambiente, è stata utilizzata una scala elaborata attraverso migliaia di analisi sul territorio nazionale in aree casisticamente eterogenee (Nimis & Bargagli 1999). La scala (Tab. 29) è divisa in classi: da 1 (naturalità molto alta) che corrisponde ai minimi valori di accumulo, a 7 (alterazione molto alta) che corrisponde ai valori di massimo accumulo. Ai livelli della scala è associato un colore, utile per interpretare immediatamente il livello di naturalità o alterazione.

N.misure percentili	liv.	Naturalità alterazione	colore
20° percentile	1	Nat. molto alta	blue
50° percentile	2	Nat. alta	green
75° percentile	3	Nat. media	lightgreen
90° percentile	4	Nat./alter. Basse	yellow
95° percentile	5	Alter. media	orange
98° percentile	6	Alter. alta	red
	7	Alter. molto alta	purple

Tab. 29 – Scala percentile dei livelli di naturalità/alterazione

Cementificio Barbetti												
	S1B	S2B	S3B	S4B	S5B	S6B	S7B	S8B	S9B	S10B	S11B	S12B
Al	781	621	1910	660	583	599	1387	1151	681	648	582	315
As	0,3	0,3	0,5	0,4	0,3	1,4	1,2	0,8	1,2	0,8	0,8	0,3
Cd	0,224	0,51	0,113	0,208	0,147	0,126	0,481	0,079	0,212	0,271	0,212	0,291
Cr	2,47	2,25	3,5	3,97	5,12	5,12	5,7	1,7	4,96	3,25	3,08	3,25
Cu	9,6	14,9	7,8	16,4	13,9	15,7	6,9	8,4	21,3	18,6	17,1	17,5
Fe	325	727	625	513	748	682	771	923	923	892	802	683
Hg	0,0184	0,031	0,076	0,021	0,022	0,018	0,039	0,025	0,038	0,049	0,022	0,02
Ni	6,3	4,2	2,6	4,2	5,4	4,7	4,9	3,2	5,8	4,1	5,6	4,2
Pb	6,09	4,81	5,01	8,98	4,07	31,1	8,85	5,97	7,45	8,74	8,76	5,24
Ti	60	72	101	111	90	181	136	138	133	144	97	59
V	3,4	3,7	4,2	5,9	5,8	9,9	7,4	6,2	8,9	7,9	7,4	3,6

Tab 30 – Tabella dei livelli naturalità/alterazione riferiti ad ogni singola stazione. Sono omessi i dati di Cloruri solubili e Fluoruri solubili perché non inseriti nelle tabelle A.N.P.A.

Cementificio Colacem									
	S1B	S2B	S3B	S4B	S5B	S6B	S7B	S8B	S9B
Al	1167	1320	1213	1220	1351	1190	1210	1390	1257
As	0,3	0,8	0,1	0,3	0,5	0,4	0,4	1,1	1,1
Cd	0,131	0,243	0,115	0,113	0,095	0,135	0,103	0,132	0,24
Cr	4,1	5,2	4,1	2,6	4,5	3,1	3,1	4,5	3,4
Cu	7,1	9,5	10,1	5,7	6,9	6,9	6,6	8,9	7,8
Fe	1253	1497	1277	919	1460	1032	1118	1653	1276
Hg	0,225	0,077	0,136	0,141	0,172	0,221	0,107	0,076	0,07
Ni	4,6	5,7	4,9	2,5	3,9	4,4	2,9	5,7	9,3
Pb	2,93	11,3	2,75	2,18	3,03	2,91	3,32	3,95	9,09
Ti	92	122	75	67	99	76	68	118	94
V	8,1	13,8	14,1	3,8	6,1	16,1	2,8	9,3	10,9

Tab 31 – Tabella dei livelli naturalità/alterazione riferiti ad ogni singola stazione. Sono omessi i dati di Cloruri solubili e Fluoruri solubili perché non inseriti nelle tabelle A.N.P.A.

	cementificio Barbetti	cementificio Colacem
Al	826	1258
As	0,691	0,55
Cd	0,239	0,145
Cr	3,697	3,84
Cu	14	7,72
Fe	718	1276
Hg	0,05	0,14
Ni	4,6	4,87
Pb	8,75	4,6
Ti	110	90
V	6,19	9,44

Tab. 32 – Quadro riepilogativo elaborato in base ai valori medi.

CONCLUSIONI

Il presente studio sui metalli in traccia in corrispondenza dei cementifici eugubini ha permesso di ottenere una serie di dati importanti e che hanno la funzione di fare un primo bilancio conoscitivo sull'inquinamento delle due aree, analizzando in modo analitico la presenza dei composti Cloruri e Fluoruri solubili e di ben 11 metalli pesanti. I risultati ottenuti mancando purtroppo di precedenti studi, non sono confrontabili da un punto di vista storico, ma tuttavia i dati attualmente ottenuti sono ampiamente rappresentativi. La ricerca dei patterns deposizionali si rileva di estrema importanza per il controllo dell'ambiente in quanto permette di vedere ciò che normalmente è invisibile e impercettibile, individuando le zone a rischio interessate dalla ricaduta degli inquinanti.

Per la scelta di effettuare lo studio in maniera circoscritta agli impianti, i trend migratori degli inquinanti verso il centro cittadino è solo ipotizzabile, ma sarà integrato e completato in una fase di studio prossima. E' tuttavia interessante vedere come certi metalli ad esempio il rame

sia più legato alle realtà agricole che industriali oppure come durante lo svolgimento dei rilievi siano emersi problemi inaspettati come il caso della stazione lungo il tratto stradale statale 452 Contessa. Il telaietto con i talli lichenici trapiantati, presentava solo dopo tre mesi dall'installazione evidenti segni di alterazione con una drastica riduzione dei talli, tanto da dover necessitare la sostituzione e lo spostamento in un'altra zona. Tale fenomeno che induce alla scomparsa della biodiversità, meglio noto come deserto lichenico, è stato tuttavia addebitato alla presenza massiccia di polveri dovuta al notevole traffico veicolare soprattutto pesante e al probabile contributo di cave situate nelle vicinanze.

Dal quadro che attualmente emerge nelle due aree, si evidenzia come le concentrazioni rilevate siano superiori a quelle medie del background nazionale, soprattutto per quanto riguarda i metalli più tossici per l'uomo (Arsenico, Cadmio, Cromo, Mercurio, Piombo). Tuttavia, le modalità di accumulo nei talli lichenici non sono fisiologicamente uguali a quelle nell'uomo.

La concentrazione media di Arsenico riscontrato nelle due aree è molto simile (area A = 0,691 ppm, area B = 0,555 ppm), cambia leggermente il trend deposizionale valutato sui picchi più importanti; la ricaduta nell'area A è maggiore nel quadrante nord orientale e sud occidentale, più in linea con i venti prevalenti; mentre nell'area B segue una direzione costante verso il quadrante nord occidentale ed una verso nord oriente secondo il vento prevalente. Le migrazioni di questo inquinante verso i principali centri cittadini, sono da approfondire con ulteriori studi specialmente per quanto riguarda l'area A.

Il Cadmio ha valori di accumulo maggiori nell'area A che è pari a 0,239 ppm rispetto a 0,145 ppm riscontrato nell'area B. Molto simile è invece la direzione di trasporto che è per entrambi orientata verso i quadranti nord orientale e nord occidentale. Il valore di background stimato nel territorio nazionale è di 0,08 ppm, tuttavia in uno studio effettuato da (Adriano 1986), concentrazioni di 0,1-2,4 ppm, riguardano accumuli in piante di ambienti lontani da problemi d'inquinamento.

I valori del Cromo riscontrati nelle due aree sono molto simili (area A = 3,68 ppm, area B = 3,84 ppm); come pure per quanto riguarda la direzione di trasporto secondo il picco più importante è orientato in entrambi i casi verso il quadrante nord orientale.

Il Mercurio non presenta preoccupanti concentrazioni in entrambe le aree. Nell'area A è stato rilevato un valore medio inferiore al background nazionale. Tuttavia, questo metallo rappresenta una fonte di pericolo serio per i sistemi biologici e necessita pertanto di un continuo monitoraggio.

Il Piombo rilevato nelle due aree, presenta una concentrazione piuttosto uniforme, con un valore medio di 8.75 ppm nell'area A e 4,6 ppm nell'area B. In entrambe le aree comunque spiccano in corrispondenza di una stazione valori nettamente più elevati. Nell'area B, è concomitante con la direzione dei venti prevalenti, mentre nell'area A, è risultato essere in corrispondenza di una stazione posta nelle vicinanze di una strada ad elevato traffico veicolare ed è pertanto da definire l'esatta provenienza di questo inquinante.

Complessivamente i valori dei singoli metalli riscontrati nei talli lichenici nelle due aree, assumono in molti casi valori elevati rispetto alla media nazionale. Ciò è riconducibile certamente alle attività antropiche sia industriali che agricole ma tuttavia, confrontando i dati con studi effettuati in altre aree a rischio del territorio nazionale, l'eugubino non si pone in una condizione molto critica in termini di contaminazione. Ciò però non deve confortare, perché la dispersione e la deposizione degli inquinanti a parità di emissioni è strettamente correlata a parametri molto variabili come ad esempio le condizioni meteorologiche.

BIBLIOGRAFIA

Adriano D.C., 1986 – Trace elements in the Terrestrial Environment. Springer, New York, 553 pp.

Gasparo D., Castello M. & Bargagli R., 1989. Biomonitoraggio dell'inquinamento atmosferico tramite licheni. Studio presso un inceneritore (Macerata). *Studia Geobot.*, 9: 153-250.

Bargagli R., Iosco F.P., Leonzio C., 1985. Monitoraggio di elementi in traccia mediante licheni epifiti. Osservazioni nell'area industriale di Rosignano Solvay. *Inquinamento*, 2: 33-37.

Nimis P.L. & Bargagli R., 1999. Linea guida per l'utilizzo dei licheni epifiti come bioaccumulatori di metalli in traccia. In: Piccini C. & Salvati S. Atti del Workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul terreno nazionale". Roma, 26-27 Novembre 1988. ANPA, Serie Atti, 2: 279-287.

Scherp H.W., Church C.F., 1937. Neurotoxic action of aluminium salts. *Proc. Soc. Exper. And Biol. Med.* 36: 851-856.

Alfrey A.C., Le Gendre G.R., Kaehny W.D., 1976. The dialysis encephalopathy syndrome. Possible aluminium intoxication. *New Engl. J. Med.* 294: 184-187.

Nriagu J.O., 1989. A global assessment of natural sources of atmospheric trace metals. *Nature* 338: 47-49.

Schmidt J.A., Andren A.W., 1980. The atmospheric chemistry of nickel. "Nickel in the Environment" ed. Nriagu J.O., John Wiley & Sons, New York.