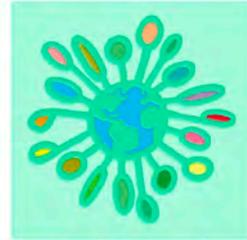




*Provincia di Perugia*  
*Assessorato Politiche Ambientali*



*Studio Naturalistico*

*Biomonitoraggio Ambientale  
con api e licheni nella  
Provincia di Perugia anni 2001 - 2004*

*Ricerca di quattordici inquinanti nell'area dei cementifici eugubini*

*sessione licheni:*

III anno di biomonitoraggio



Assessorato alle Politiche Ambientali

Vicepresidente

**Assessore: Palmiro Giovagnola**

Area Promozione Risorse Ambientali

**Direttore: Lucio Gervasi**

Servizio Protezione, Gestione e Educazione Ambientale

**Dirigente: Roberta Burzigotti**

Autori della ricerca

*Sessione Api:*

**Nicola Palmieri**

*Sessione Licheni:*

**Massimo Panfili e Valentina Fioretto**

Coordinamento del Progetto

**Nicola Palmieri**

In copertina:

Comune di Gubbio

# INDICE

<b>INTRODUZIONE</b> .....	1
<b>STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO</b> .....	4
<b>RISULTATI</b> .....	8
<i>Dati Area A</i> .....	8
<i>Cloruri solubili</i> .....	9
<i>Fluoruri solubili</i> .....	12
<i>Solfati 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
<b>GRAFICI DI CONFRONTO</b> .....	51
<i>Dati Area B</i> .....	59
<i>Cloruri solubili</i> .....	60

<i>Fluoruri solubili</i> .....	63
<i>Solfati solubili</i> .....	66
<i>Alluminio</i> .....	69
<i>Arsenico</i> .....	72
<i>Cadmio</i> .....	75
<i>Cromo</i> .....	78
<i>Rame</i> .....	81
<i>Ferro</i> .....	84
<i>Mercurio</i> .....	87
<i>Nichel</i> .....	90
<i>Piombo</i> .....	93
<i>Titanio</i> .....	96
<i>Vanadio</i> .....	99
<b>GRAFICI DI CONFRONTO</b> .....	102
<b>MONITORAGGIO NELLA CITTÀ DI GUBBIO</b> .....	110
<b>INTRODUZIONE</b> .....	110
<b>STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO</b> .....	110
<i>Localizzazione stazioni</i> .....	110
<b>RISULTATI</b> .....	112
<i>Dati Area G</i> .....	112
<i>Cloruri solubili</i> .....	113
<i>Fluoruri solubili</i> .....	115
<i>Solfati solubili</i> .....	117
<i>Alluminio</i> .....	119
<i>Arsenico</i> .....	121
<i>Cadmio</i> .....	123
<i>Cromo</i> .....	125

<i>Rame</i> .....	127
<i>Ferro</i> .....	129
<i>Mercurio</i> .....	131
<i>Nichel</i> .....	133
<i>Piombo</i> .....	135
<i>Titanio</i> .....	137
<i>Vanadio</i> .....	139
<b>GRAFICI DI CONFRONTO</b> .....	141
<b>CONCLUSIONI</b> .....	149
<b>RINGRAZIAMENTI</b> .....	159
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	160

## **INTRODUZIONE**

Nel 2001 l'Assessorato all'Ambiente della Provincia di Perugia ha promosso una ricerca intitolata: "*Biomonitoraggio Ambientale con api e licheni nella Provincia di Perugia. Ricerca di 13 inquinanti nell'area dei cementifici eugubini*". Il lavoro, impostato su scala annuale, è stato ripetuto per tre anni consecutivi al fine di valutare in un arco di tempo adeguato, la dinamica di diffusione e le concentrazioni dei relativi inquinanti.

L'area eugubina rappresenta un crocevia dove storia, natura e industria si intrecciano e per la convivenza tra questi elementi, è di estrema importanza la conoscenza del suo profilo ambientale. Questo è stato reso possibile dal presente contributo che ha avuto per obiettivo lo studio dei parametri ambientali attraverso una metodica nuova per quest'area, ovvero, l'interpretazione della qualità dell'ambiente attraverso i licheni epifiti, utilizzati come bioaccumulatori.

La metodologia utilizzata ci ha permesso di eseguire un'analisi quantitativa e qualitativa su 13 inquinanti e di elaborare un modello statistico di diffusione di questi. Nel corso della presente ricerca, inoltre, è stato possibile chiarire alcuni fattori riguardo le problematiche ambientali, come ad esempio, l'andamento delle concentrazioni rilevate nella città di Gubbio in considerazione della sua posizione baricentrica rispetto alle due grandi entità industriali. La cartografia elaborata nella fase finale di questo studio contribuisce non solo a evidenziare le relative aree a rischio di ricaduta di questi contaminanti, peraltro potenzialmente pericolosi per la salute umana, ma sarebbe auspicabile un suo utilizzo in altre aree disciplinari come il monitoraggio dell'aria con centraline chimiche o studi epidemiologici.

In Italia a partire dal 1987 sono stati svolti numerosi lavori utilizzando i licheni come biomonitors e la metodica successivamente standardizzata (Nimis & Bargagli 1999), è adottata dall'ANPA ( Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente).

### 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.

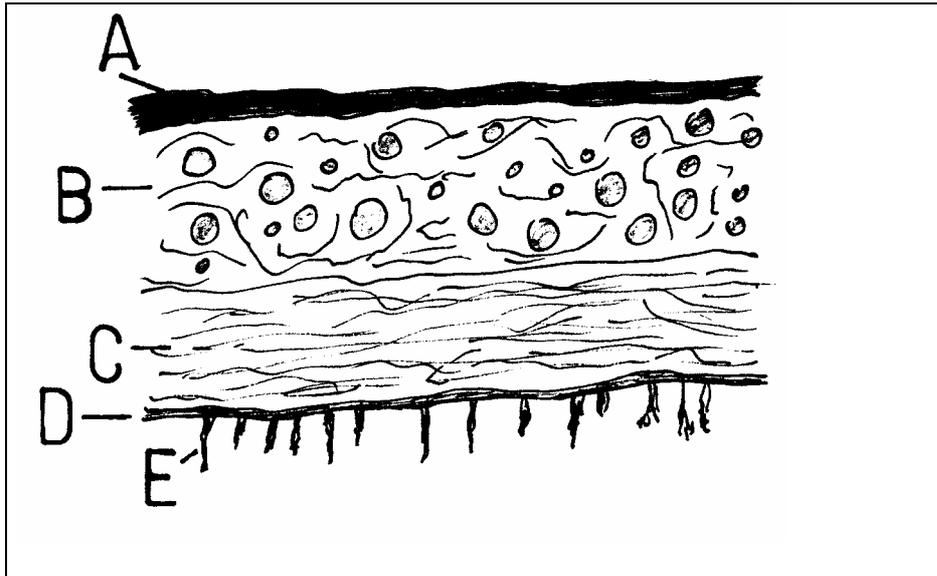


Fig. 1- Un lichene in sezione presenta una struttura a strati: la parte rivolta verso l'ambiente subaereo è il cortex superiore (A), costituito da ife fungine molto addensate. La funzione di questo strato è protettiva agli strati sottostanti. In questa sezione risiedono i pigmenti che conferiscono la 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 dotato 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**

La localizzazione e il posizionamento delle stazioni con i talli lichenici trapiantati ha seguito gli stessi criteri degli anni di studio precedenti sia per quanto riguarda l'area A (cementificio Barbetti) che per quanto riguarda l'area B (cementificio Colacem).

In entrambe le aree la densità di campionamento (area A = 3; area B = 3.2) è rimasta invariata per mantenere coerente il confronto fra i tre anni.

Per ampliare e approfondire l'indagine, nel secondo e terzo anno, sono stati aggiunti i Solfati solubili agli inquinanti già presi in considerazione (Cloruri e Fluoruri solubili, Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Ti, V).

### 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 479m slm, è a ridosso di un sistema montuoso di modesta altitudine che si delinea lungo l'asse WNW – ESE rappresentato da M. Semonte (960m slm) e M. Foce ( 983m 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 all'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.

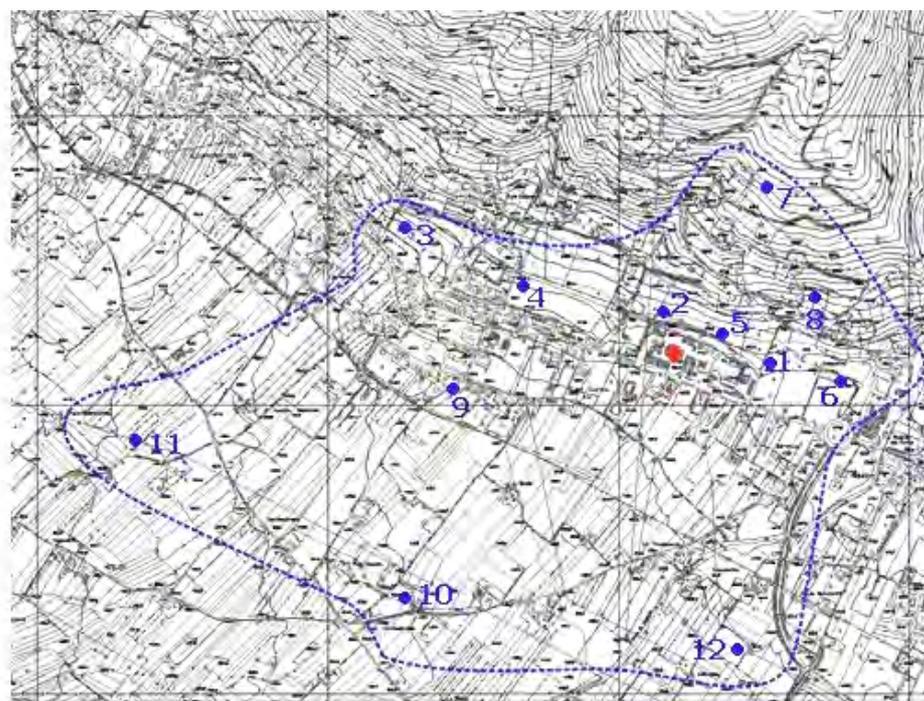


Fig. 3 - Cartina relativa all'area A di Semonte (Cementificio Barbetti) e localizzazione delle stazioni.

Area B - Corrisponde al cementificio Colacem. In questa area sono state installate 9 stazioni come indicate in figura 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 380m slm e l'orografia è rappresentata da una zona collinare dove i rilievi non superano i 600m slm.

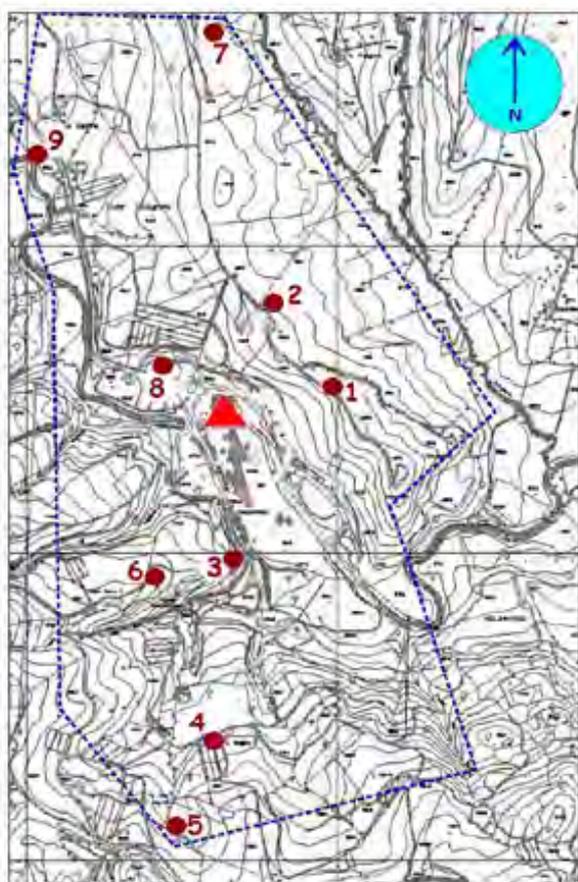


Fig. 4 – Cartina relativa all'area B di Padule (Cementificio Colacem) e localizzazione delle stazioni.

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 binocolare.

Nelle due aree sono stati verificati i composti Cloruri solubili, Fluoruri solubili e Solfati 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 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.

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

## Cloruri solubili

I valori medi dei Cloruri solubili sono risultati essere di 1176 ppm, ma è stato rilevato un picco ritenuto anomalo in corrispondenza della stazione S1B, per una concentrazione pari a 3815 ppm.

Ricalcolando la media con l'esclusione del picco anomalo, risulta una concentrazione media di 936 ppm, valore comunque elevato rispetto alle medie stimate negli anni precedenti.

L'andamento di questo inquinante nei tre anni monitorati ha mostrato un incremento costante.

Staz.	ppm
S1B	3815
S2B	557
S3B	746
S4B	678
S5B	975
S6B	882
S7B	1105
S8B	779
S9B	1128
S10B	800
S11B	1495
S12B	1152

Val. medio 1176
Val. min. 557
Val. max 3815
Dev. Standard 869,477

Tab. 1 – Concentrazione dei Cloruri solubili nelle singole stazioni e relative statistiche.

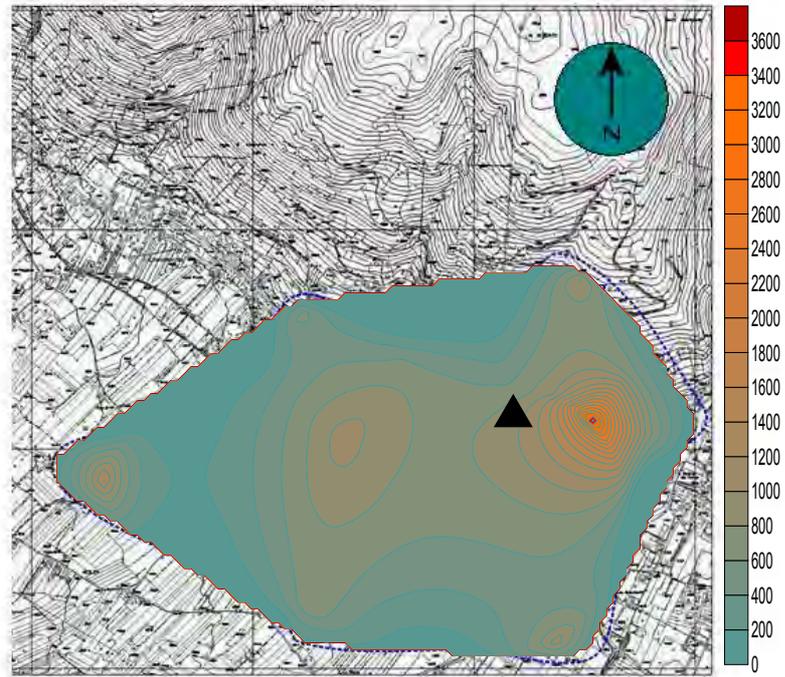


Fig. 5 – Carta della deposizione dei Cloruri solubili con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

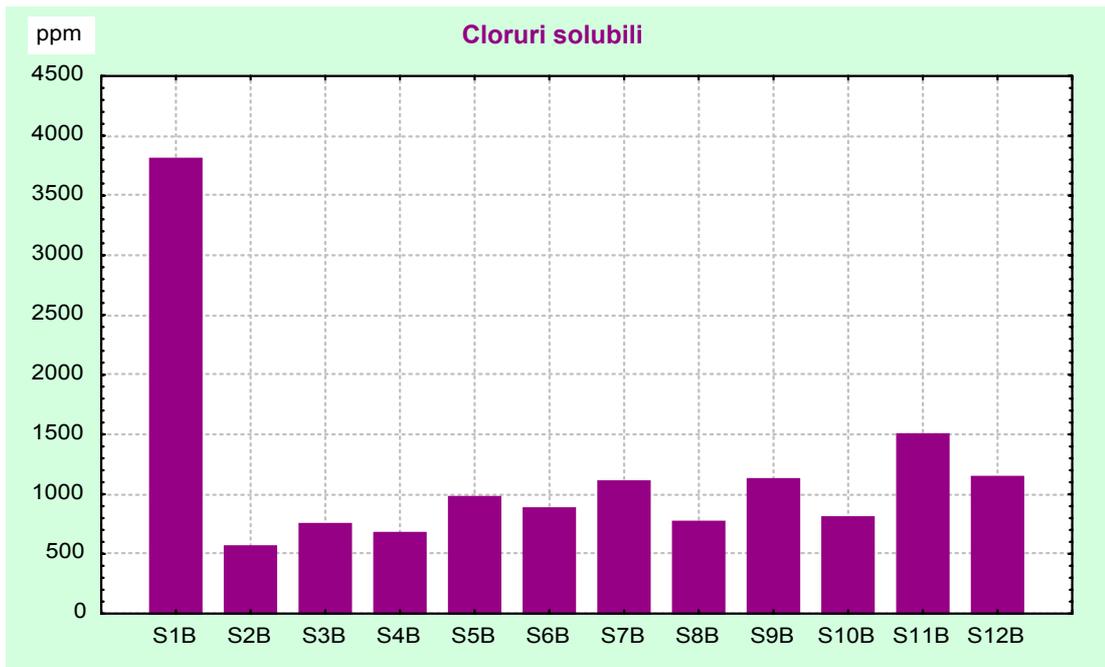


Fig. 6 – Grafico delle concentrazioni di Cloruri solubili in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

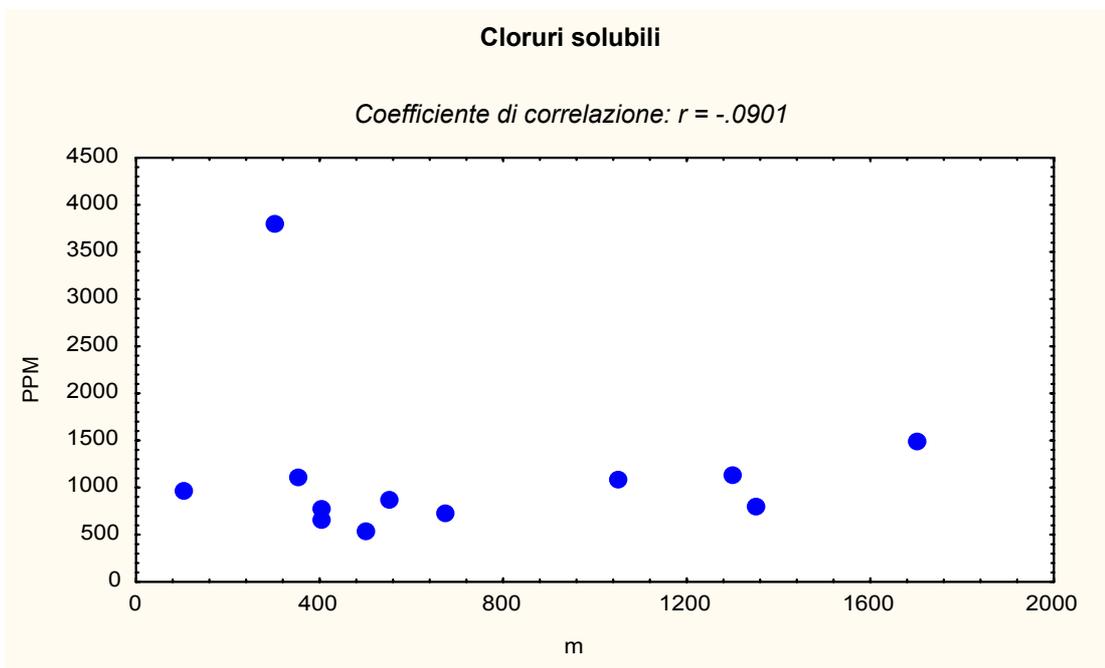


Fig. 7 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza tra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

## Fluoruri solubili

I Fluoruri solubili hanno mostrato un costante incremento nei valori di accumulo rispetto agli anni precedenti. La concentrazione media, nel terzo anno di studio, è stata di 395,917 ppm, con un hot spot di 960 ppm registrato in corrispondenza della stazione S1B, posta a NE dell'impianto.

Staz.	ppm
S1B	960
S2B	129
S3B	139
S4B	279
S5B	381
S6B	576
S7B	423
S8B	174
S9B	151
S10B	474
S11B	520
S12B	545

Val. medio	395,917
Val. min.	129
Val. max	960
Dev. Standard	244,102

Tab. 2 – Concentrazione dei Fluoruri solubili nelle singole stazioni e relative statistiche.

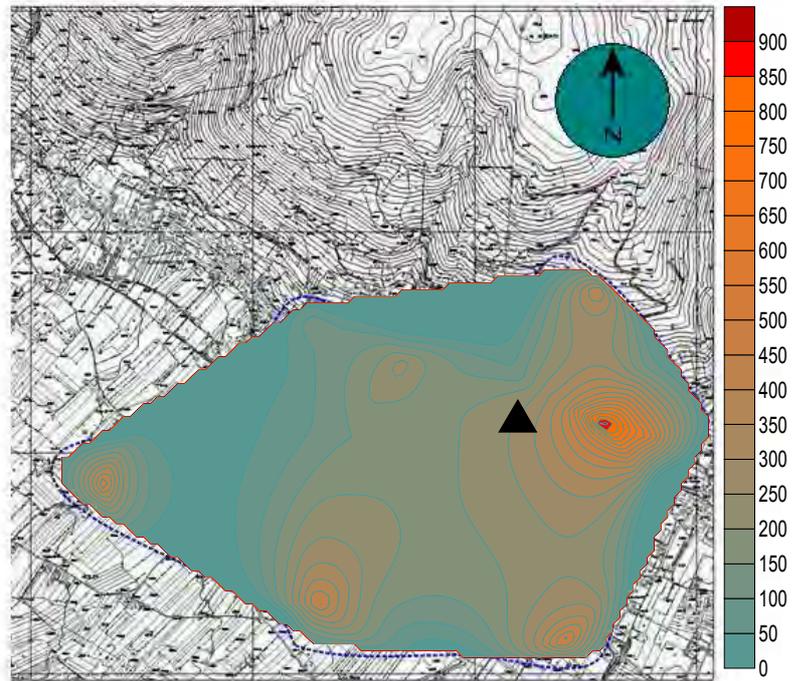


Fig. 8 – Carta della deposizione dei Fluoruri solubili con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

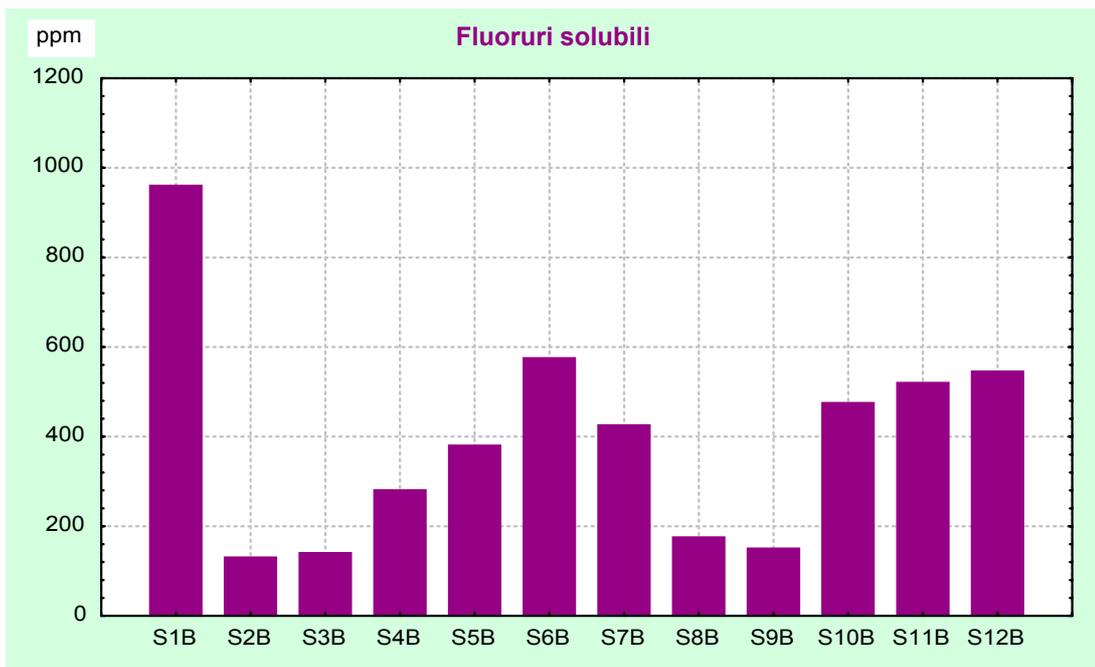


Fig. 9 – Grafico delle concentrazioni di Fluoruri solubili in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

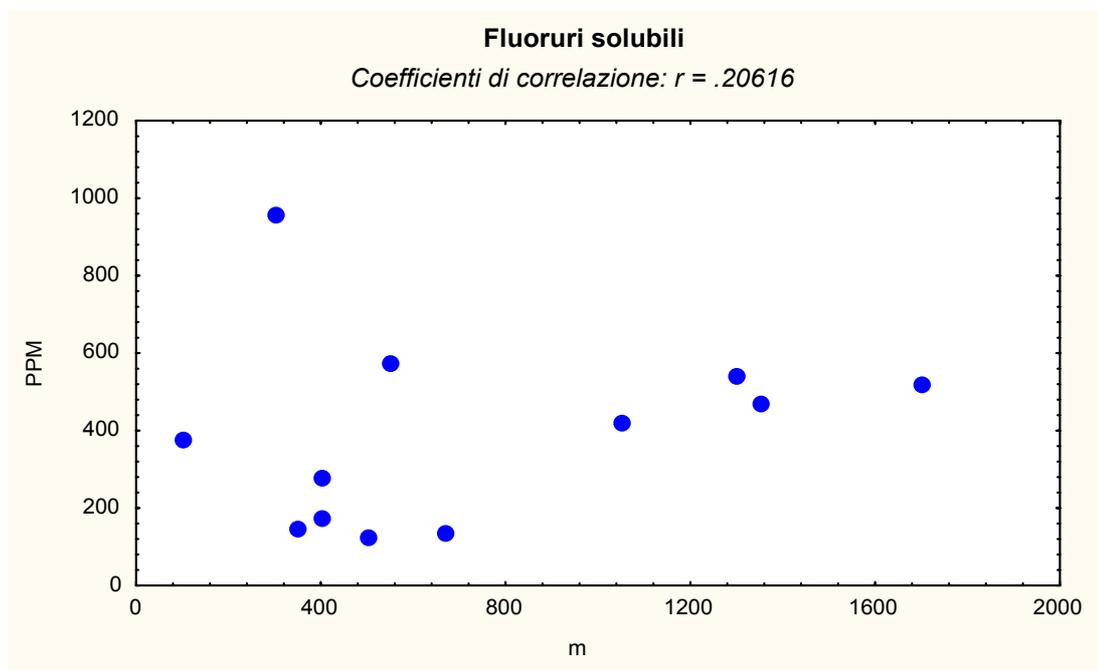


Fig. 10 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza tra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

## Solfati solubili

Il valore medio dei Solfati solubili è stato di 2524,417 ppm, ma in corrispondenza della stazione S1B è stato rilevato un picco piuttosto anomalo, pari a 6950 ppm.

Ricalcolando la media con l'esclusione di questo valore, è risultata una concentrazione media di 2122 ppm, valore in ogni modo elevato rispetto alla media stimata nell'anno precedente.

Staz.	ppm
S1B	6950
S2B	1532
S3B	1895
S4B	1691
S5B	3029
S6B	1933
S7B	1969
S8B	1930
S9B	1421
S10B	1550
S11B	3995
S12B	2398

Val. medio 2524,417
Val. min. 1421
Val. max 6950
Dev. Standard 1574,606

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

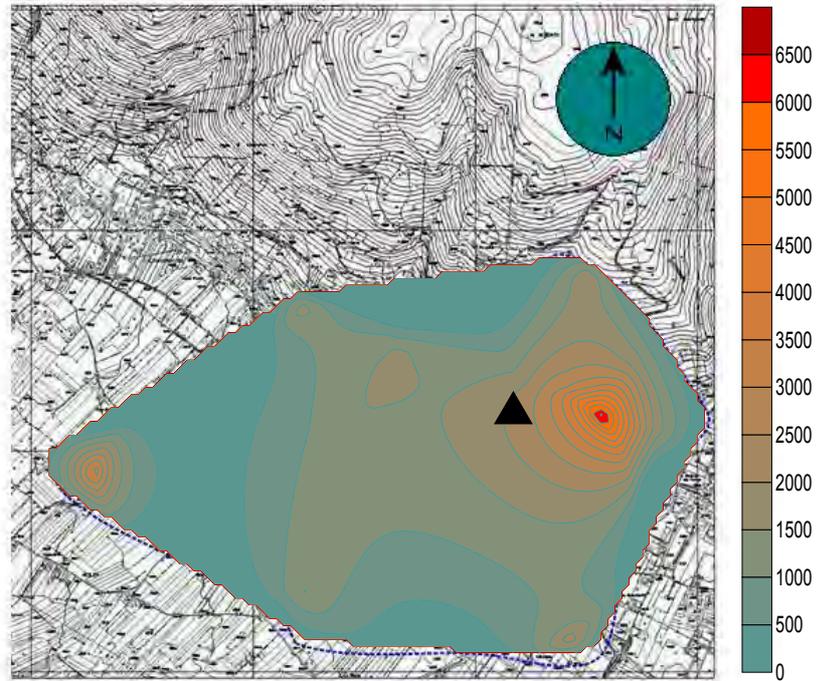


Fig. 11 –Carta della deposizione dei Solfati solubili con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

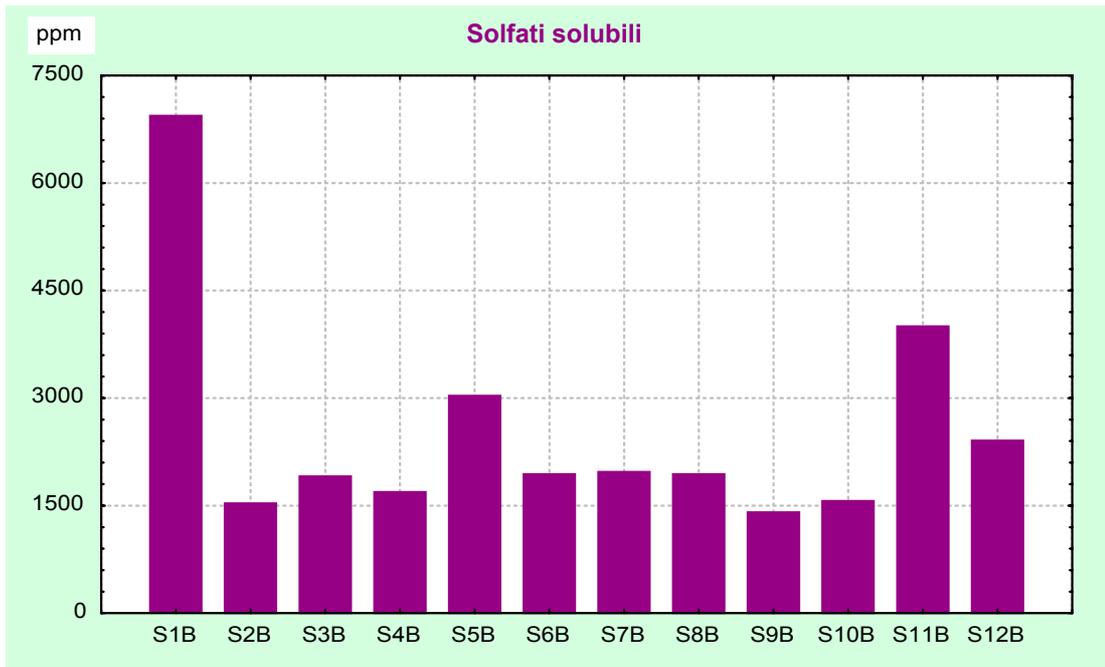


Fig. 12 – Grafico delle concentrazioni di Solfati solubili in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

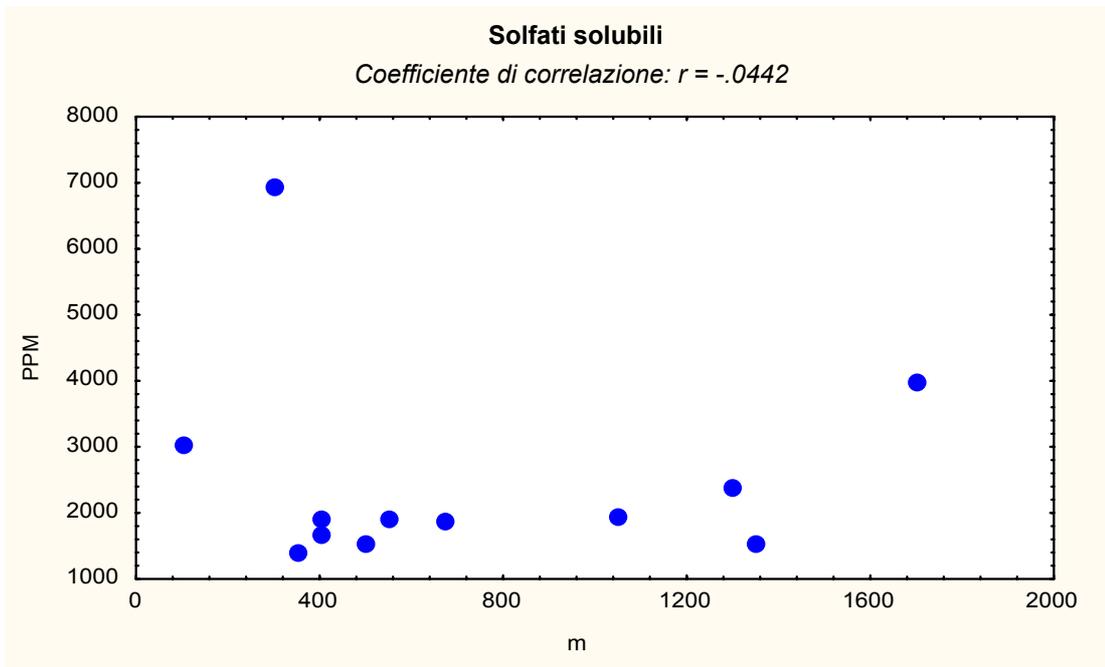


Fig. 13 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza tra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

## Al - Alluminio

Questo elemento è abbondante in natura e la sua presenza come contaminante nei talli lichenici è legata anche alle caratteristiche geopedologiche dei suoli.

Il valore medio riscontrato nell'area è stato pari a 404,833 ppm (background nazionale 250 ppm), mentre il picco maggiore è stato registrato in corrispondenza della stazione S7B posta nelle vicinanze di una cava in loc. Petazzano e conferma l'andamento degli anni precedenti.

Staz.	ppm
S1B	373
S2B	334
S3B	506
S4B	667
S5B	517
S6B	285
S7B	1214
S8B	522
S9B	119
S10B	114
S11B	106
S12B	101

Val. medio 404,833
Val. min. 101
Val. max 1214
Dev. Standard 320,272

Tab. 4 – Concentrazione di Alluminio nelle singole stazioni e relative statistiche.

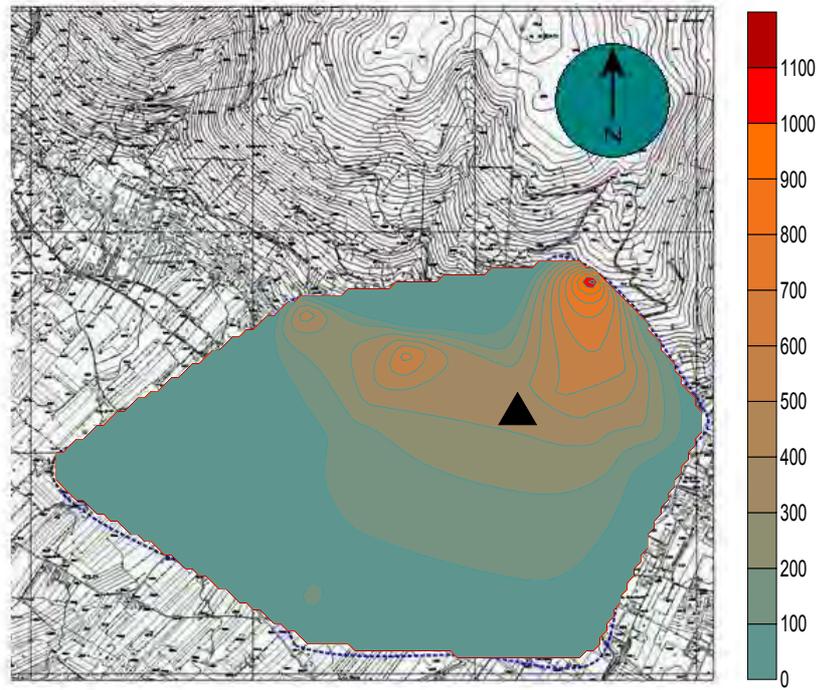


Fig. 14 – Carta della deposizione di Alluminio con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

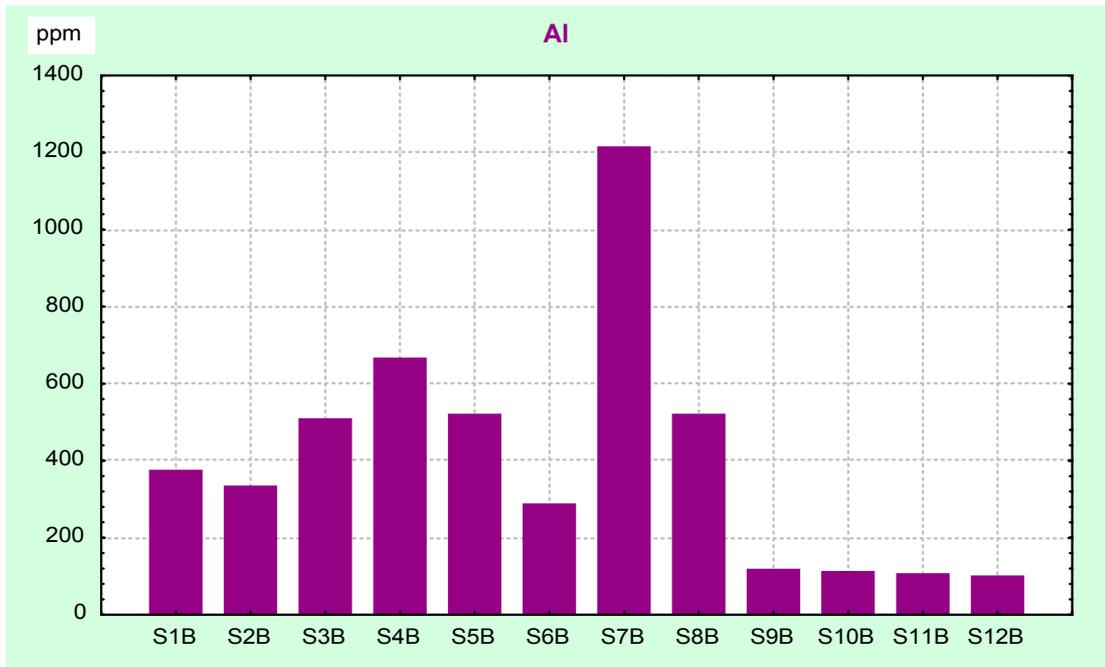


Fig. 15 – Grafico delle concentrazioni di Alluminio in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

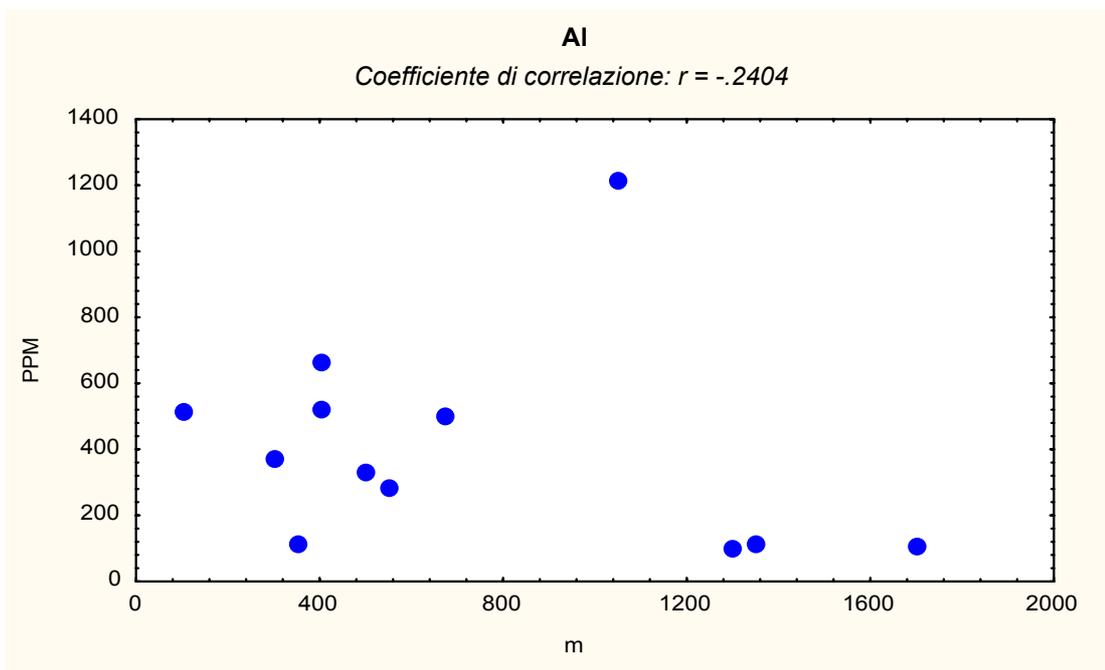


Fig. 16 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza tra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

## As - Arsenico

Il valore di accumulo medio di Arsenico è stato di 0,208 ppm ed ha mostrato un andamento delle concentrazioni costante in tutte le stazioni, mentre un valore leggermente superiore è stato rilevato presso la stazione S7B (loc. Petazzano), nelle vicinanze di una cava.

Staz.	ppm
S1B	0,2
S2B	0,2
S3B	0,1
S4B	0,1
S5B	0,2
S6B	0,1
S7B	0,8
S8B	0,1
S9B	0,1
S10B	0,1
S11B	0,2
S12B	0,3

Val. medio 0,208
Val. min. 0,1
Val. max 0,8
Dev. Standard 0,197

Tab. 5 – Concentrazione dell'Arsenico nelle singole stazioni e relative statistiche.

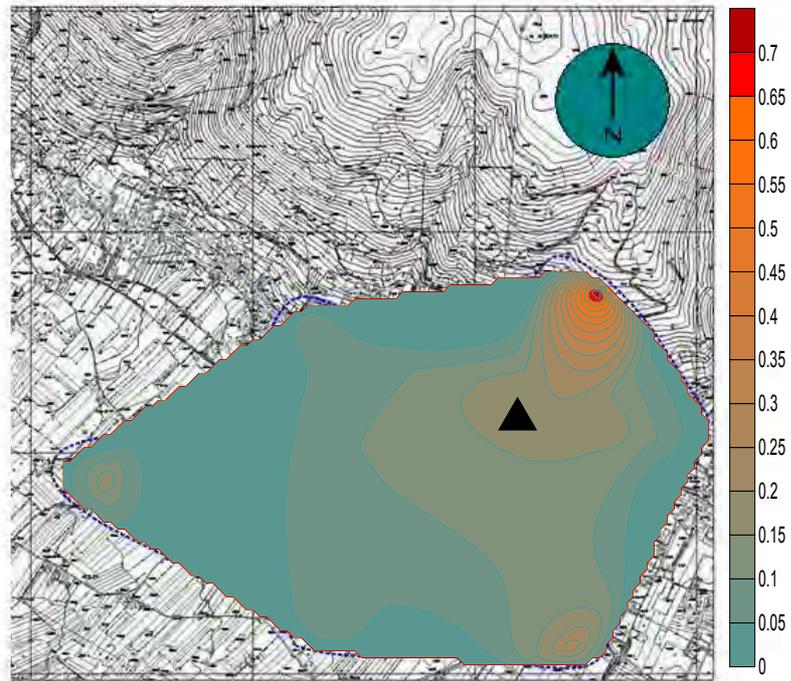


Fig. 17 – Carta della deposizione di Arsenico con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

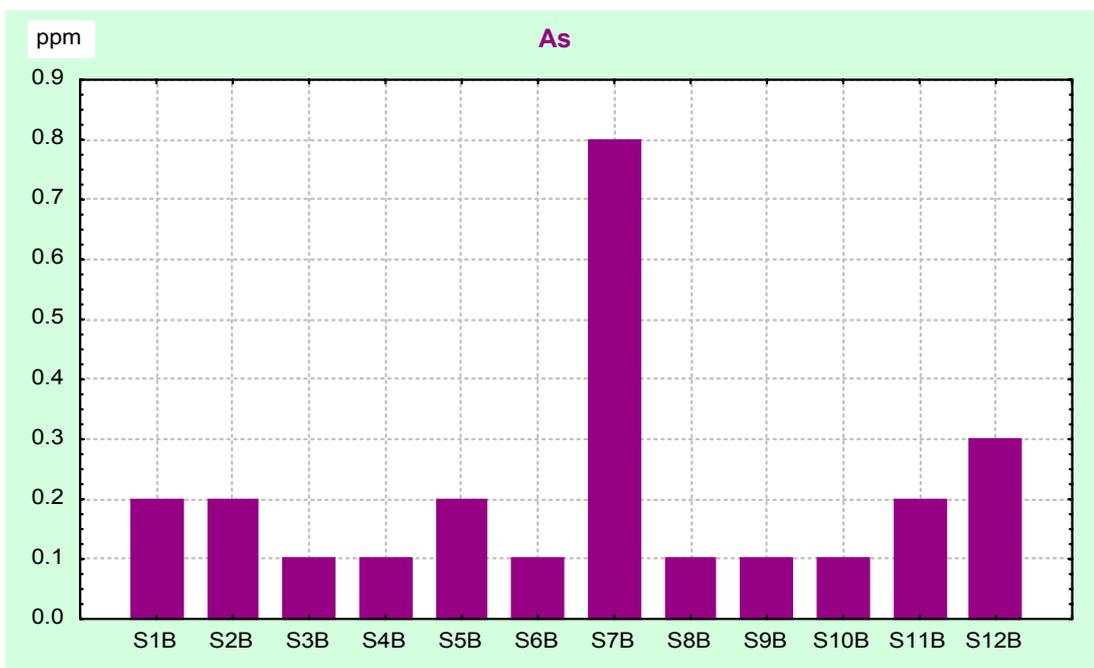


Fig. 18 – Grafico delle concentrazioni di Arsenico in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

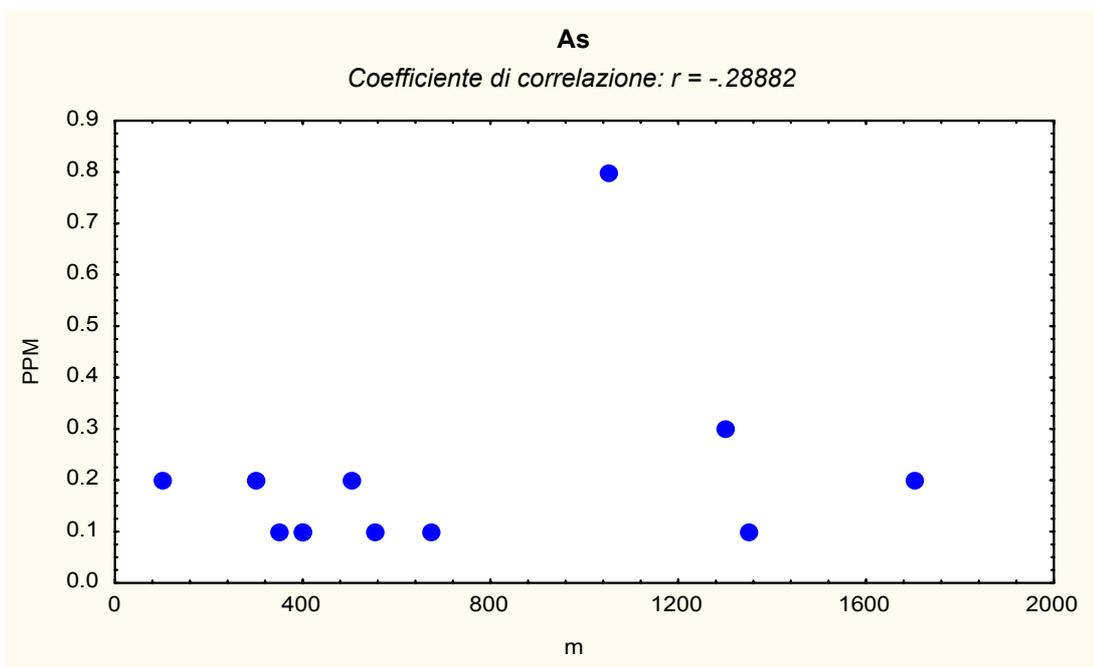


Fig. 19 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza tra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

## Cd - Cadmio

Il Cadmio ha mostrato un valore di accumulo medio pari a 0,171 ppm, mentre il valore massimo riscontrato (0,66 ppm) appartiene alla stazione S7B (loc. Petazzano). Tuttavia, tale valore, non risulta eccessivamente elevato (background nazionale = 0,08 ppm).

Staz.	ppm
S1B	0,11
S2B	0,07
S3B	0,09
S4B	0,10
S5B	0,08
S6B	0,09
S7B	0,66
S8B	0,11
S9B	0,13
S10B	0,12
S11B	0,11
S12B	0,39

Val. medio 0,171
Val. min. 0,07
Val. max 0,66
Dev. Standard 0,175

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

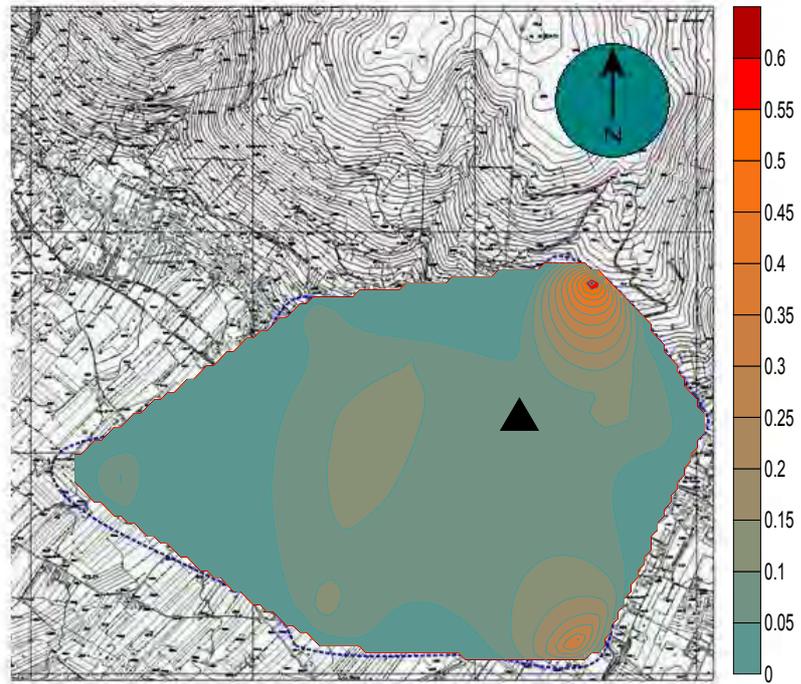


Fig. 20 – Carta della deposizione di Cadmio con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

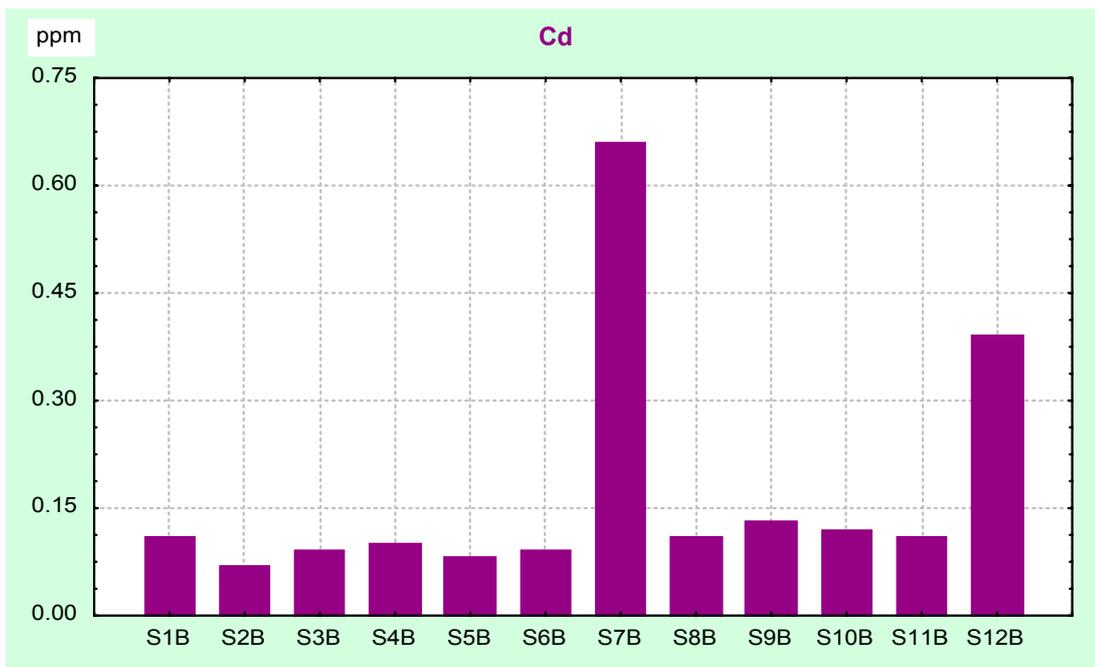


Fig. 21 – Grafico delle concentrazioni di Cadmio in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

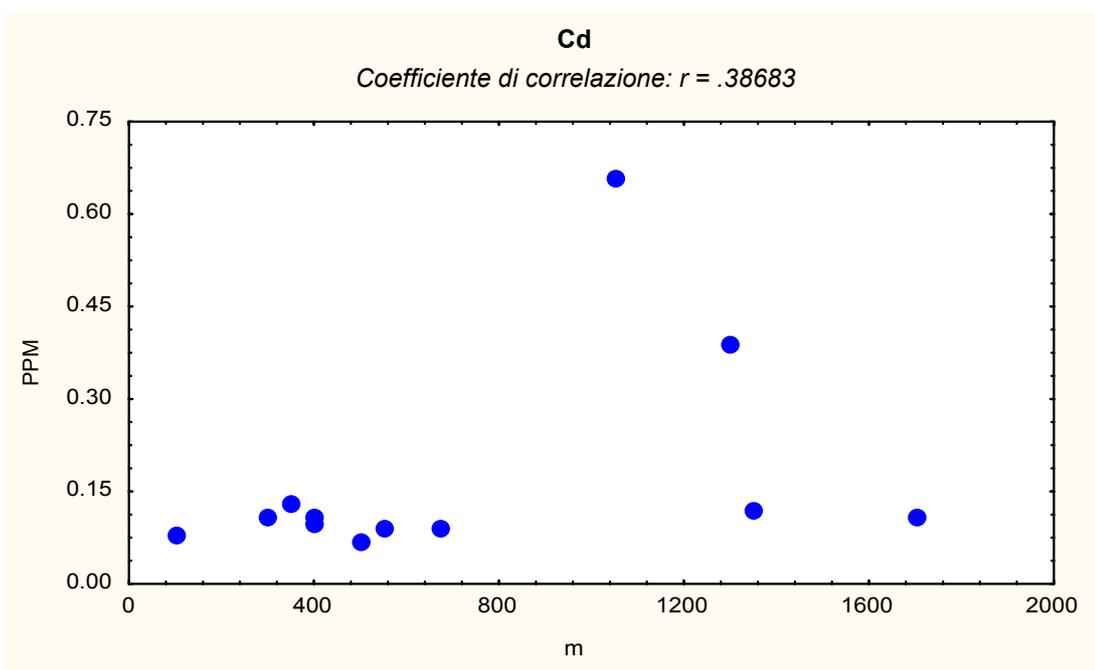


Fig. 22 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza tra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

## Cr - Cromo

I valori medi di Cromo nell'area indagata non hanno presentato concentrazioni elevate (2,23 ppm); l'unico hot spot è stato riscontrato in corrispondenza della stazione S7B (loc. Petazzano) ed è stato pari a 8,63 ppm.

Staz.	ppm
S1B	1,55
S2B	1,10
S3B	1,53
S4B	0,91
S5B	1,30
S6B	1,42
S7B	8,63
S8B	2,79
S9B	2,42
S10B	1,65
S11B	1,32
S12B	2,14

Val. medio 2,230
Val. min. 0,91
Val. max 8,63
Dev. Standard 2,088

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

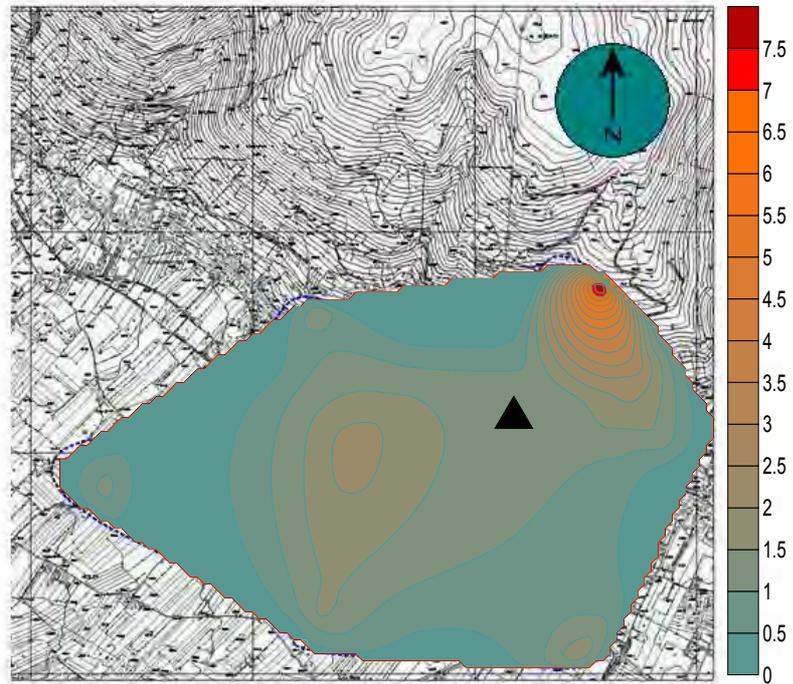


Fig. 23 – Carta della deposizione di Cromo con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

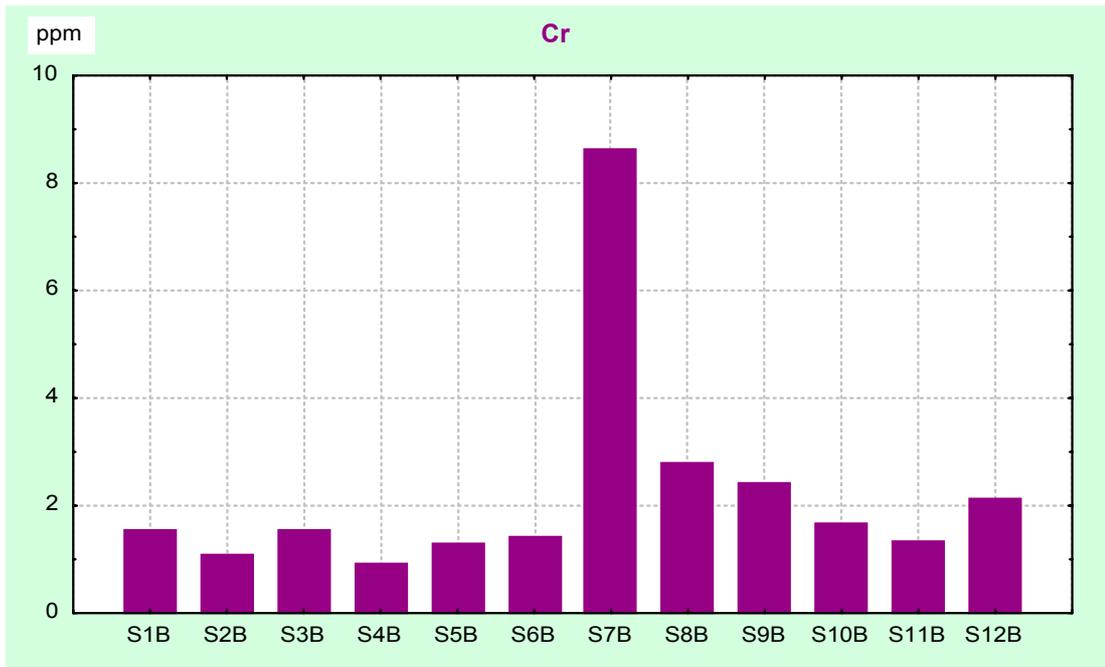


Fig. 24 – Grafico delle concentrazioni di Cromo in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

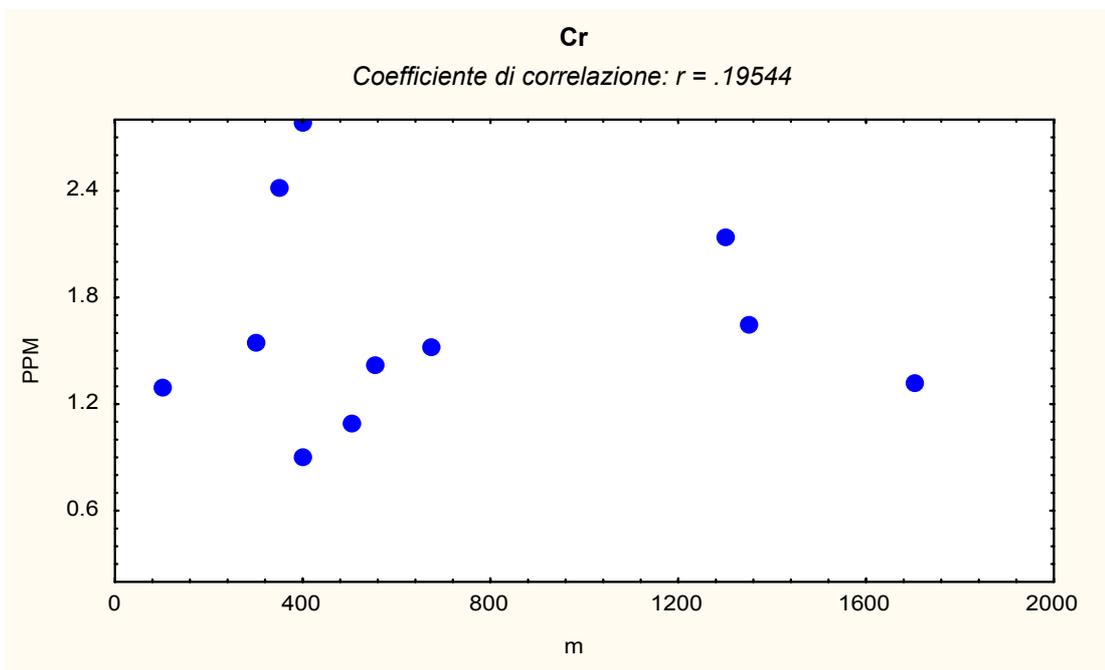


Fig. 25 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza tra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

## Cu - Rame

Il Rame ha mostrato un valore medio di accumulo di 6,618 ppm, mentre in corrispondenza della stazione S5B, posta a N del cementificio, è stato registrato un picco di 27 ppm ritenuto piuttosto anomalo per la mancanza di attività agricole (in quest'area) che solitamente favoriscono le concentrazioni di questo inquinante nei talli lichenici.

Staz.	ppm
S1B	2,82
S2B	2,69
S3B	3,65
S4B	2,32
S5B	27
S6B	0,74
S7B	4,89
S8B	4,67
S9B	6,48
S10B	7,10
S11B	6,80
S12B	10,26

Val. medio 6,618
Val. min. 0,74
Val. max 27
Dev. Standard 6,924

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

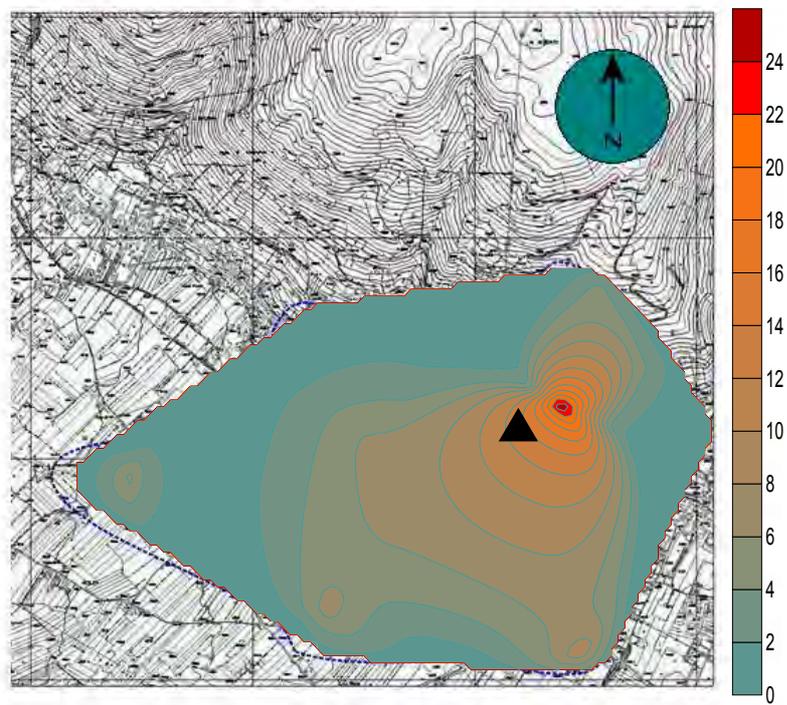


Fig. 26 – Carta della deposizione di Rame con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

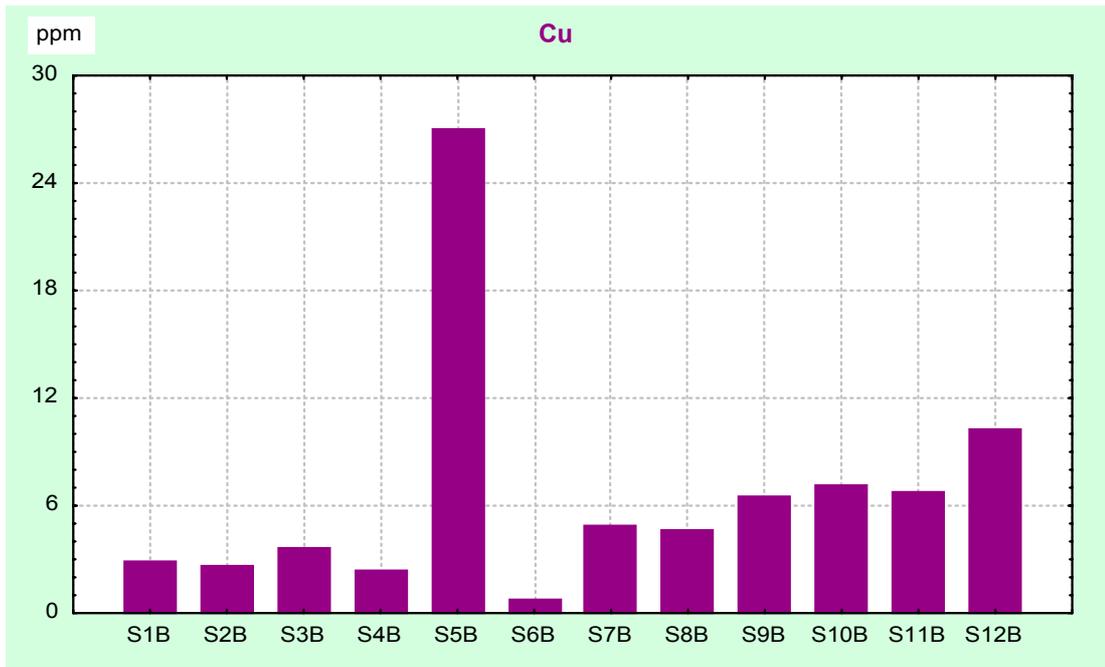


Fig. 27 – Grafico delle concentrazioni di Rame in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

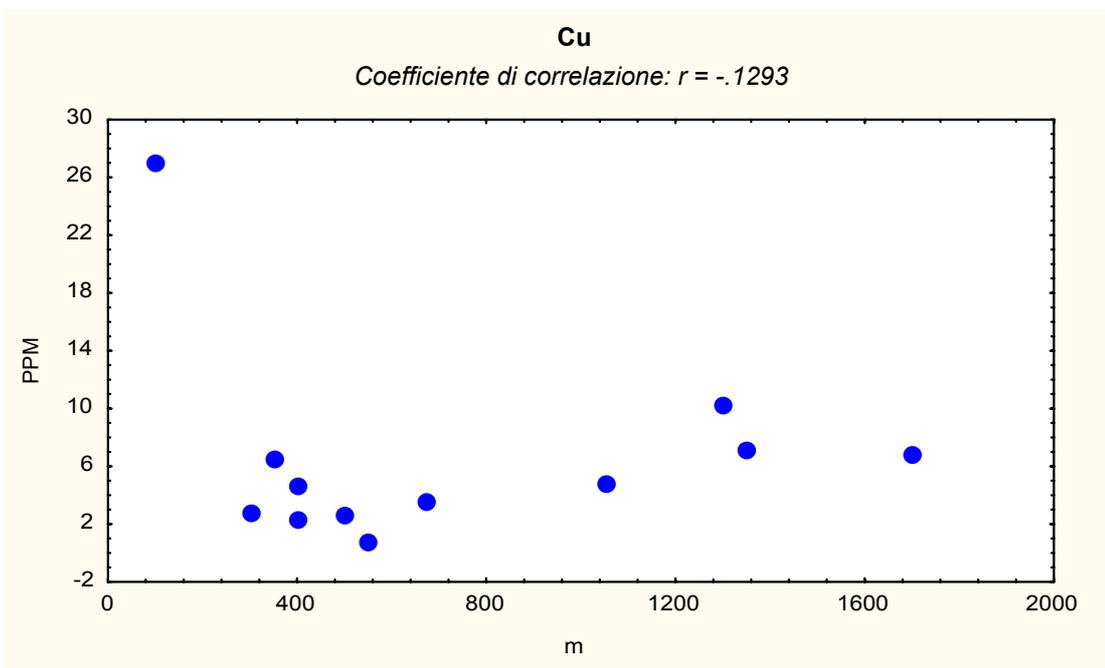


Fig. 28 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza tra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

## Fe – Ferro

Le concentrazioni di Ferro rilevate nei talli lichenici non sono state elevate, mostrando un valore medio di 270,083 ppm, in tendenza negativa rispetto agli altri anni.

Il valore massimo di 880 ppm, è stato rilevato solamente in corrispondenza della stazione S7B (loc. Petazzano) nelle vicinanze di una cava.

La presenza di questo metallo è legata alle caratteristiche geopedologiche dei suoli e la sua presenza in atmosfera è solitamente imputabile alle attività di movimento terra.

Staz.	ppm
S1B	270
S2B	242
S3B	326
S4B	266
S5B	216
S6B	207
S7B	880
S8B	141
S9B	107
S10B	346
S11B	138
S12B	102

Val. medio 270,083
Val. min. 102
Val. max 880
Dev. Standard 208,360

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

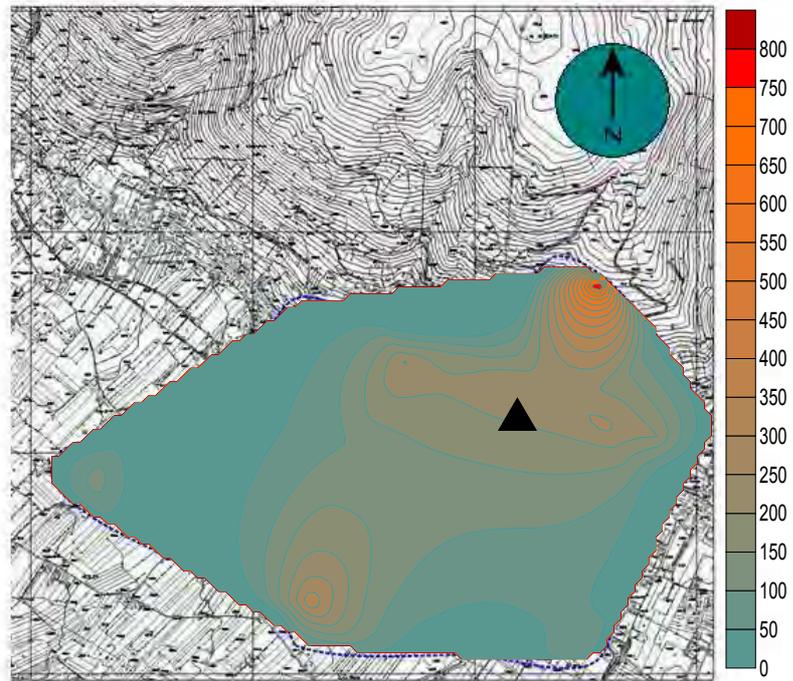


Fig. 29 – Carta della deposizione di Ferro con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

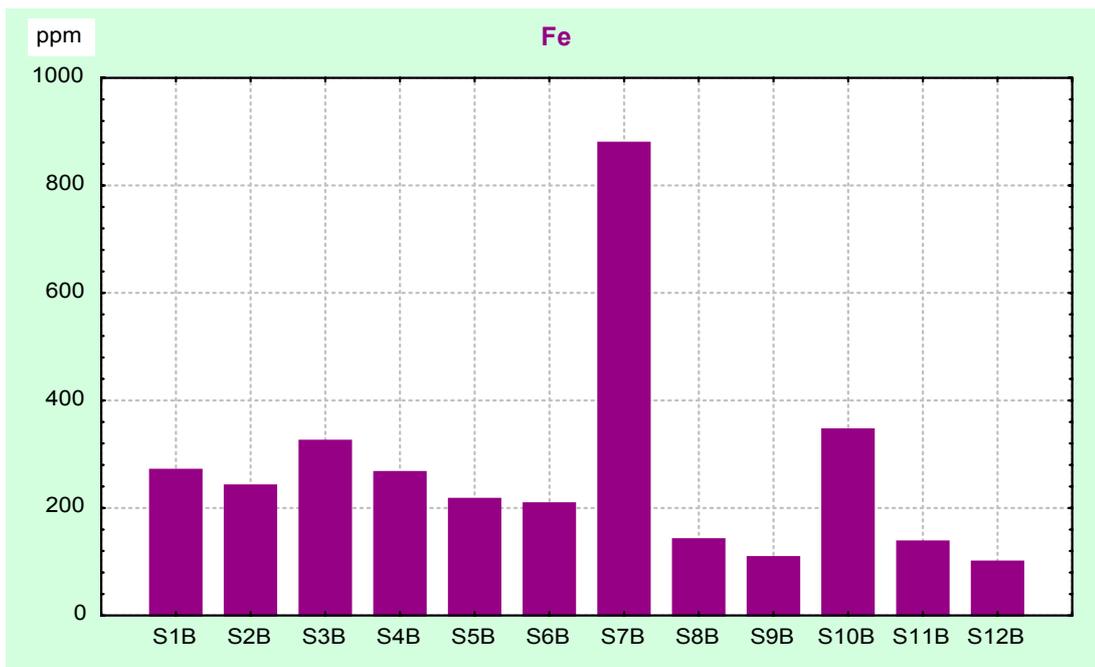


Fig. 30 – Grafico delle concentrazioni di Ferro in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

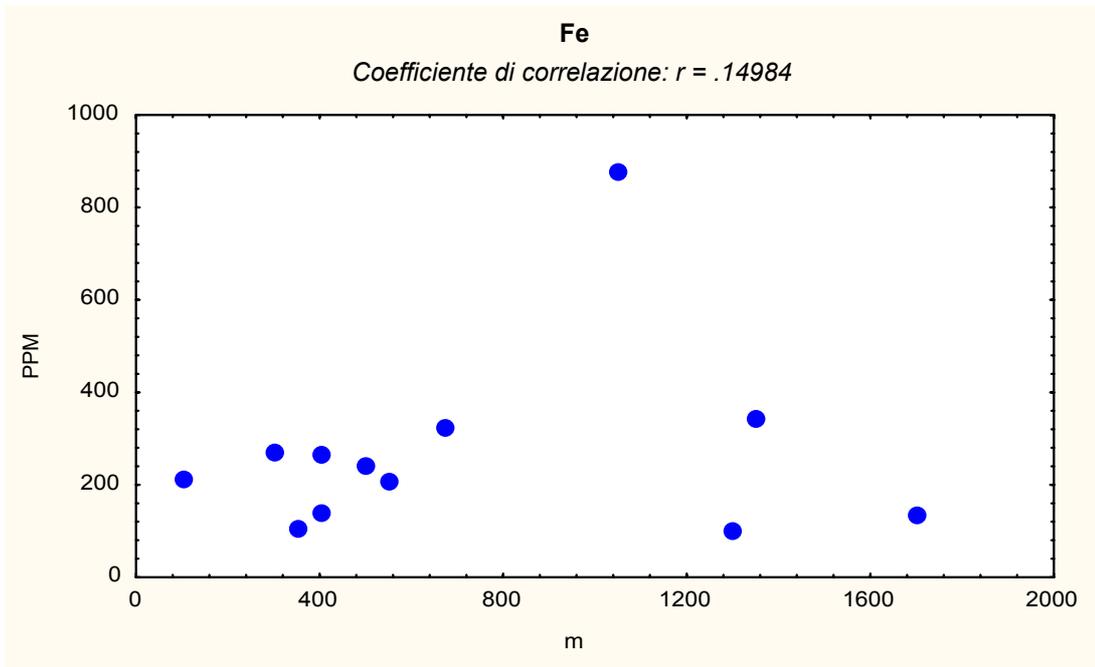


Fig. 31 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza tra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

## Hg – Mercurio

Le concentrazioni di questo inquinante nei talli lichenici hanno subito un incremento rispetto agli anni precedenti. Il valore medio rilevato nel terzo anno di monitoraggio è stato pari a 0,112 ppm, mentre il valore massimo di 0,138 ppm (background nazionale 0,06 ppm), è stato rilevato presso la stazione S9B, posta a SSW dell'impianto.

Al momento i valori delle concentrazioni non sono saliti a livelli preoccupanti ma data la nota alta tossicità di questo elemento, è auspicabile un monitoraggio ricorrente nel tempo.

Staz.	ppm
S1B	0,10
S2B	0,106
S3B	0,112
S4B	0,112
S5B	0,126
S6B	0,124
S7B	0,115
S8B	0,111
S9B	0,138
S10B	0,102
S11B	0,10
S12B	0,101

Val. medio 0,112
Val. min. 0,10
Val. max 0,138
Dev. Standard 0,012

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

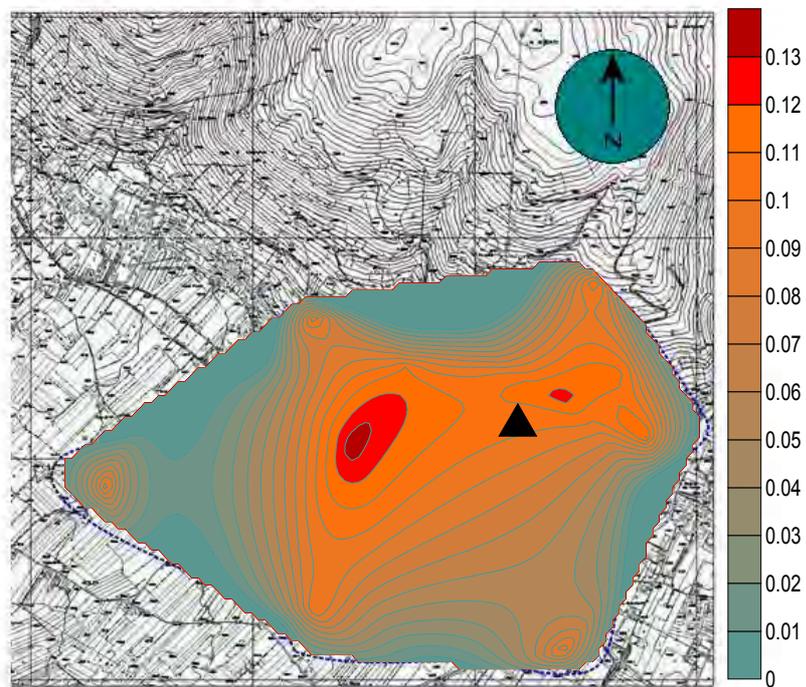


Fig. 32 – Carta della deposizione di Mercurio con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

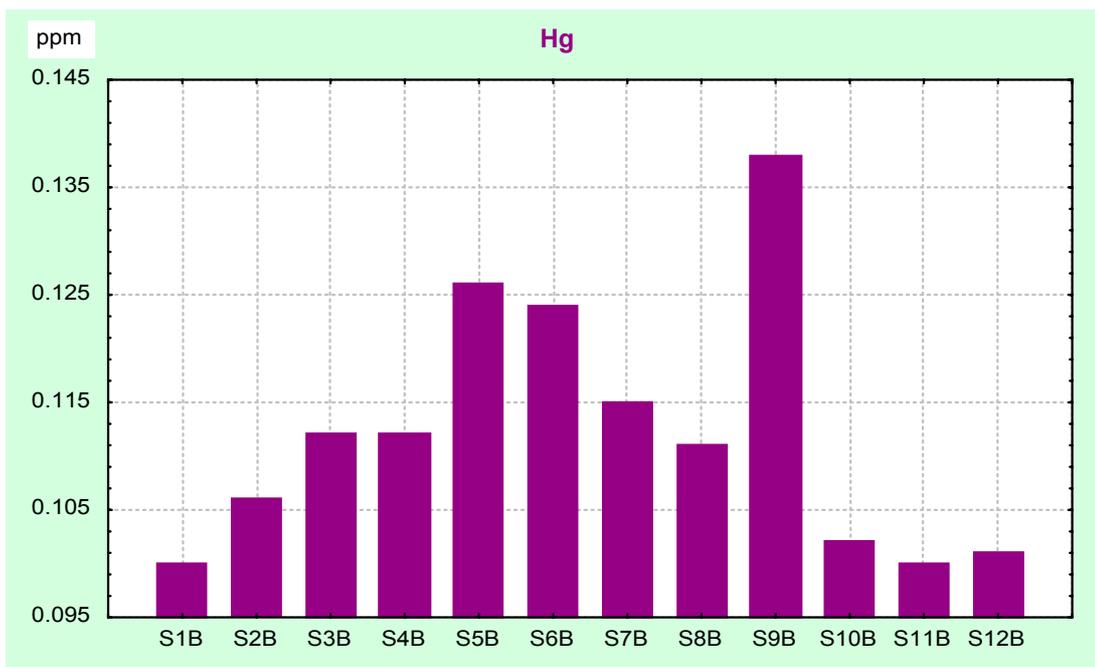


Fig. 33 – Grafico delle concentrazioni di Mercurio in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

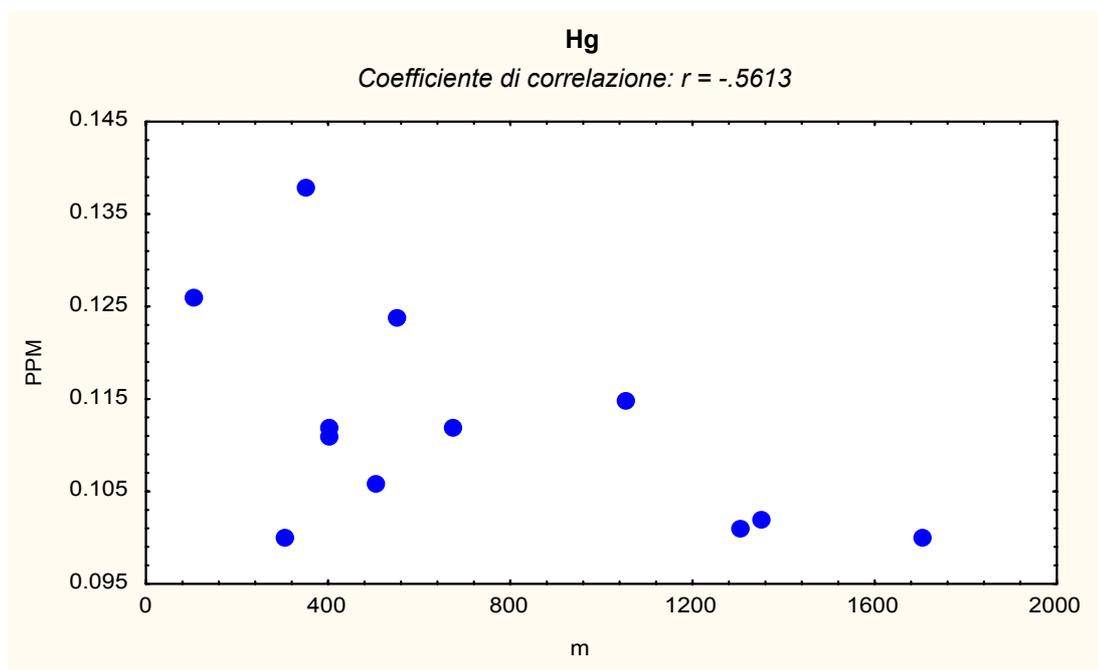


Fig. 34 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza tra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

## Ni – Nichel

Le concentrazioni di questo metallo sono risultate avere un valore medio di 1,47 ppm e la concentrazione massima, di 3,5 ppm, è stata rilevata in corrispondenza della stazione S1B, posta ad E dell'impianto.

Rispetto agli anni precedenti, è stata rilevata una notevole diminuzione delle concentrazioni di Ni nei talli lichenici.

Staz.	ppm
S1B	3,5
S2B	1,59
S3B	1,38
S4B	0,32
S5B	1,81
S6B	0,57
S7B	2,13
S8B	2,95
S9B	0,86
S10B	0,43
S11B	0,41
S12B	1,78

Val. medio 1,477
Val. min. 0,32
Val. max 3,50
Dev. Standard 1,031

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

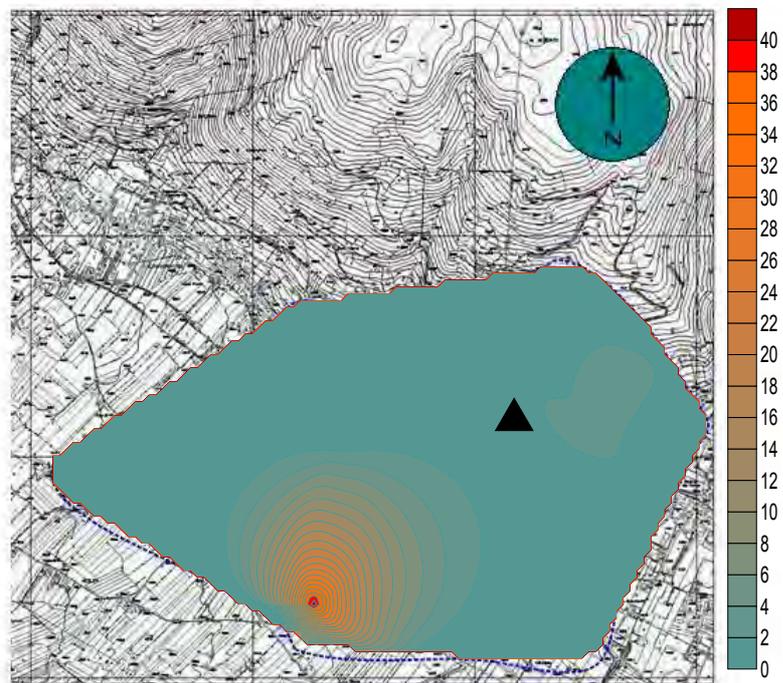


Fig. 35 – Carta della deposizione di Nichel con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

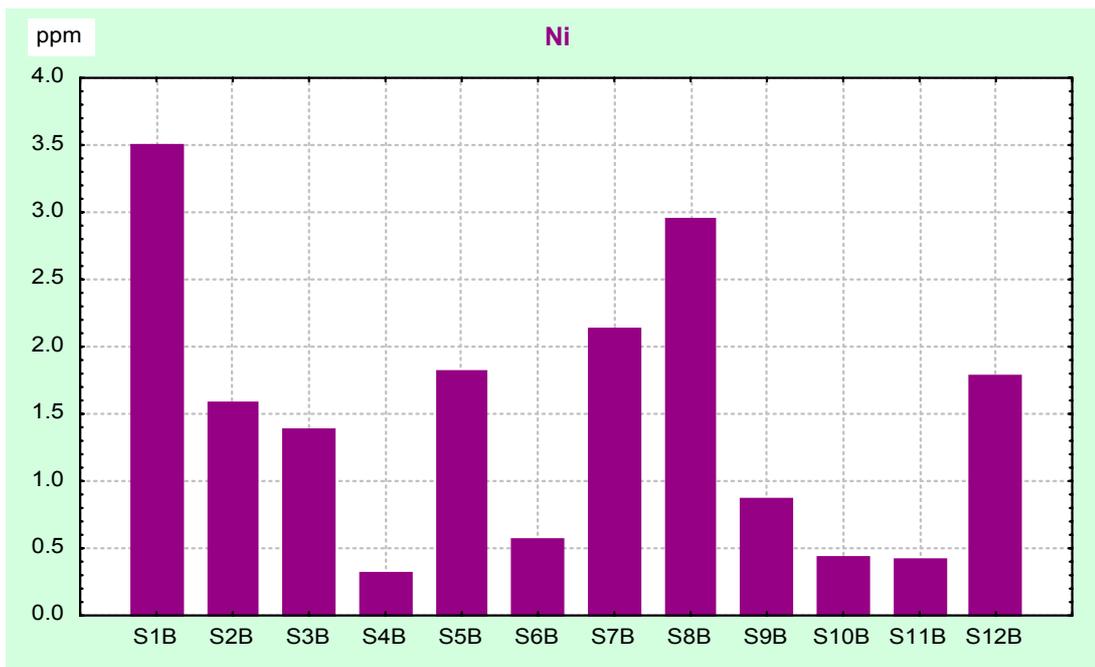


Fig. 36 – Grafico delle concentrazioni di Nichel in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

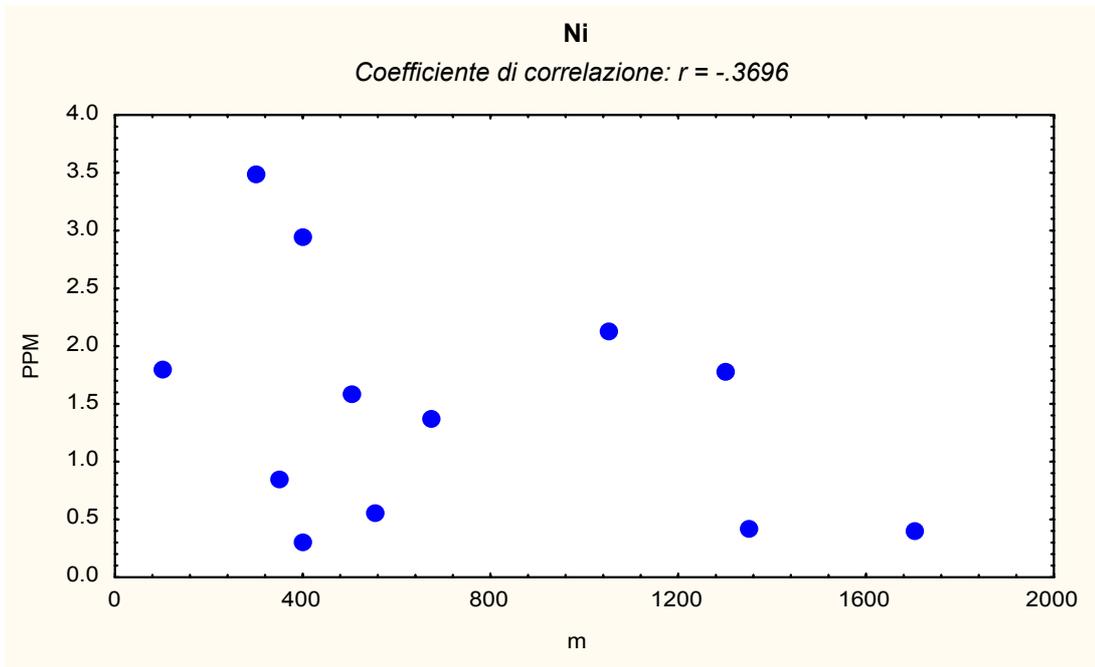


Fig. 37 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza tra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

## **Pb – Piombo**

Le concentrazioni di Piombo, rilevate nel corso del terzo anno di studio, hanno mostrato una progressiva diminuzione rispetto agli anni precedenti. Il valore medio rilevato è stato di 3,119 ppm, mentre il valore massimo è stato riconfermato per la stazione S6B, posta ad E dell'impianto ed è stato pari a 7,3 ppm.

Questa stazione, in particolare, localizzata in prossimità di un incrocio ad elevato traffico veicolare, è testimone, tuttavia, dell'abbattimento delle concentrazioni di questo inquinante nei talli lichenici, per effetto della progressiva eliminazione della benzina contenente Piombo.

<b>Staz.</b>	<b>ppm</b>
<b>S1B</b>	6,94
<b>S2B</b>	0,29
<b>S3B</b>	0,12
<b>S4B</b>	2,13
<b>S5B</b>	2,80
<b>S6B</b>	7,3
<b>S7B</b>	2,28
<b>S8B</b>	2,94
<b>S9B</b>	2,27
<b>S10B</b>	2,84
<b>S11B</b>	3,26
<b>S12B</b>	4,26

Val. medio 3,119
Val. min. 0,12
Val. max 7,30
Dev. Standard 2,195

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

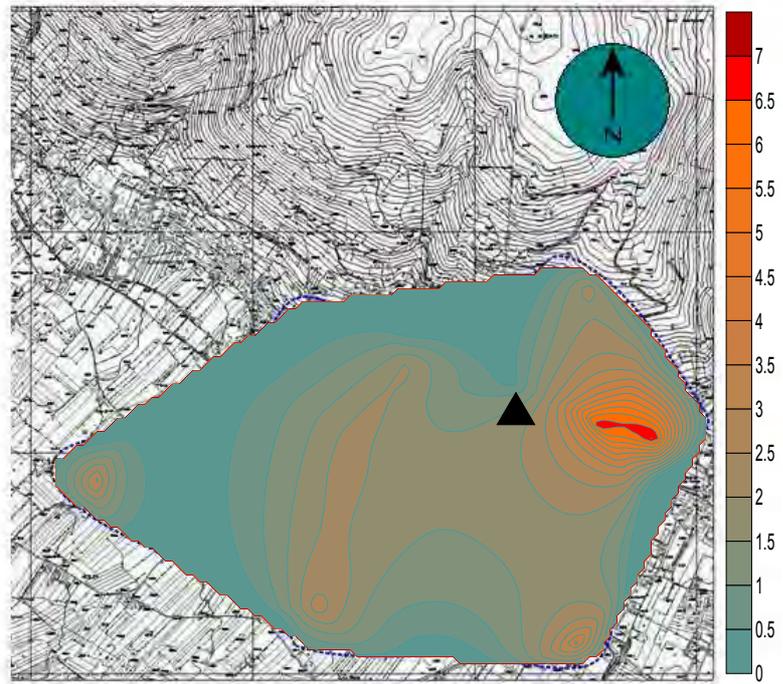


Fig. 38 – Carta della deposizione di Piombo con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

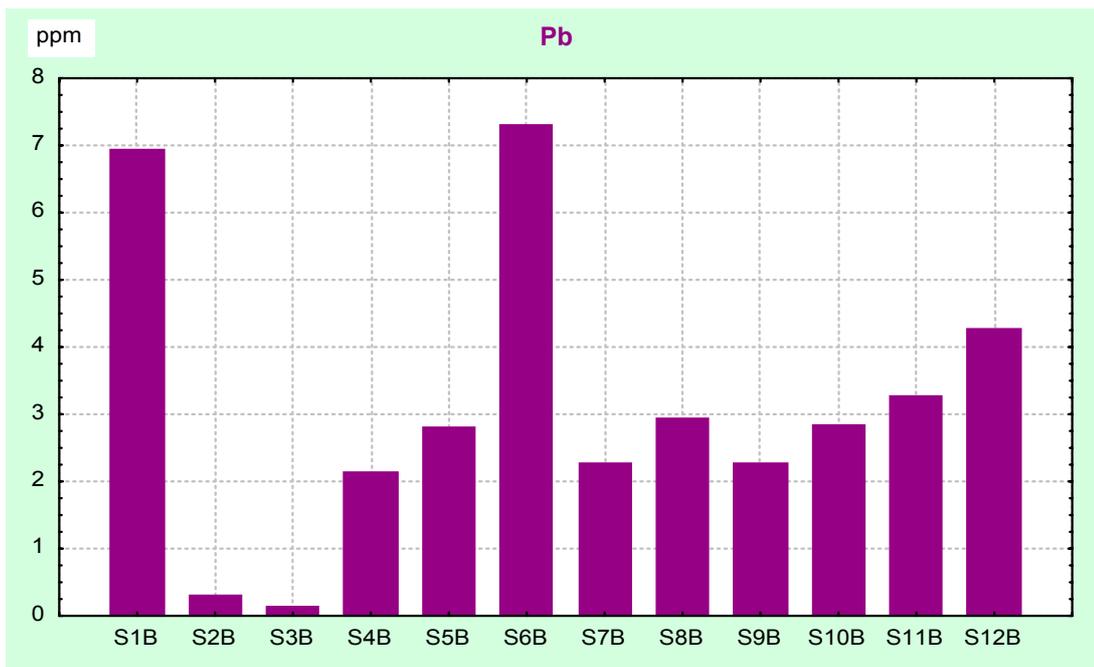


Fig. 39 – Grafico delle concentrazioni di Piombo in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

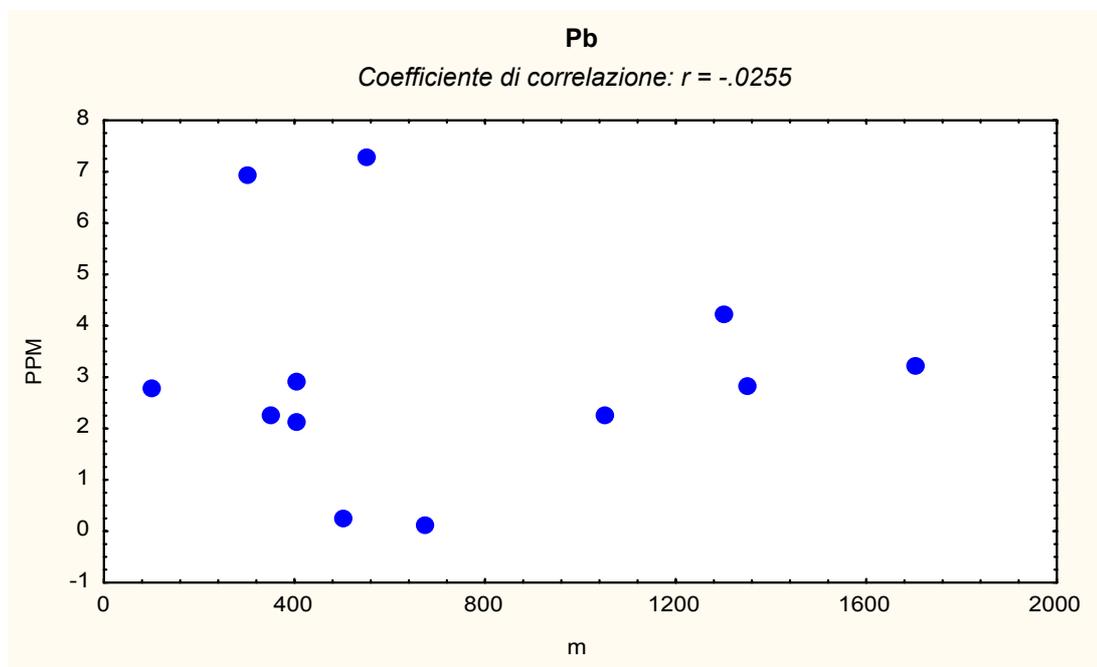


Fig. 40 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza tra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

## Ti – Titanio

Il Titanio ha mostrato un valore medio di 82,683 ppm, con il valore massimo registrato in corrispondenza della stazione S7B (nei pressi della cava di Petazzano) pari a 113,5 ppm.

Il picco di questo elemento terrigeno nei talli lichenici può essere attribuito al movimento terra dovuto alle attività estrattive nei pressi di questa stazione.

Staz.	ppm
S1B	91,3
S2B	84,8
S3B	103
S4B	81,6
S5B	103
S6B	78,8
S7B	113,5
S8B	64,5
S9B	65,4
S10B	60,7
S11B	63,4
S12B	82,2

Val. medio	82,683
Val. min.	60,7
Val. max	113,5
Dev. Standard	17,464

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

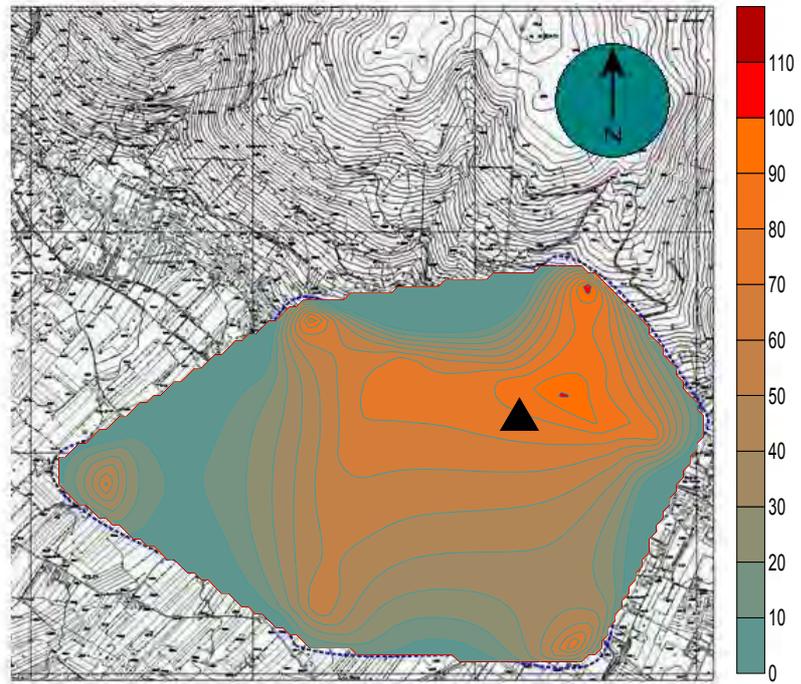


Fig. 41 – Carta della deposizione di Titanio con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

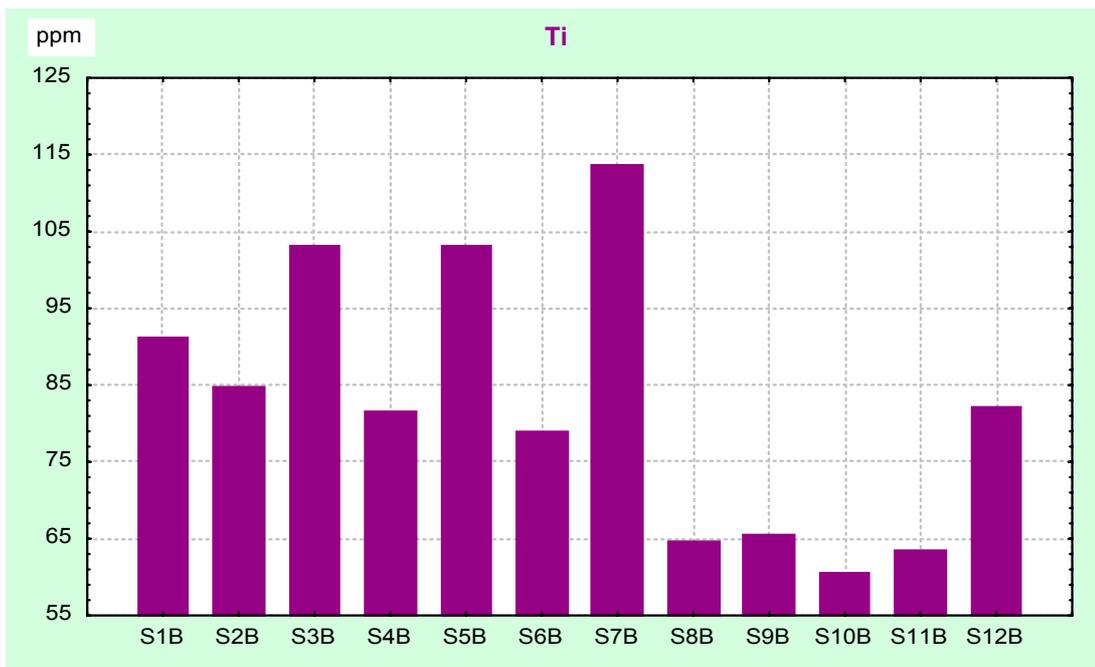


Fig. 42 – Grafico delle concentrazioni di Titanio in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

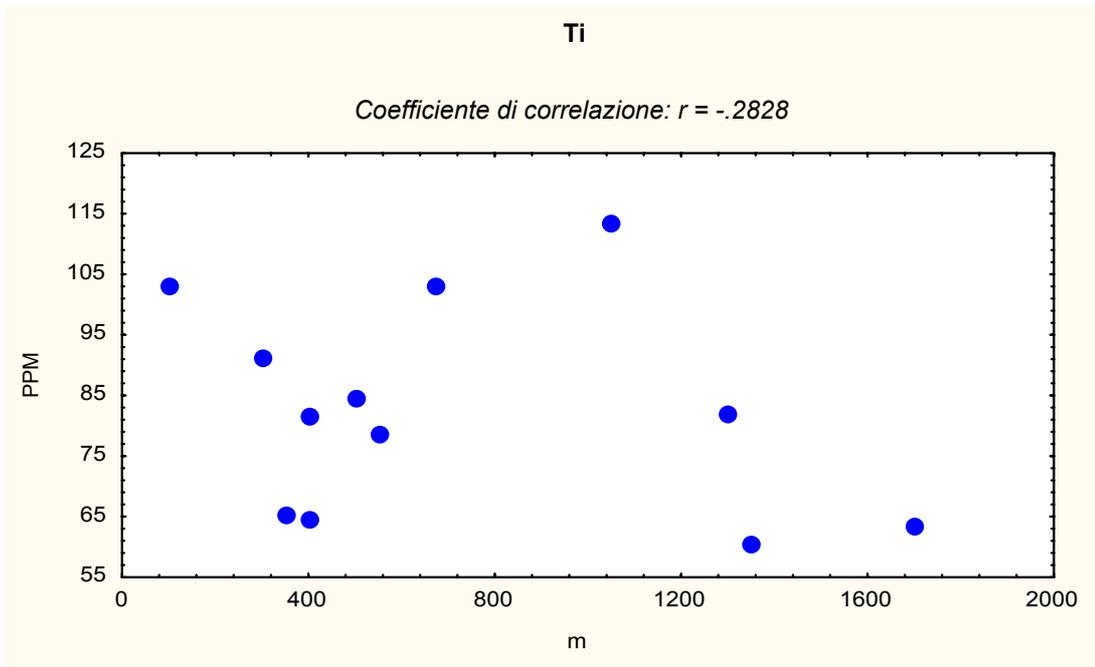


Fig. 43 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza tra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

## V – Vanadio

Il valore medio di questo metallo è risultato pari a 2,545 ppm, mentre il valore massimo, di 4,9 ppm, è stato riscontrato nella stazione S7B, posta nelle vicinanze della cava di Petazzano. Il valore di accumulo di questo elemento nella stazione attigua alla cava è piuttosto anomalo poiché il Vanadio è emesso nell'aria dalle attività di combustione di petrolio e carbone fossile.

Staz.	ppm
S1B	2,54
S2B	1,83
S3B	2,73
S4B	1,94
S5B	2,97
S6B	2,24
S7B	4,9
S8B	2,11
S9B	2,80
S10B	1,97
S11B	1,85
S12B	2,67

Val. medio 2,545
Val. min. 1,83
Val. max 4,90
Dev. Standard 0,843

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

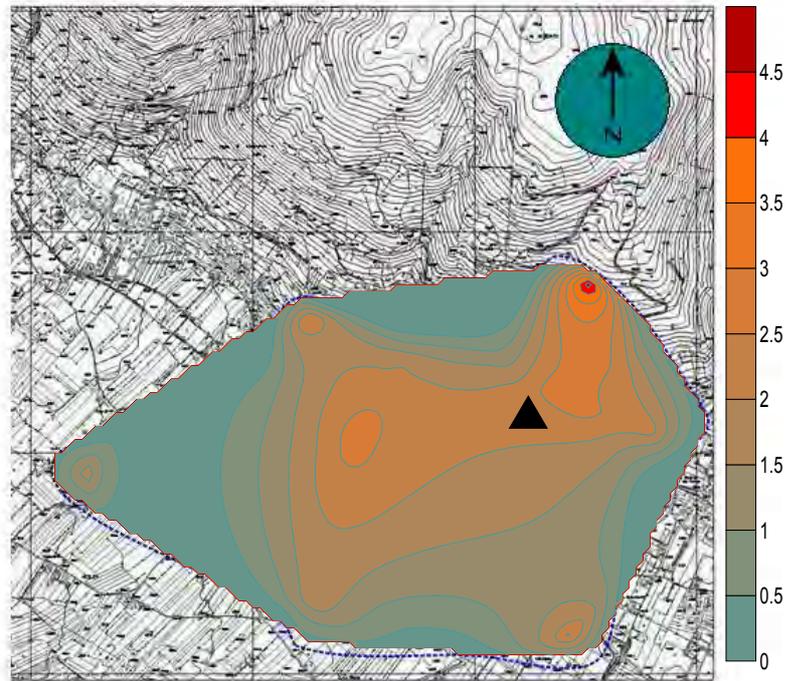


Fig. 44 – Carta della deposizione di Vanadio con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

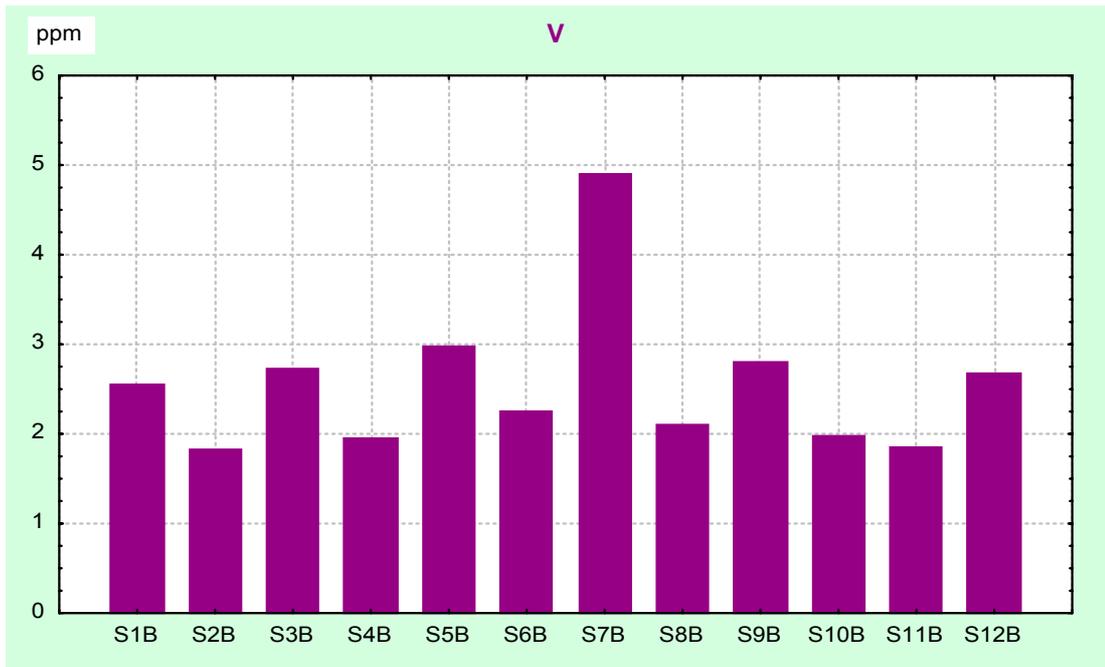


Fig. 45 – Grafico delle concentrazioni di Vanadio in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

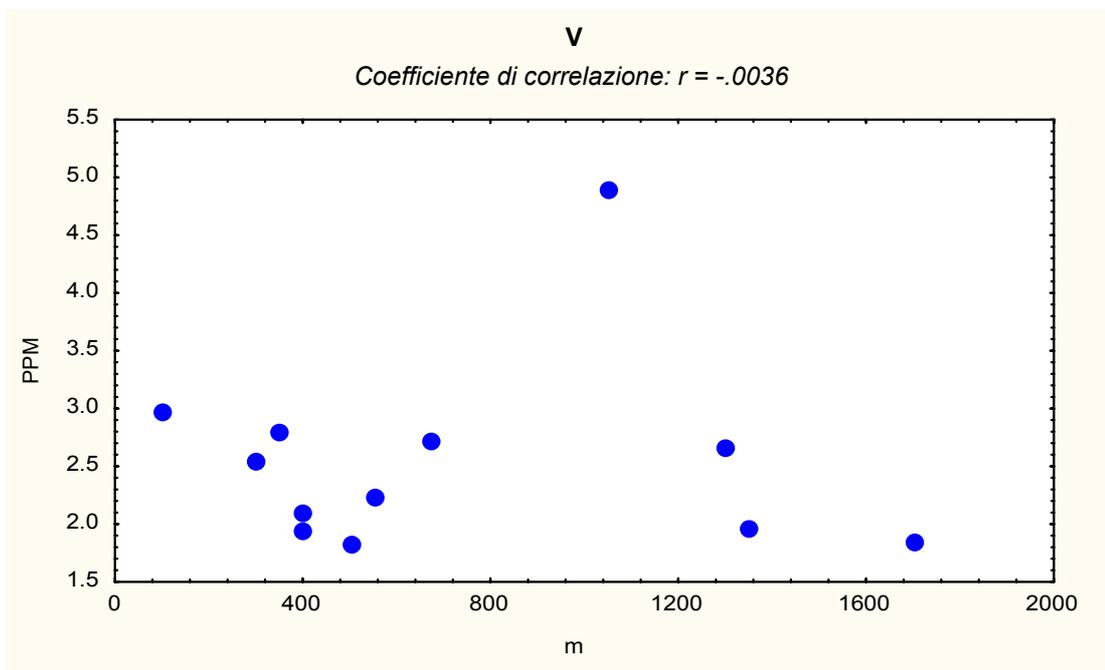


Fig. 46 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza tra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

## GRAFICI DI CONFRONTO

### Grafici di confronto tra i tre anni di indagine relativi all'area A

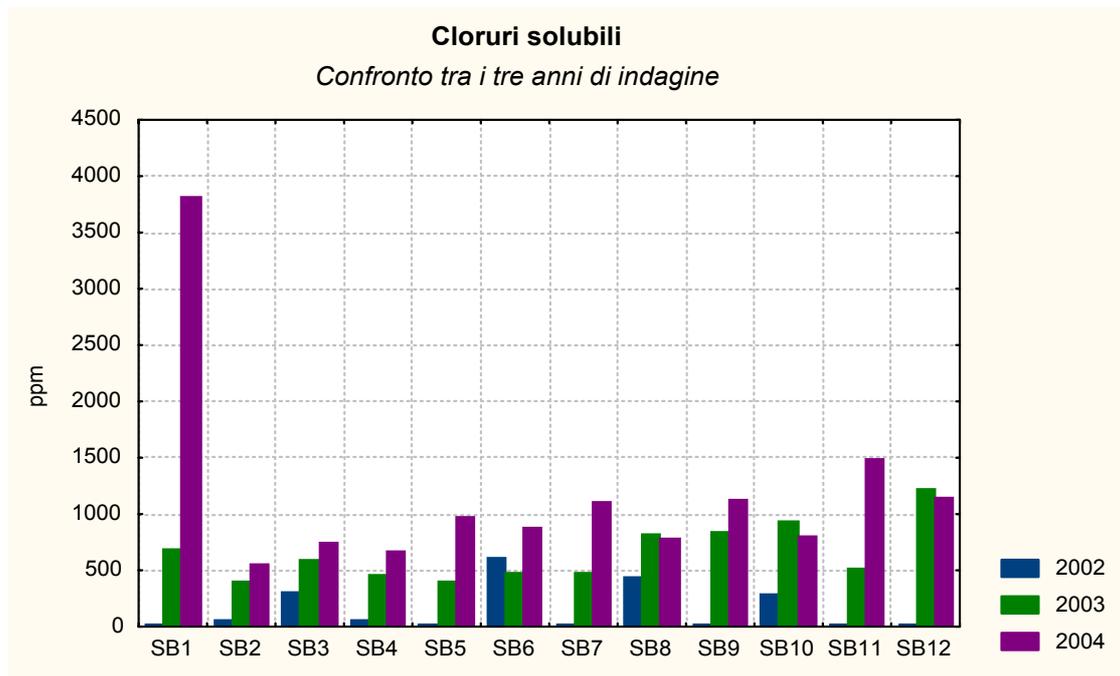


Fig. 47 - Grafico di confronto tra le concentrazioni di Cloruri solubili, rilevate in ogni singola stazione, nei tre anni di biomonitoraggio con i licheni.

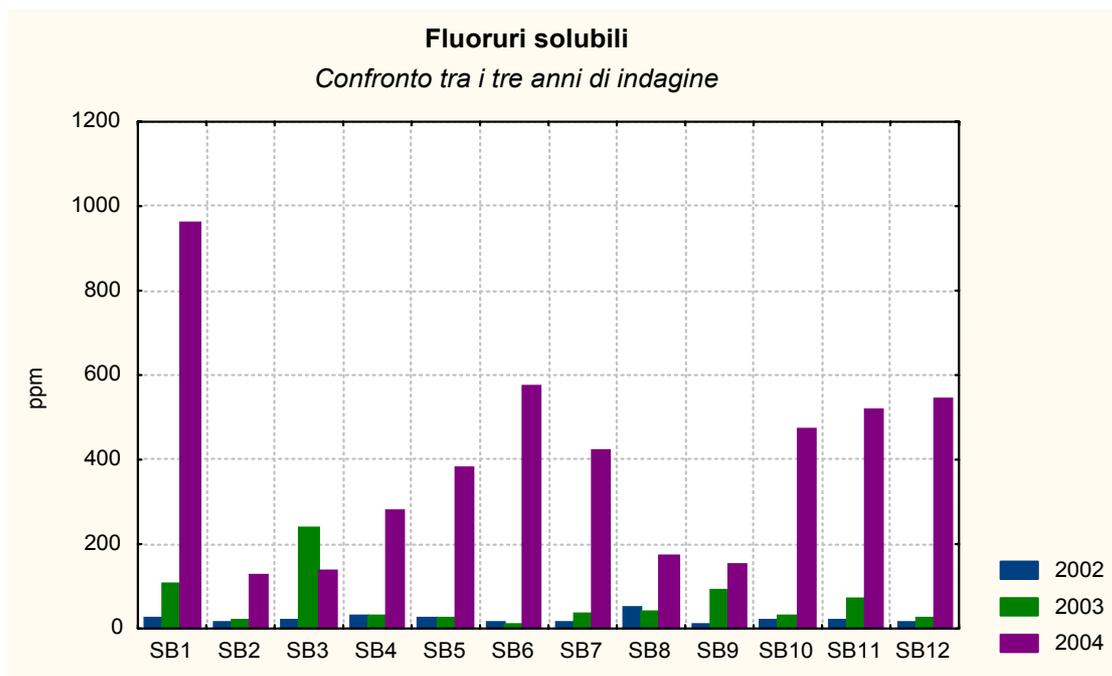


Fig. 48 - Grafico di confronto tra le concentrazioni di Fluoruri solubili, rilevate in ogni singola stazione, nei tre anni di biomonitoraggio con i licheni.

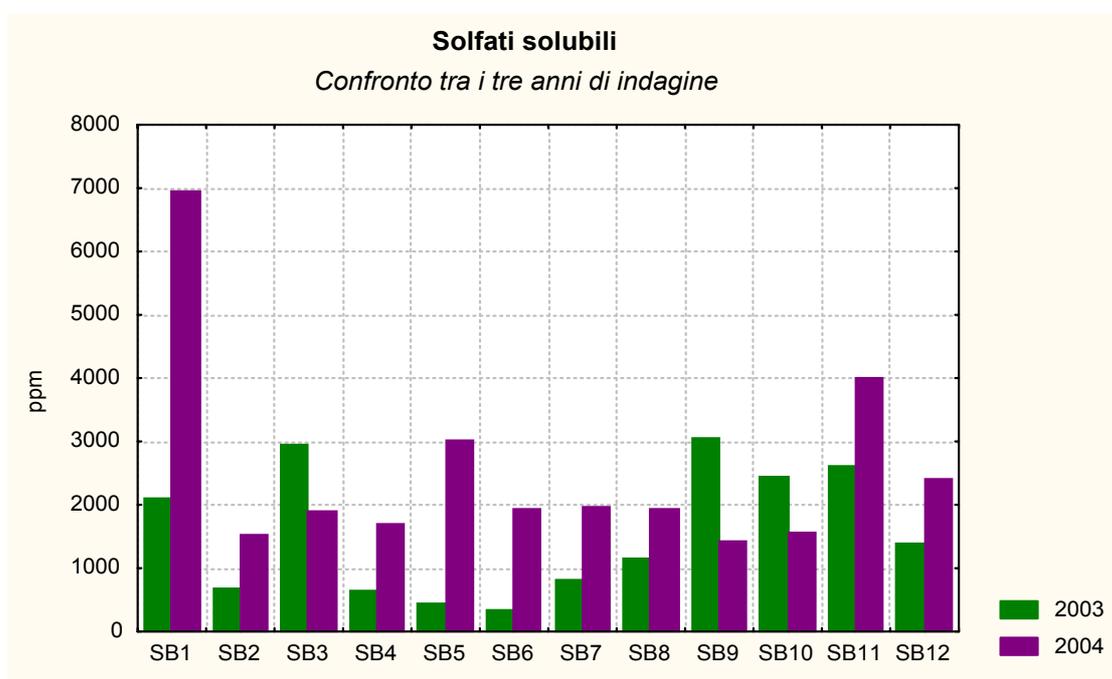


Fig. 49 - Grafico di confronto tra le concentrazioni di Solfati solubili, rilevate in ogni singola stazione, in due anni di biomonitoraggio con i licheni.

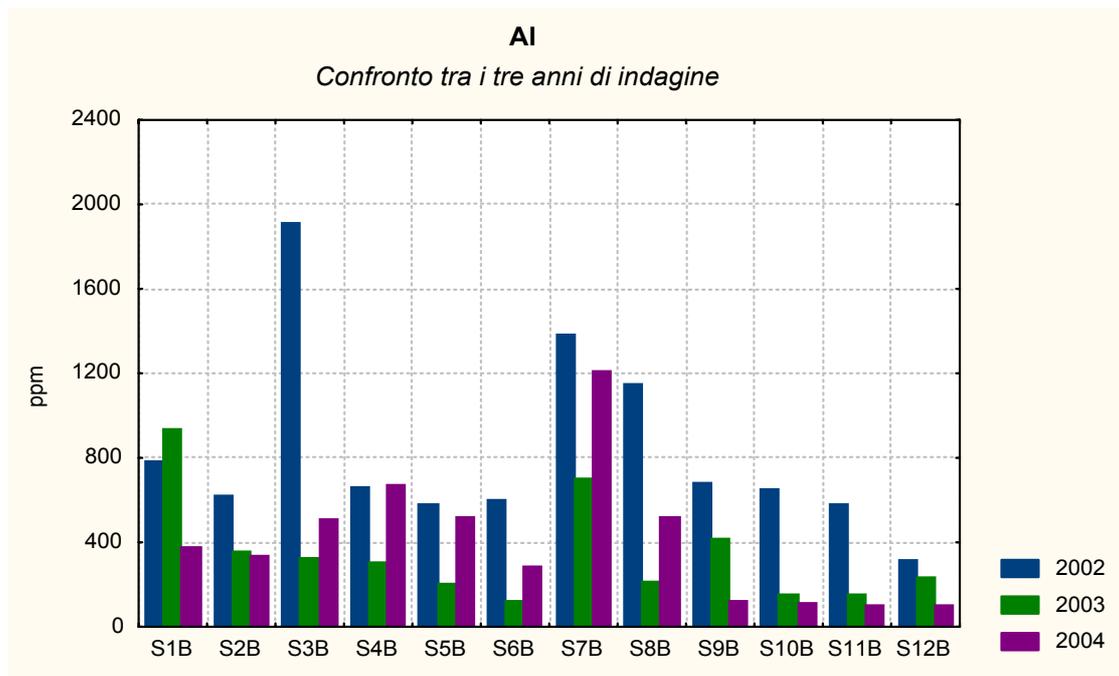


Fig. 50 - Grafico di confronto tra le concentrazioni di Alluminio, rilevate in ogni singola stazione, nei tre anni di biomonitoraggio con i licheni.

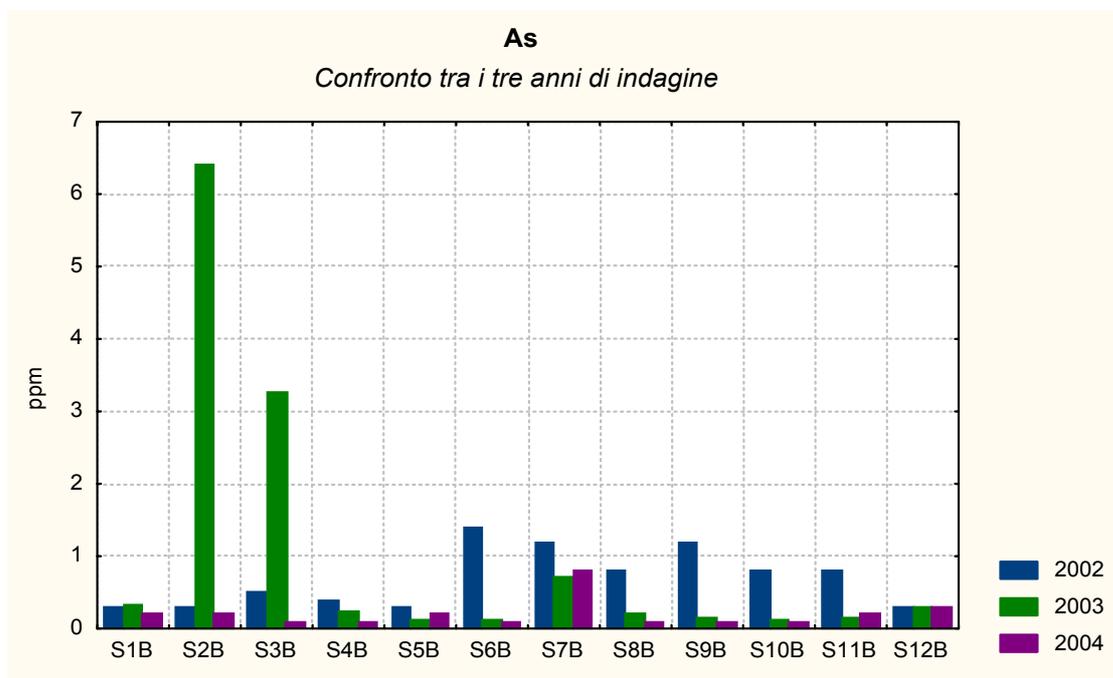


Fig. 51 - Grafico di confronto tra le concentrazioni di Arsenico, rilevate in ogni singola stazione, nei tre anni di biomonitoraggio con i licheni.

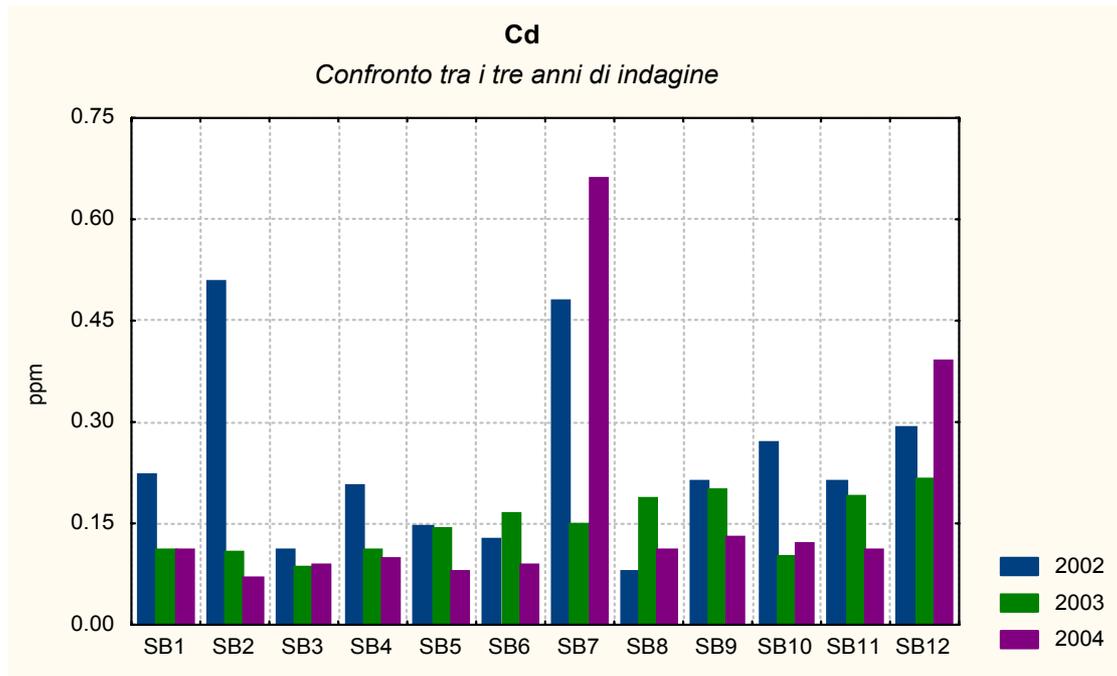


Fig. 52 - Grafico di confronto tra le concentrazioni di Cadmio, rilevate in ogni singola stazione, nei tre anni di biomonitoraggio con i licheni.

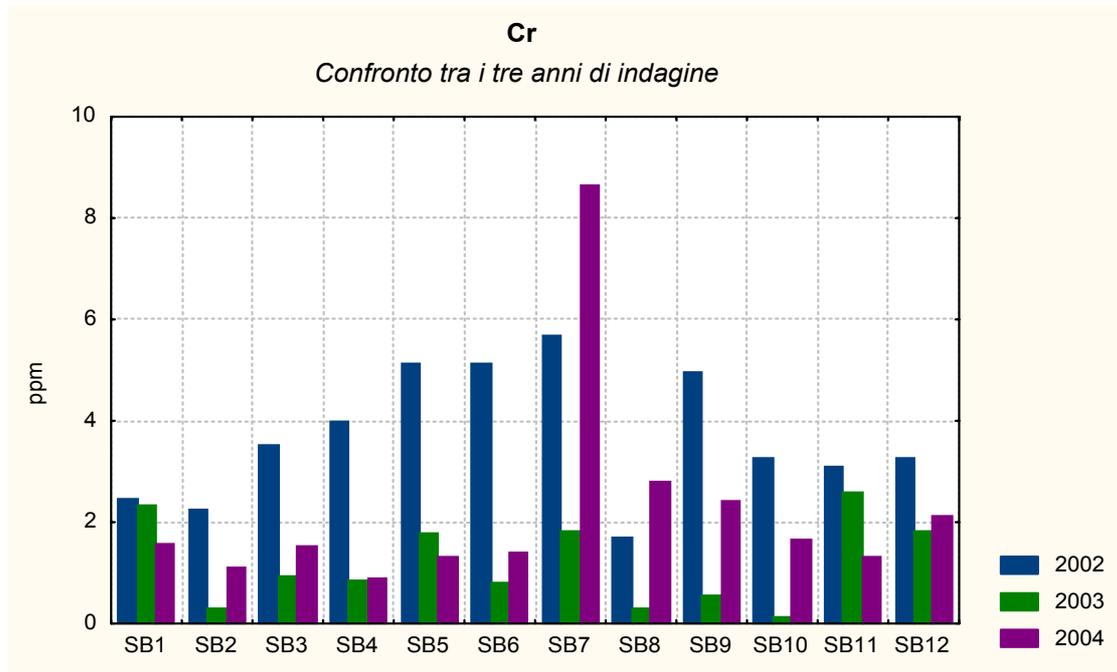


Fig. 53 - Grafico di confronto tra le concentrazioni di Cromo, rilevate in ogni singola stazione, nei tre anni di biomonitoraggio con i licheni.

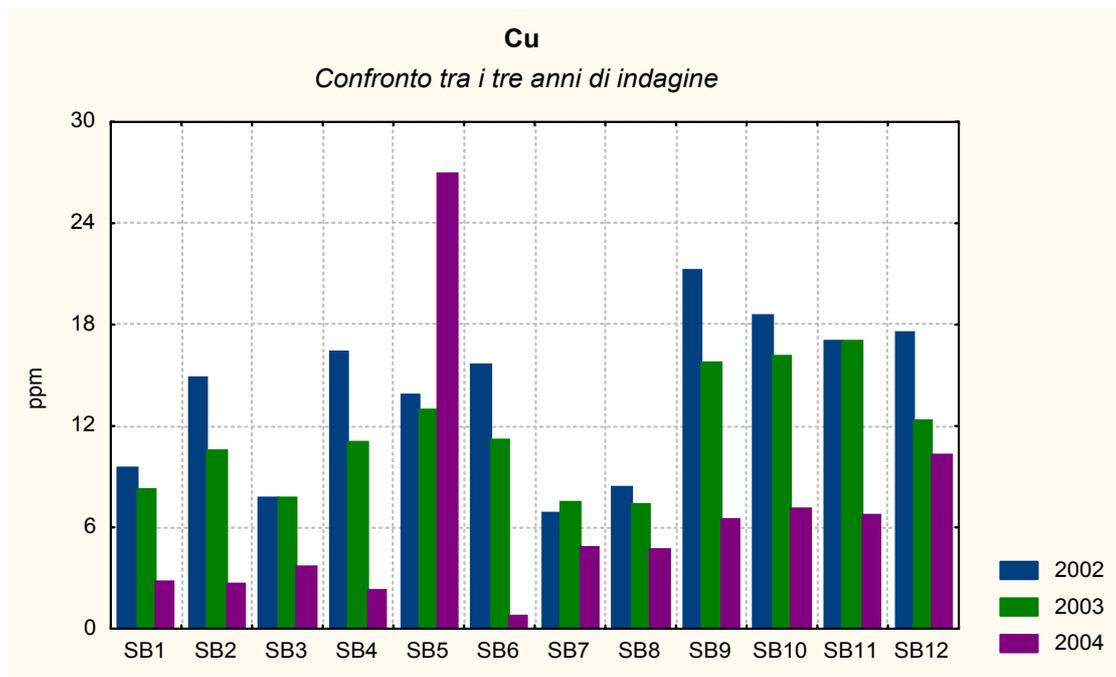


Fig. 54 - Grafico di confronto tra le concentrazioni di Rame, rilevate in ogni singola stazione, nei tre anni di biomonitoraggio con i licheni.

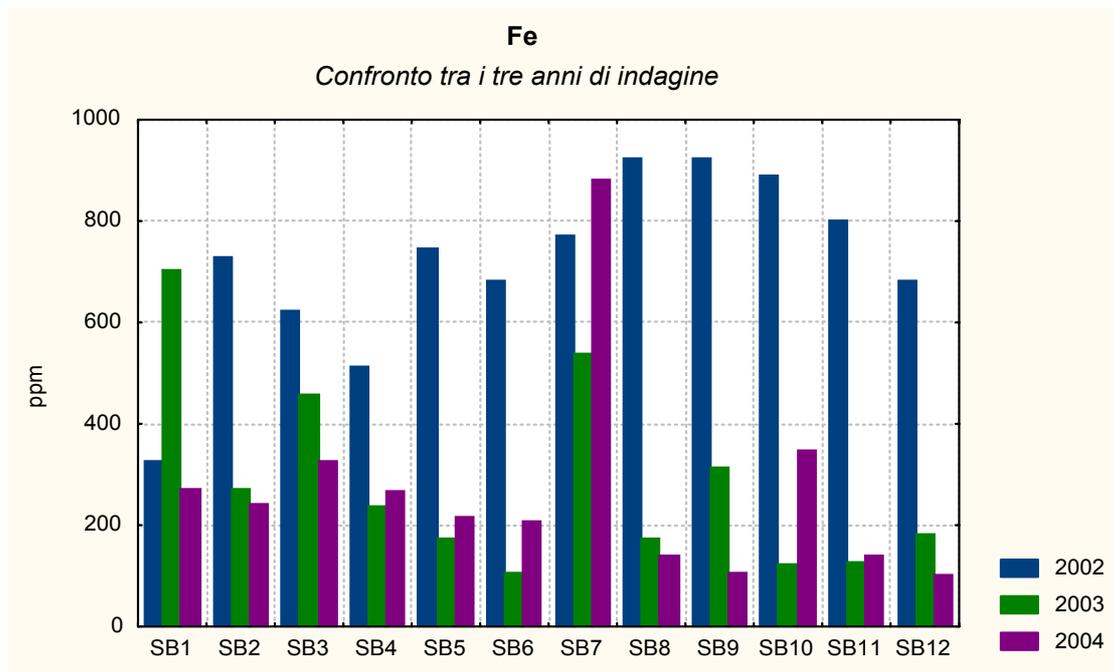


Fig. 55 - Grafico di confronto tra le concentrazioni di Ferro, rilevate in ogni singola stazione, nei tre anni di biomonitoraggio con i licheni.

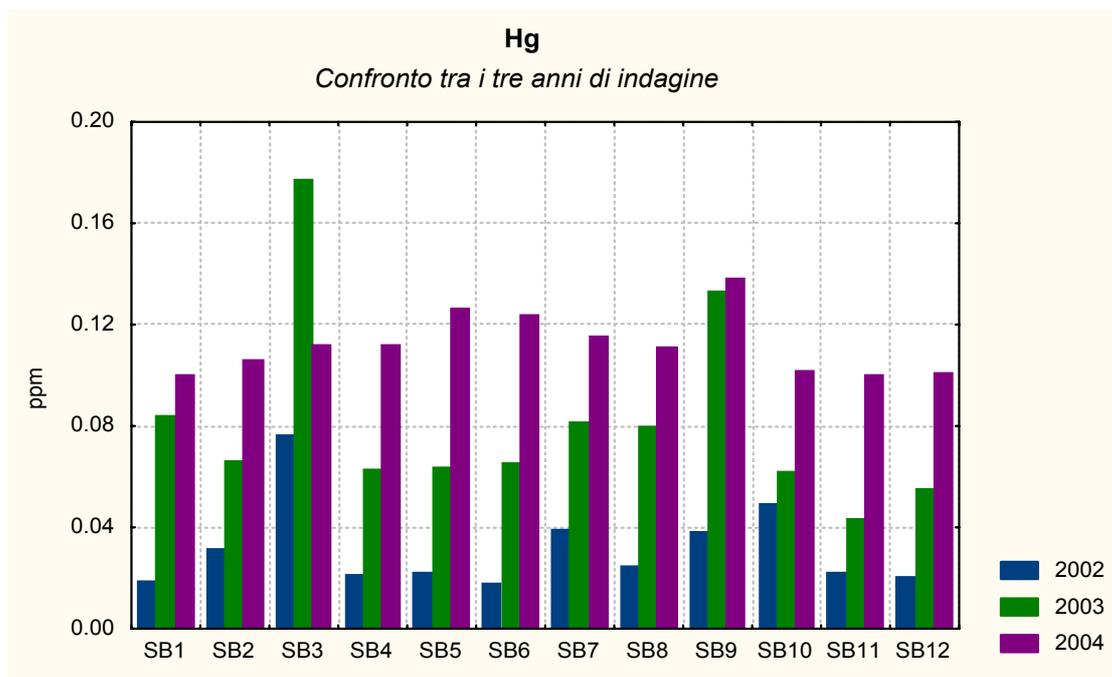


Fig. 56 - Grafico di confronto tra le concentrazioni di Mercurio, rilevate in ogni singola stazione, nei tre anni di biomonitoraggio con i licheni.

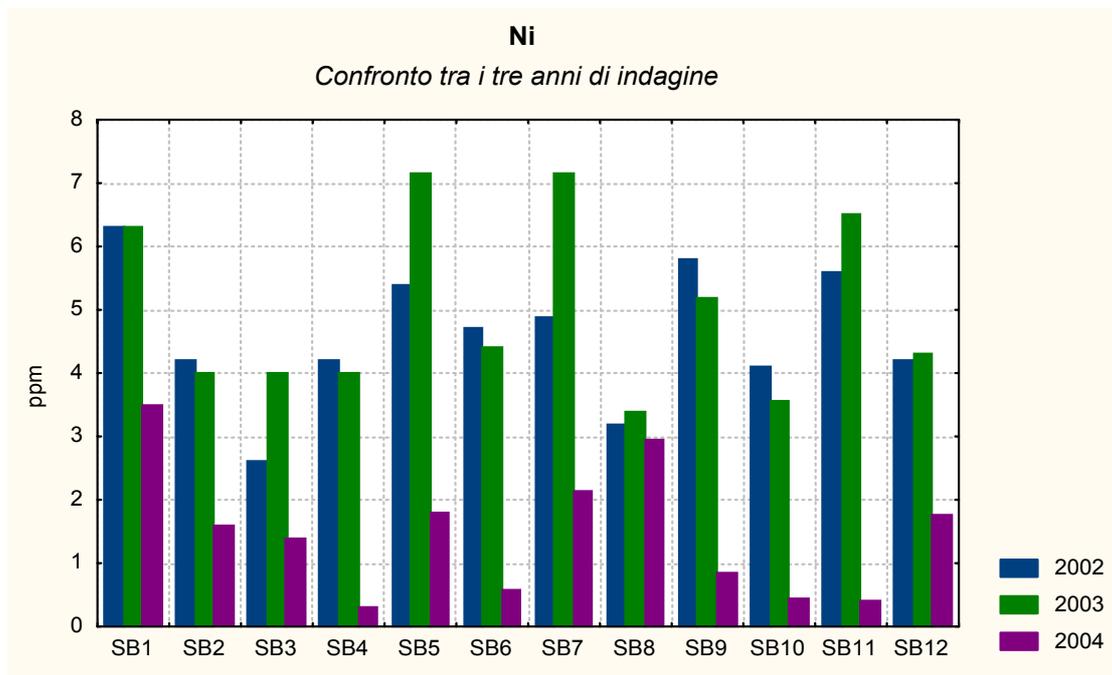


Fig. 57 - Grafico di confronto tra le concentrazioni di Nichel, rilevate in ogni singola stazione, nei tre anni di biomonitoraggio con i licheni.

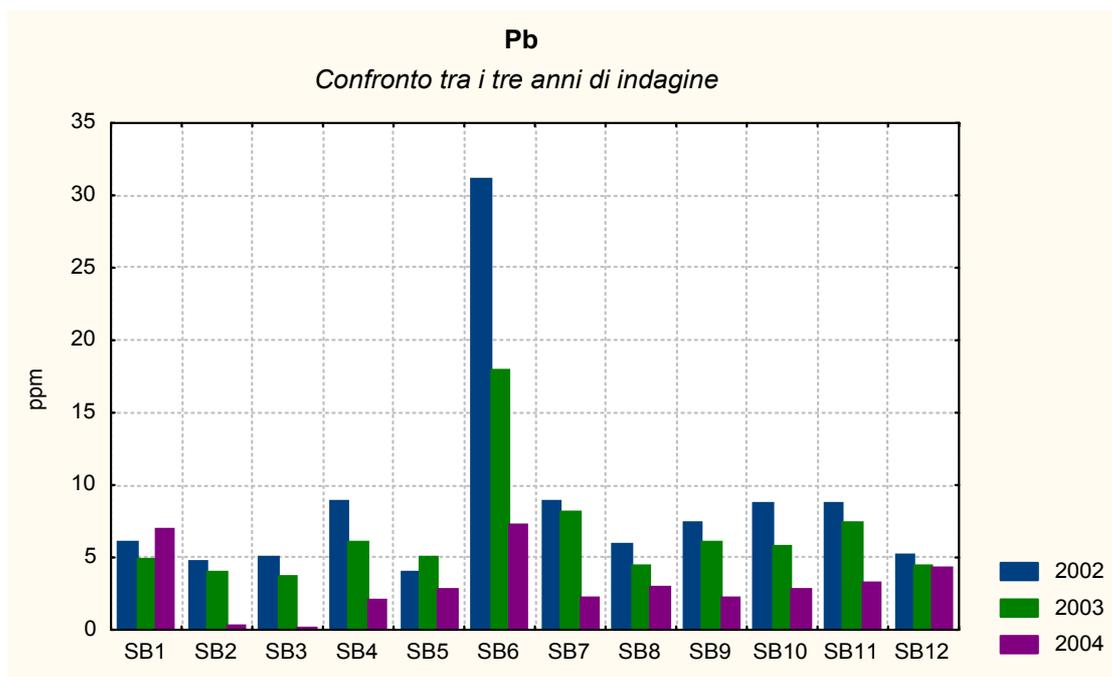


Fig. 58 - Grafico di confronto tra le concentrazioni di Piombo, rilevate in ogni singola stazione, nei tre anni di biomonitoraggio con i licheni.

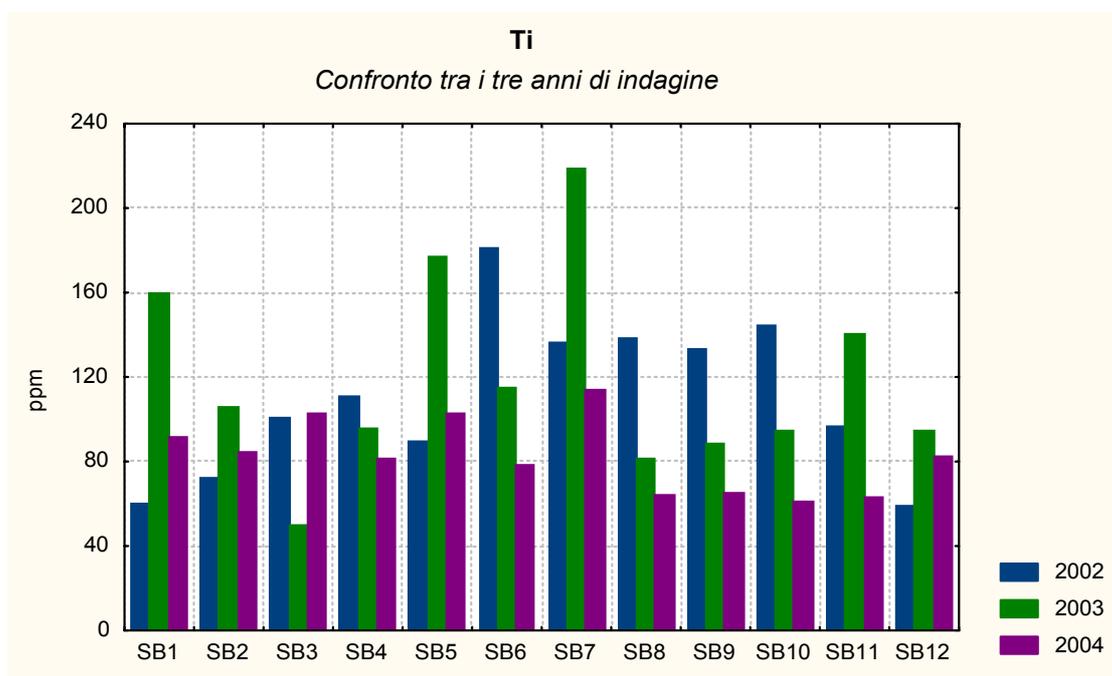


Fig. 59 - Grafico di confronto tra le concentrazioni di Titanio, rilevate in ogni singola stazione, nei tre anni di biomonitoraggio con i licheni.

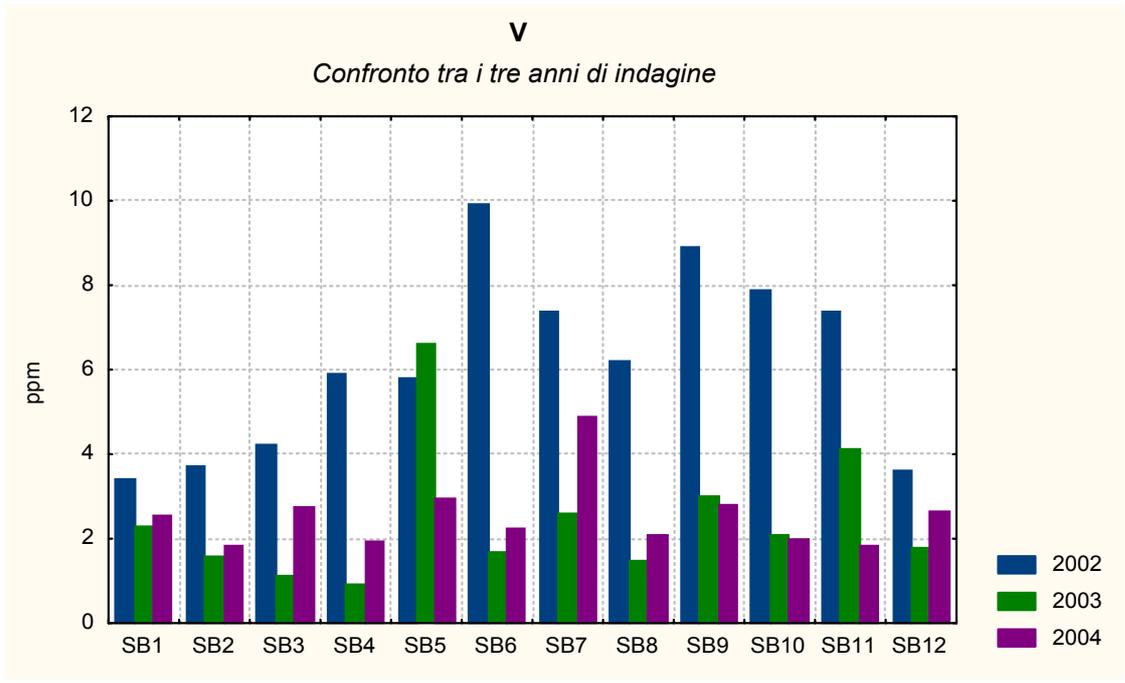


Fig. 60 - Grafico di confronto tra le concentrazioni di Vanadio, rilevate in ogni singola stazione, nei tre anni di biomonitoraggio con i licheni.

### 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.

<b>Stazione</b>	<b>Località</b>
S1C	Colognola
S2C	Colognola
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 hanno accumulato una concentrazione media di 1322,889 ppm, mentre il valore massimo di 2919 ppm è stato registrato in corrispondenza della stazione S8C posta ad Ovest dell'impianto.

Confrontando i dati degli anni precedenti, i cloruri hanno mostrato una certa incostanza nel modello migratorio ma soprattutto, dopo un miglioramento registrato nel secondo anno, è stato registrato attualmente un notevole aumento delle concentrazioni di questo inquinante (+ 221%).

Staz.	ppm
S1C	1387
S2C	818
S3C	537
S4C	1009
S5C	1149
S6C	1489
S7C	1177
S8C	2919
S9C	1421

Val. medio 1322,889
Val. min. 537
Val. max 2919
Dev. Standard 671,889

Tab. 15 – Concentrazione dei Cloruri solubili nelle singole stazioni e relative statistiche.

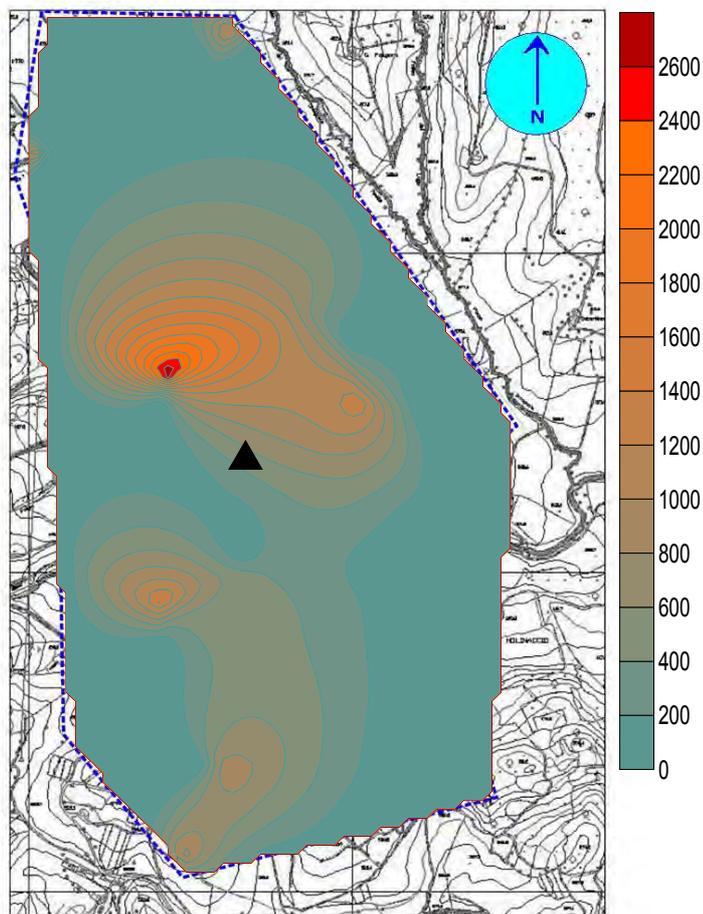


Fig. 61 – Carta della deposizione dei Cloruri solubili con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

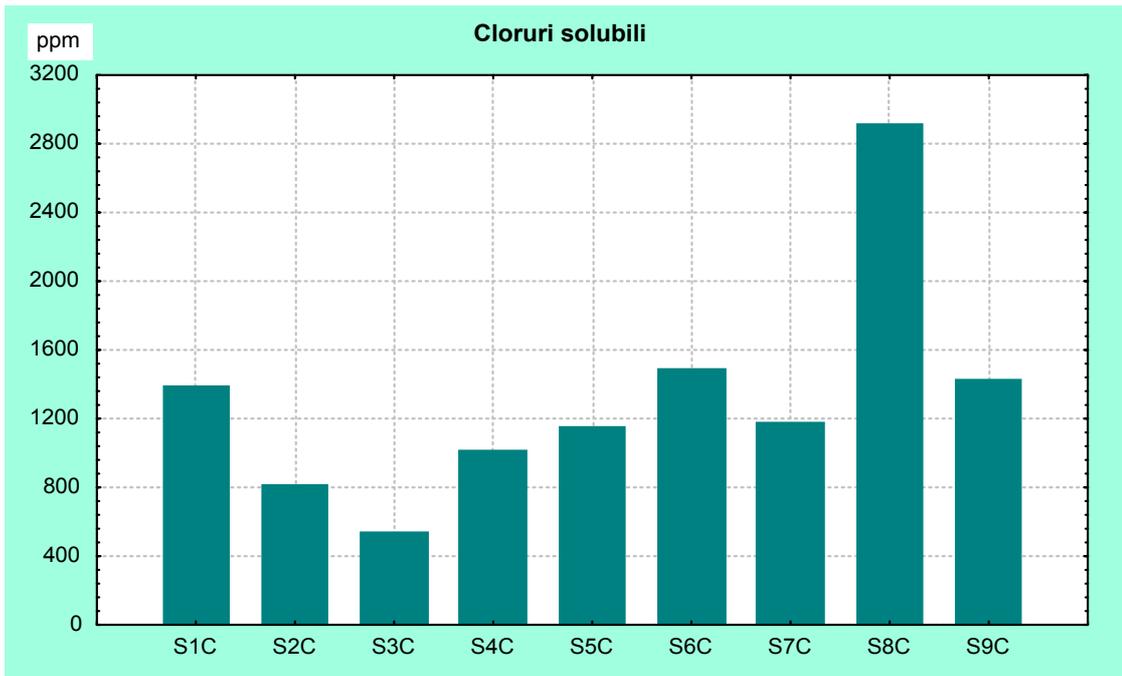


Fig. 62 – Grafico delle concentrazioni di Cloruri solubili in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

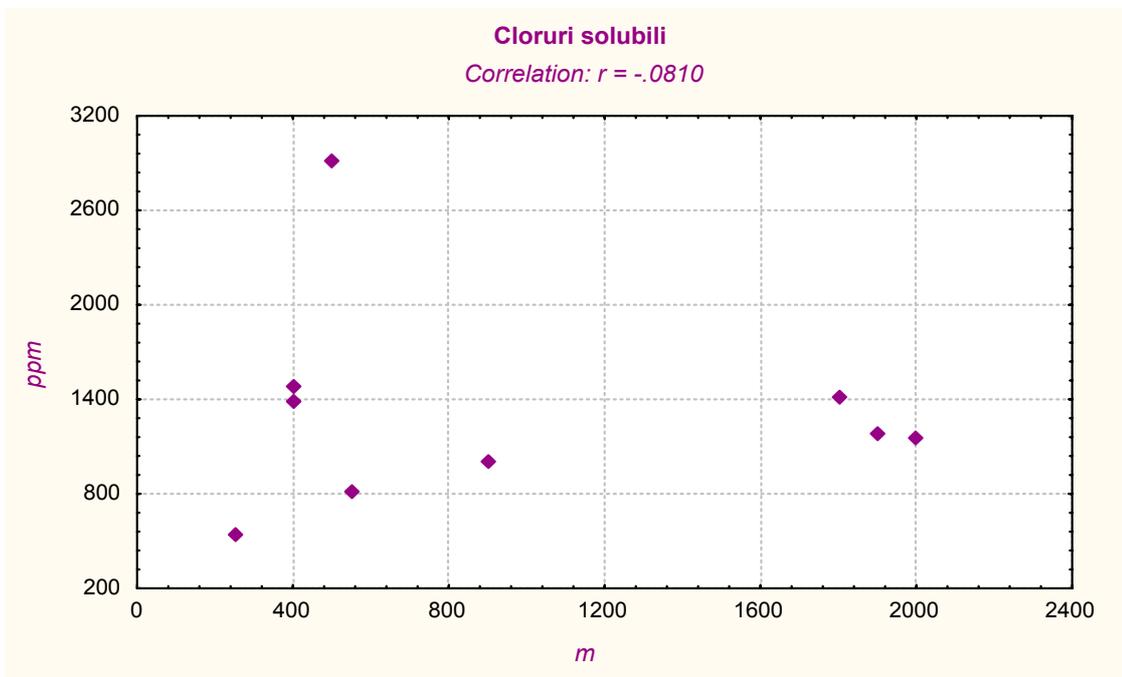


Fig. 63 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza tra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

## Fluoruri solubili

I Fluoruri solubili hanno avuto una concentrazione media di 266,694 ppm, nettamente superiore a quella del precedente anno che era stata di 35,755 ppm, mentre la concentrazione massima rilevata è stata di 516 ppm, in corrispondenza della stazione S8C posta ad Ovest dell'impianto.

Oltre al notevole aumento nelle concentrazioni, come nel caso dei Cloruri solubili, è stata notata una certa difformità nel modello deposizionale nell'arco dei tre anni.

Staz.	ppm
S1C	453
S2C	4,55
S3C	340
S4C	160
S5C	253
S6C	277
S7C	38,7
S8C	516
S9C	358

Val. medio 266,694
Val. min. 4,55
Val. max 516
Dev. Standard 174,267

Tab. 16 – Concentrazione dei Fluoruri solubili nelle singole stazioni e relative statistiche.

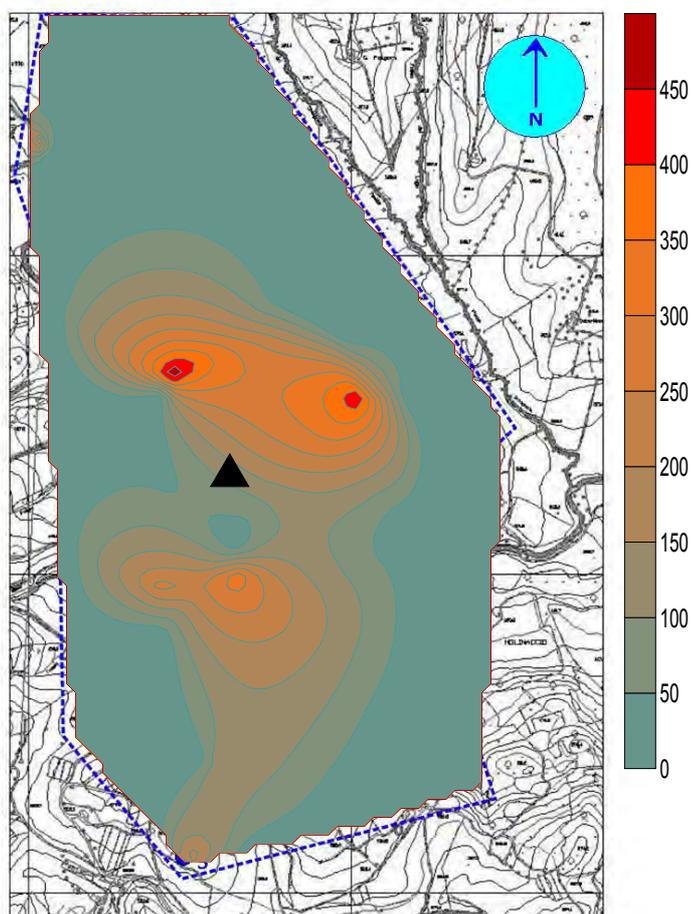


Fig. 64 – Carta della deposizione dei Fluoruri solubili con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

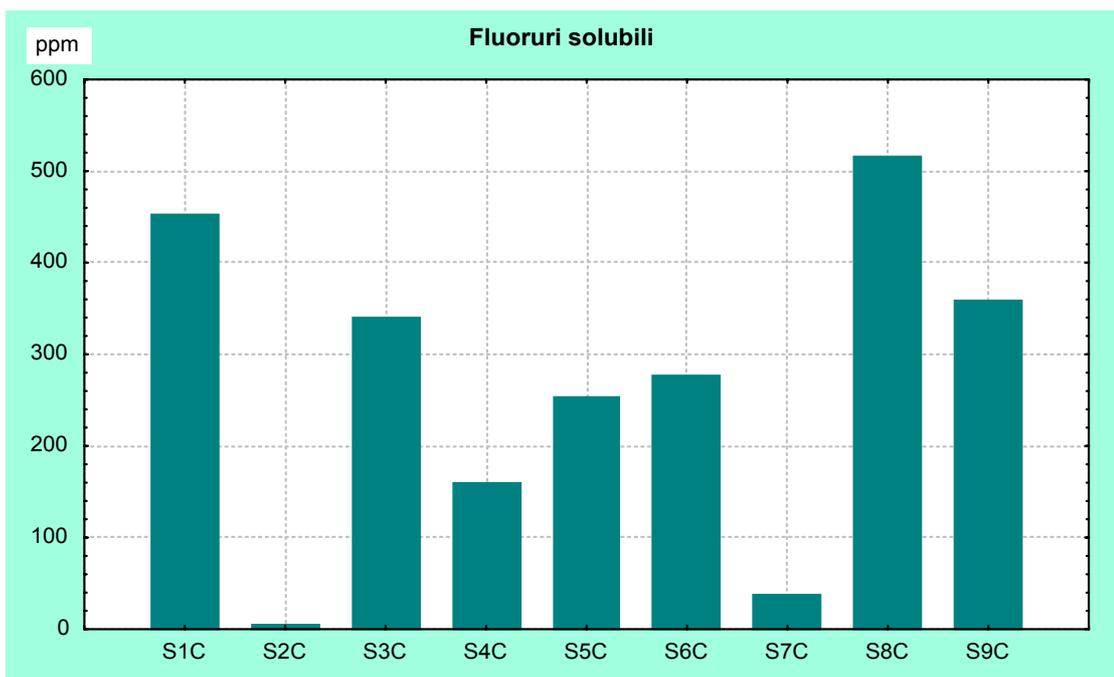


Fig. 65 – Grafico delle concentrazioni di Fluoruri solubili in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

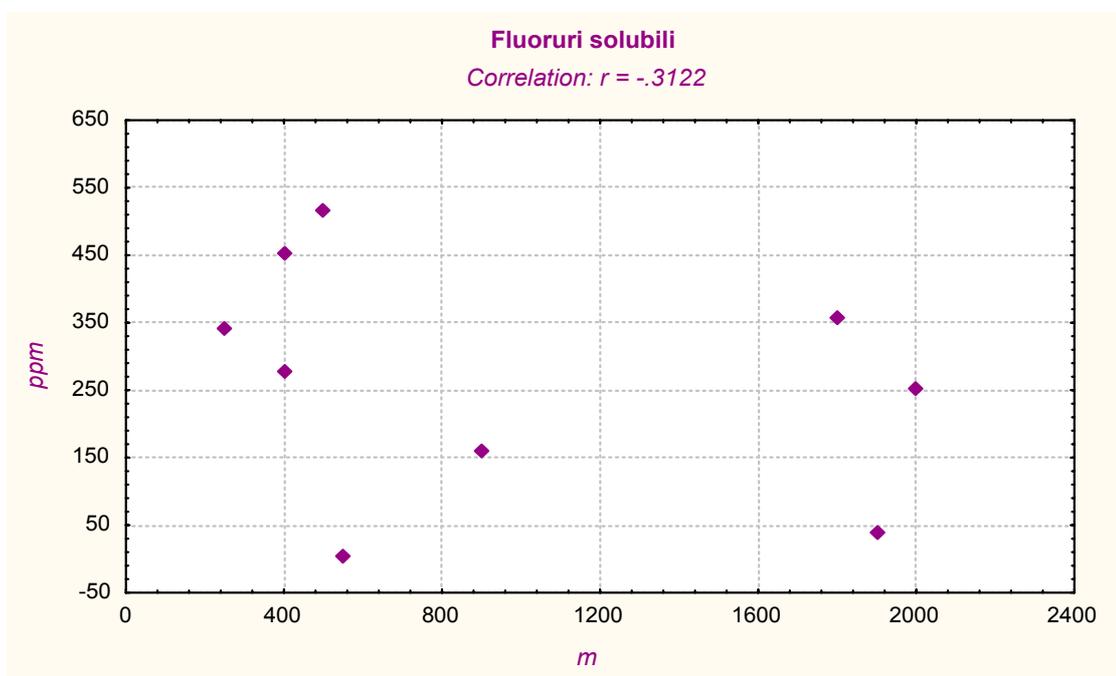


Fig. 66 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza tra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

## Solfati solubili

Per quanto riguarda i Solfati solubili, i dati sono relativi solo agli ultimi due anni di biomonitoraggio. Rispetto all'anno precedente, è stato riscontrato un notevole aumento sia per il valore medio, che è passato dai 1505,889 ppm ai 2460,444 ppm attuali, sia per il valore massimo che da 2341 ppm ha raggiunto i 3730 ppm nella stazione S8C.

Staz.	ppm
S1C	2793
S2C	1191
S3C	1626
S4C	2437
S5C	2534
S6C	1755
S7C	3226
S8C	3730
S9C	2852

Val. medio 2460,444
Val. min. 1191
Val. max 3730
Dev. Standard 811,877

Tab. 17 – Concentrazione dei Solfati solubili nelle singole stazioni e relative statistiche.

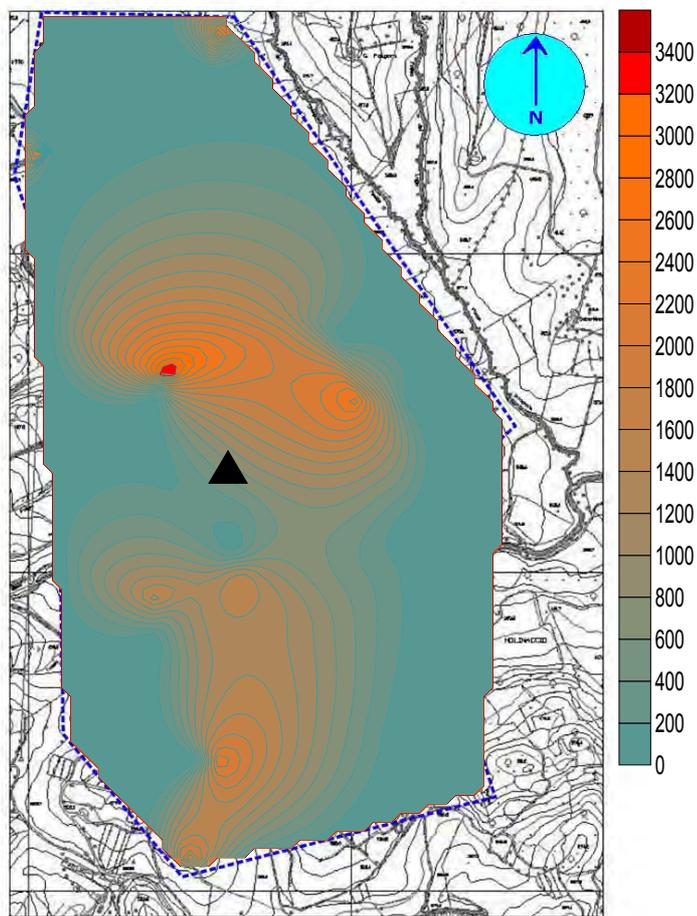


Fig. 67 – Carta della deposizione dei Solfati solubili con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

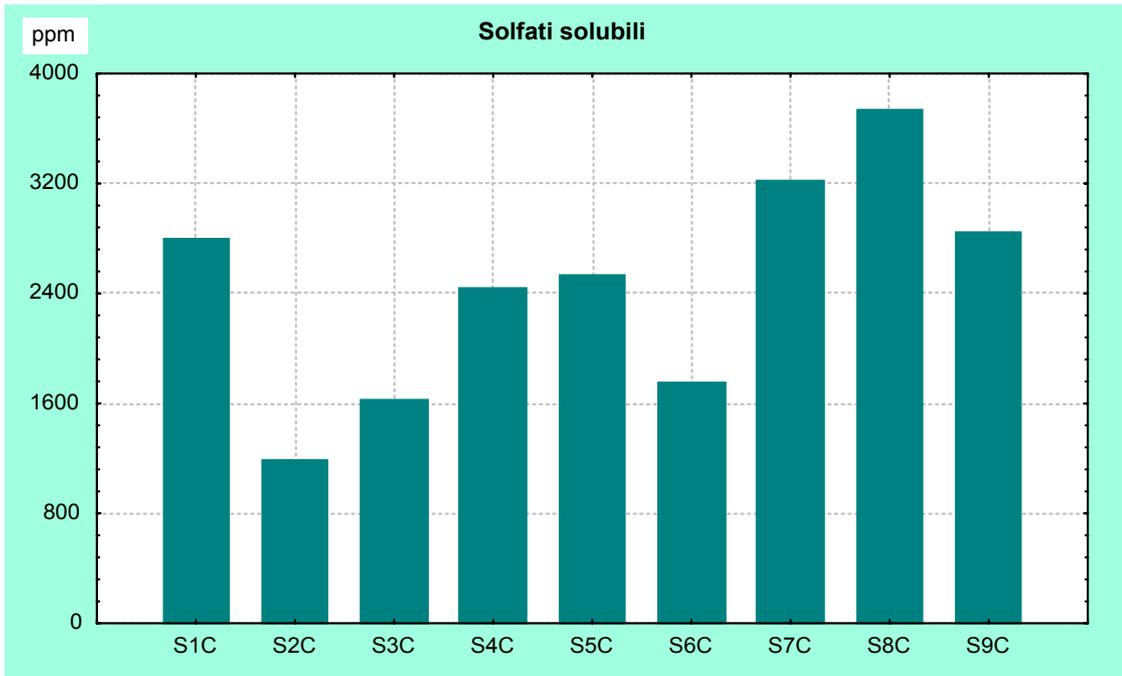


Fig. 68 – Grafico delle concentrazioni di Solfati solubili in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

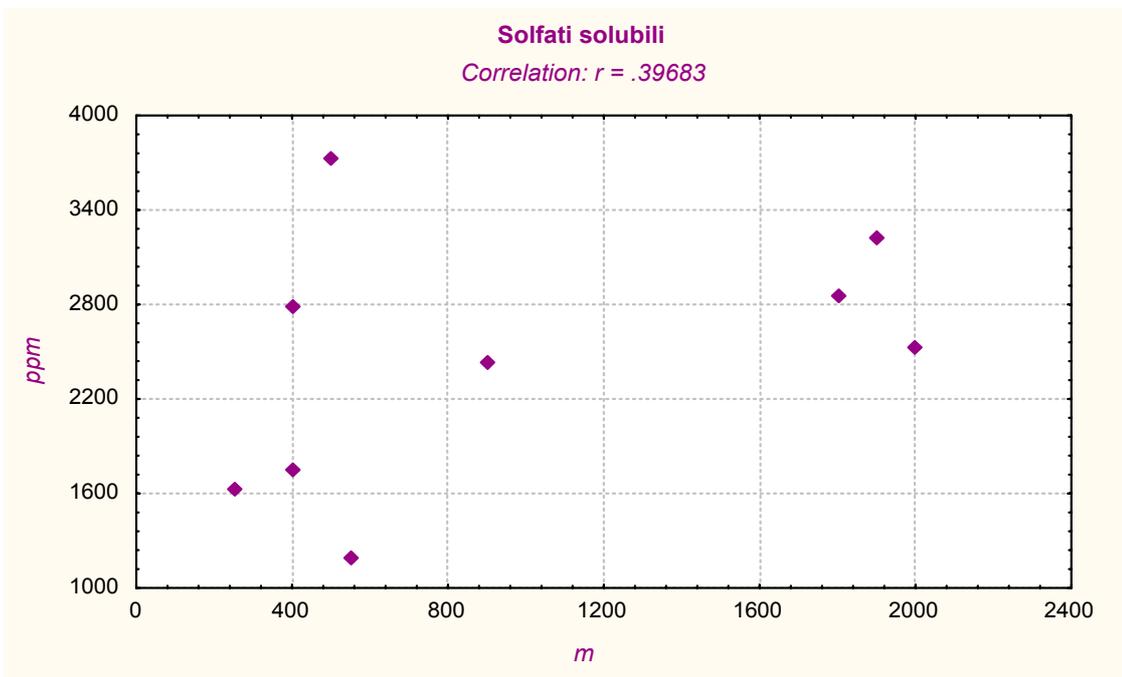


Fig. 69 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza tra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

## Al – Alluminio

Il valore di accumulo dell'Alluminio nei talli lichenici ha mostrato un valore medio di 1049,778 ppm, in sensibile diminuzione rispetto al precedente anno, mentre il picco massimo di 1818 ppm, è stato riscontrato nella stazione S6C posta a SW dell'impianto.

La presenza di questo elemento, abbondante in natura, è legata alle caratteristiche geopedologiche dei suoli e la sua dispersione in atmosfera è solitamente favorita dalle attività antropiche, come il movimento di terra. In letteratura, l'Alluminio è ritenuto un contaminante a bassa tossicità.

Staz.	ppm
S1C	470
S2C	452
S3C	860
S4C	516
S5C	1528
S6C	1818
S7C	1388
S8C	1324
S9C	1092

Val. medio 1049,778
Val. min. 452
Val. max 1818
Dev. Standard 503,072

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

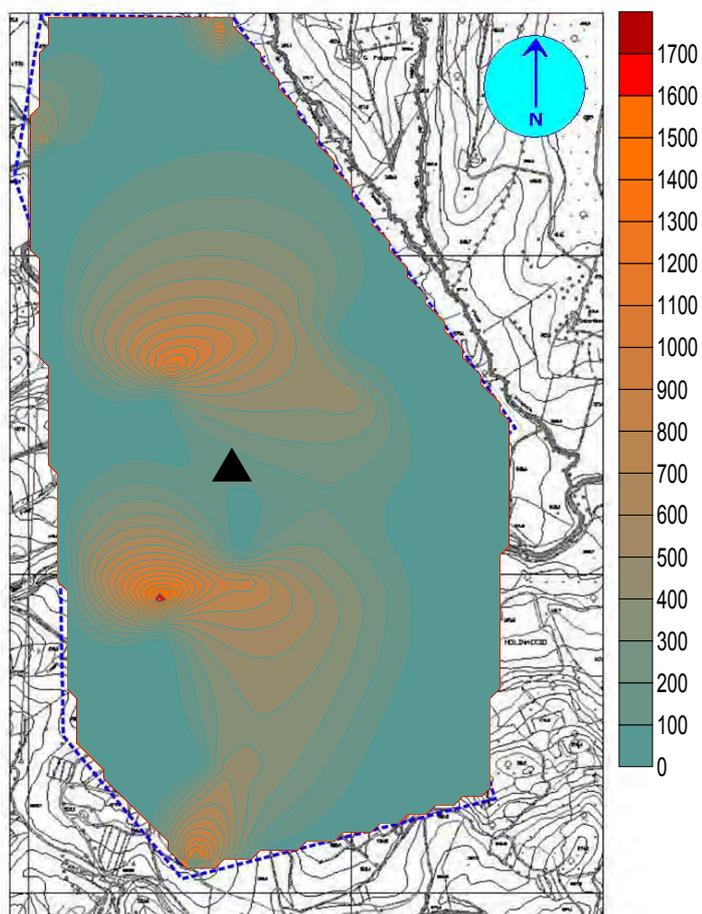


Fig. 70 – Carta della deposizione di Alluminio con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

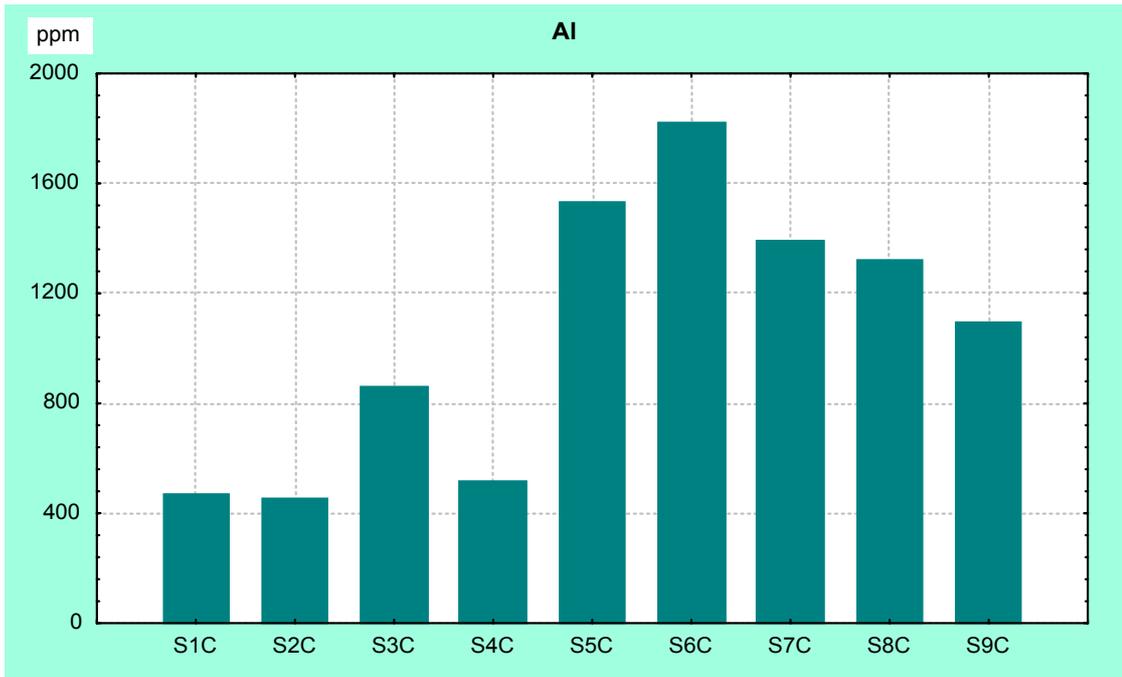


Fig. 71 – Grafico delle concentrazioni di Alluminio in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

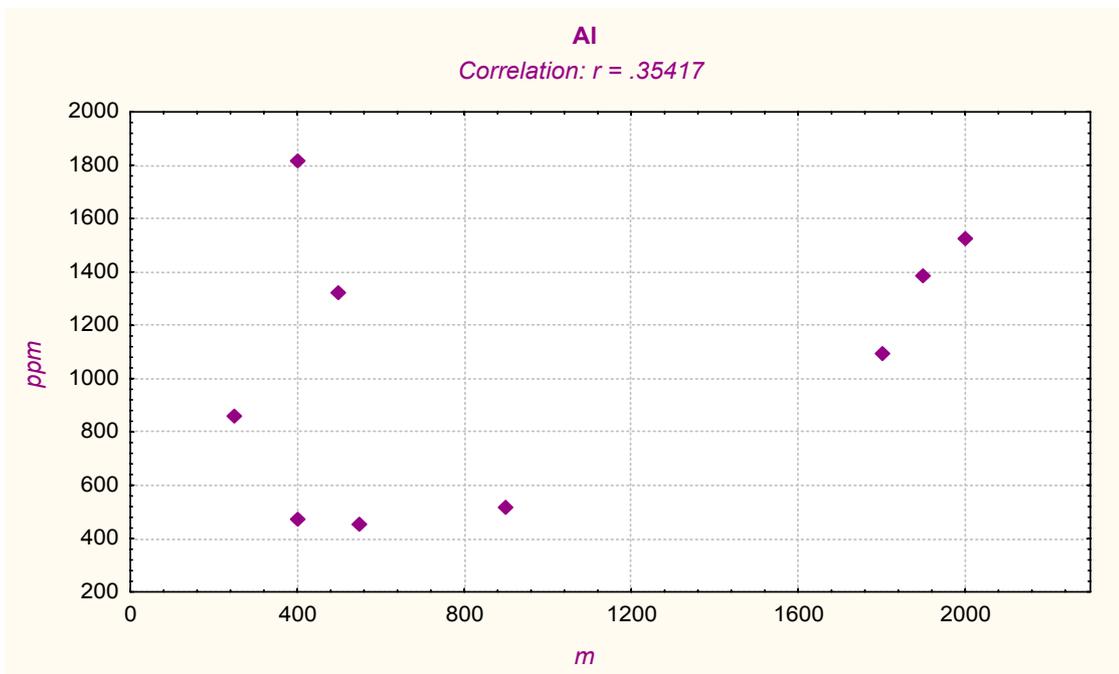


Fig. 72 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza tra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

## As – Arsenico

L'Arsenico ha mostrato valori medi (0,383 ppm) piuttosto costanti rispetto al precedente anno. La massima concentrazione di questo inquinante è stata rilevata in corrispondenza della stazione S6C, posta a SW dell'impianto ed è stata pari a 0,66 ppm.

Staz.	ppm
S1C	0,23
S2C	0,39
S3C	0,15
S4C	0,10
S5C	0,57
S6C	0,66
S7C	0,46
S8C	0,52
S9C	0,37

Val. medio 0,383
Val. min. 0,10
Val. max 0,66
Dev. Standard 0,192

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

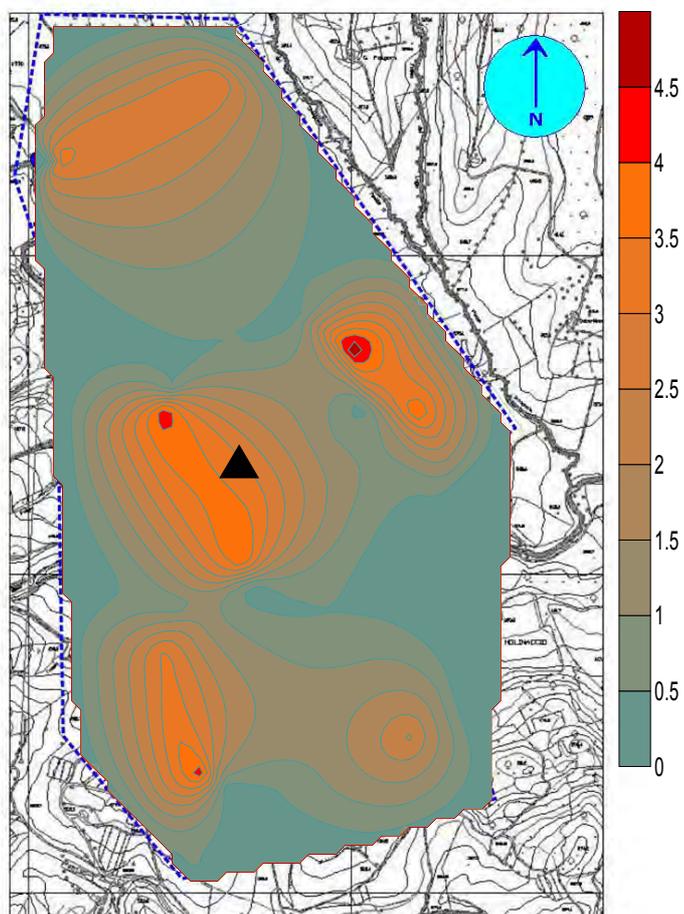


Fig. 73 – Carta della deposizione di Arsenico con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

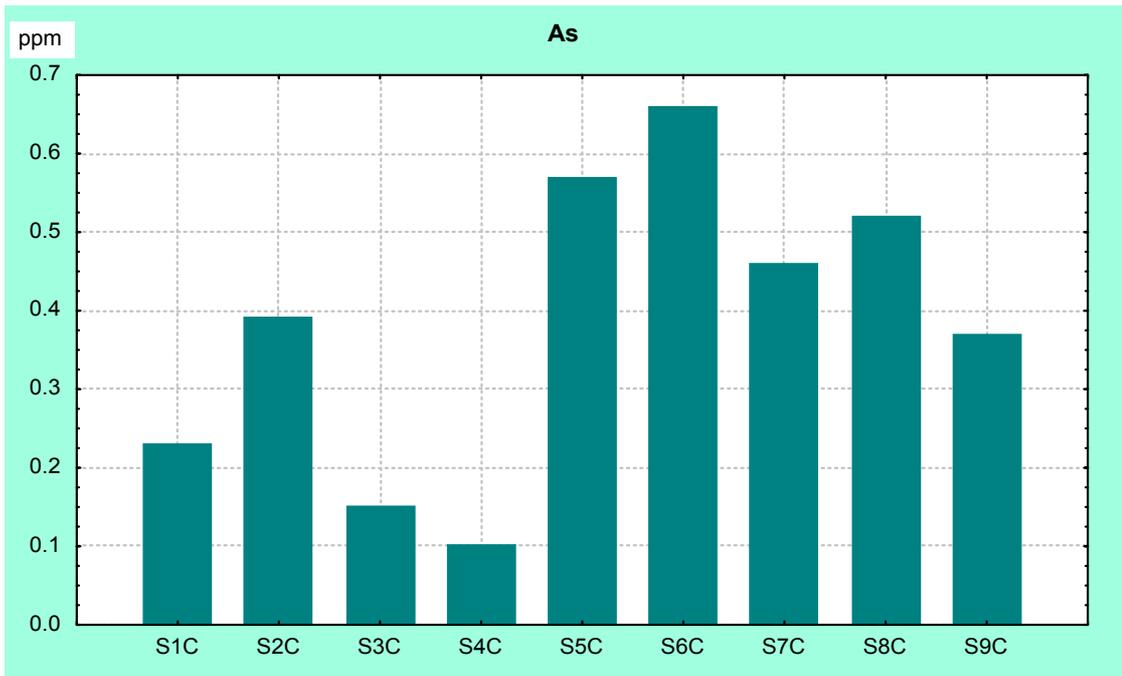


Fig. 74 – Grafico delle concentrazioni di Arsenico in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

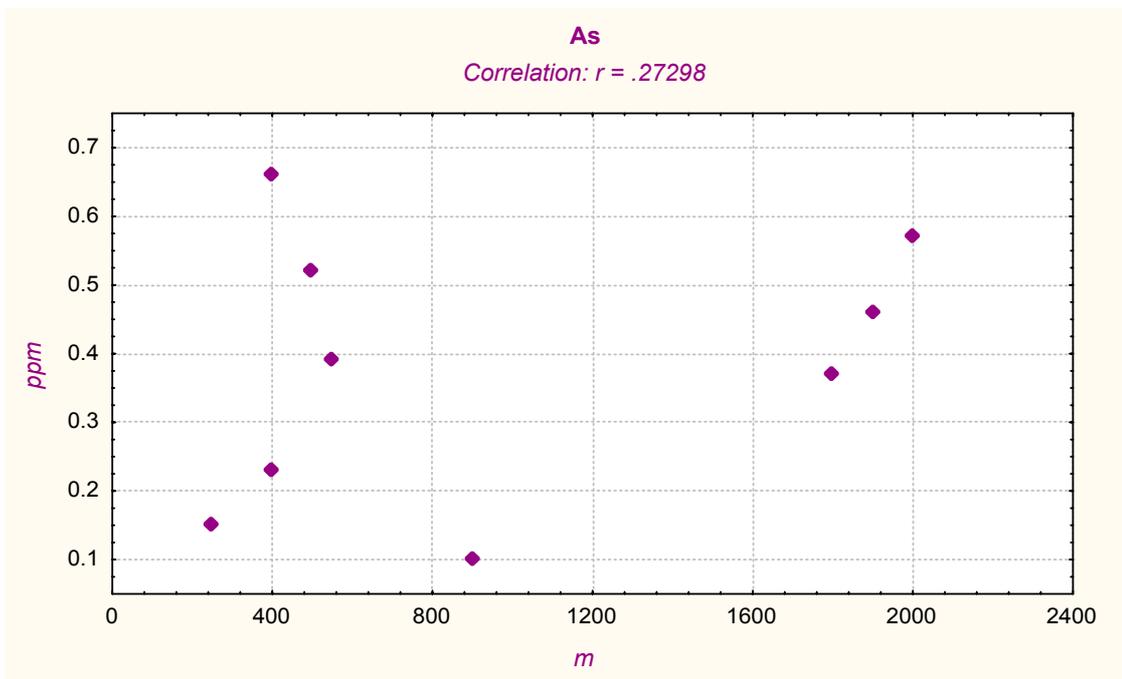


Fig. 75 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza tra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

## Cd - Cadmio

L'accumulo di Cadmio nei talli lichenici ha presentato una concentrazione media di 2,204 ppm, valore lievemente inferiore rispetto al precedente anno, mentre il valore massimo di 0,51 ppm riscontrato nella stazione S4C, è risultato molto simile (0,50 ppm). Il modello migratorio di questo inquinante, dopo un andamento incerto tra primo e secondo anno, ha confermato una tendenza di dispersione orientata verso S.

Staz.	ppm
S1C	0,19
S2C	0,11
S3C	0,03
S4C	0,51
S5C	0,11
S6C	0,25
S7C	0,15
S8C	0,19
S9C	0,30

Val. medio 0,204
Val. min. 0,30
Val. max 0,51
Dev. Standard 0,139

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

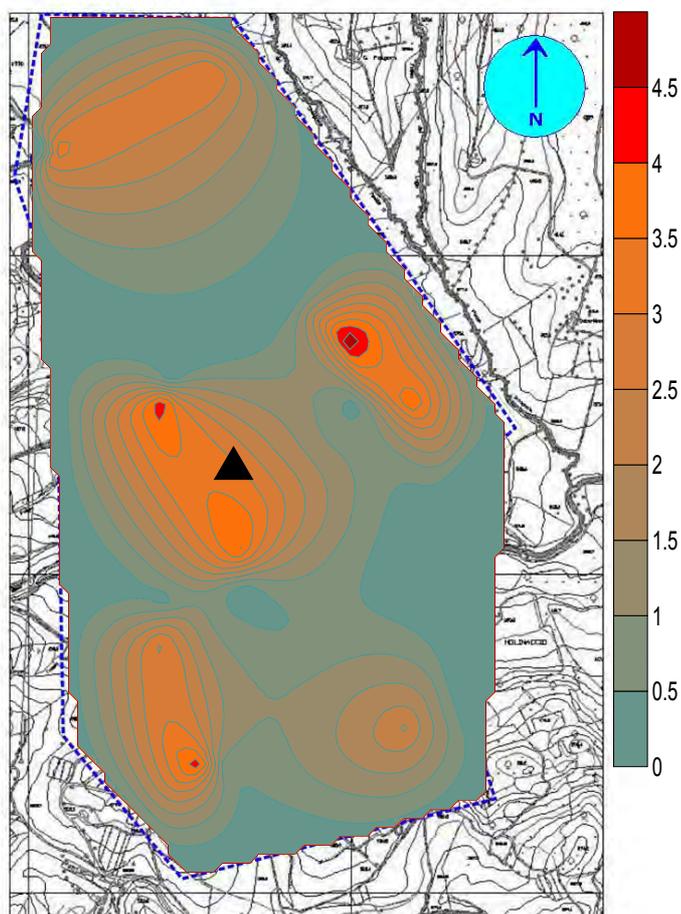


Fig. 76 – Carta della deposizione di Cadmio con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

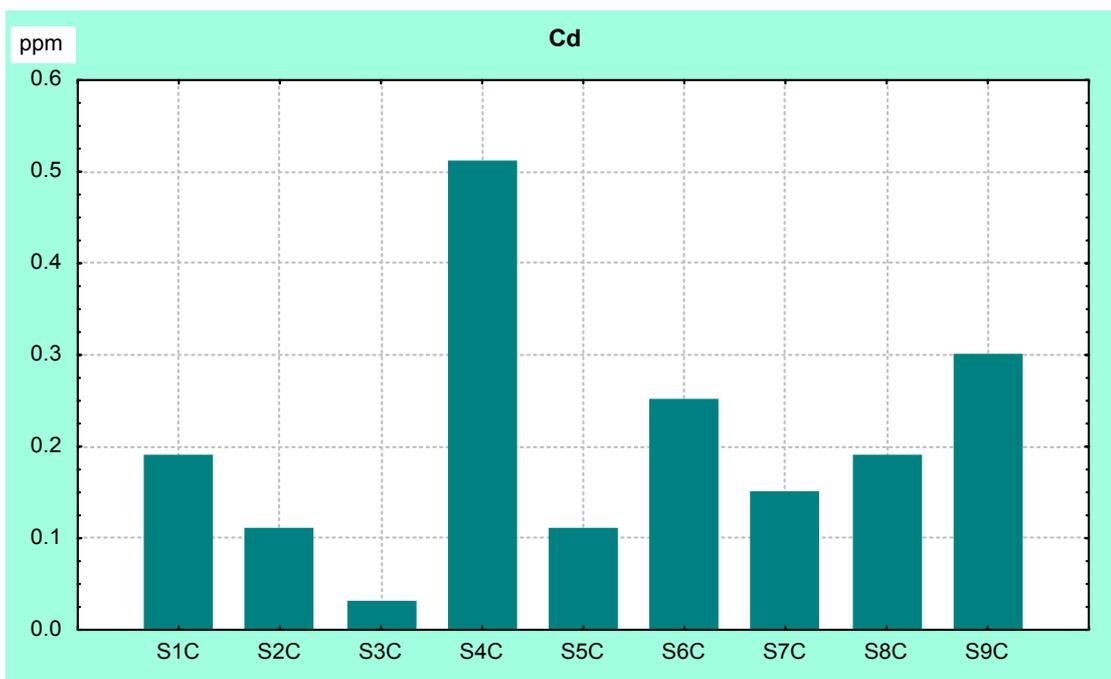


Fig. 77 – Grafico delle concentrazioni di Cadmio in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

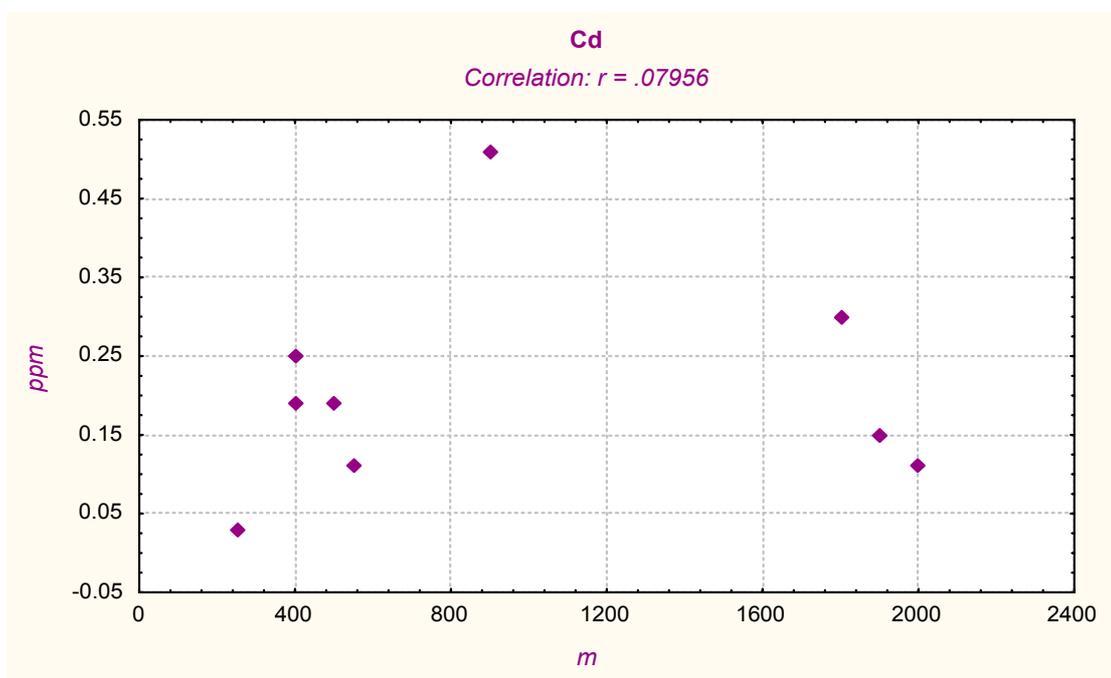


Fig. 78 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza tra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

## Cr - Cromo

La concentrazione media di questo elemento nei talli lichenici è stata di 1,572 ppm, ed è risultata molto simile a quella del precedente anno (1,519 ppm), mentre si è notevolmente ridotto il valore massimo che è sceso da 6,4 ppm agli attuali 2,66 ppm rilevati nella stazione S1C; di conseguenza quasi tutti i valori delle concentrazioni nelle singole stazioni sono aumentati.

Staz.	ppm
S1C	2,66
S2C	1,89
S3C	2,38
S4C	2,52
S5C	1,88
S6C	0,54
S7C	0,83
S8C	0,48
S9C	0,97

Val. medio 1,572
Val. min. 0,48
Val. max 2,66
Dev. Standard 0,873

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

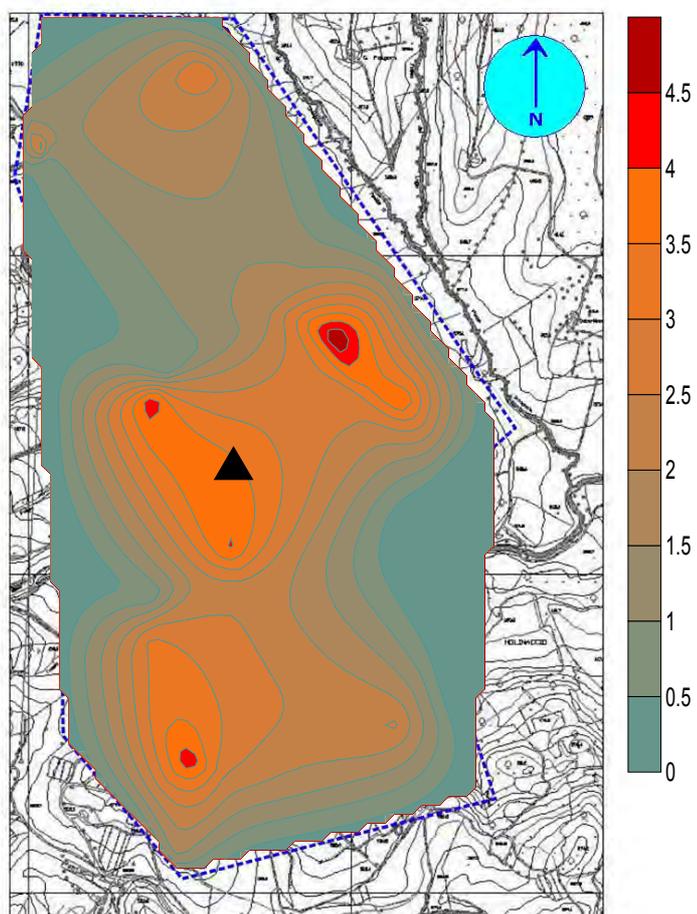


Fig. 79 – Carta della deposizione di Cromo con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

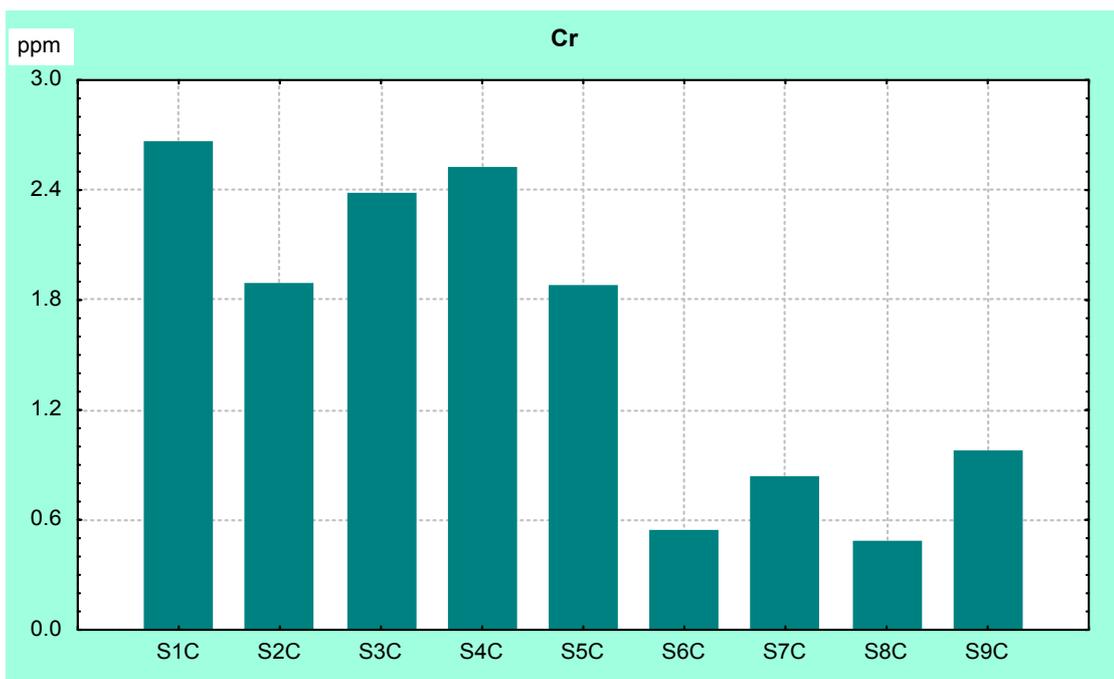


Fig. 80 – Grafico delle concentrazioni di Cromo in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

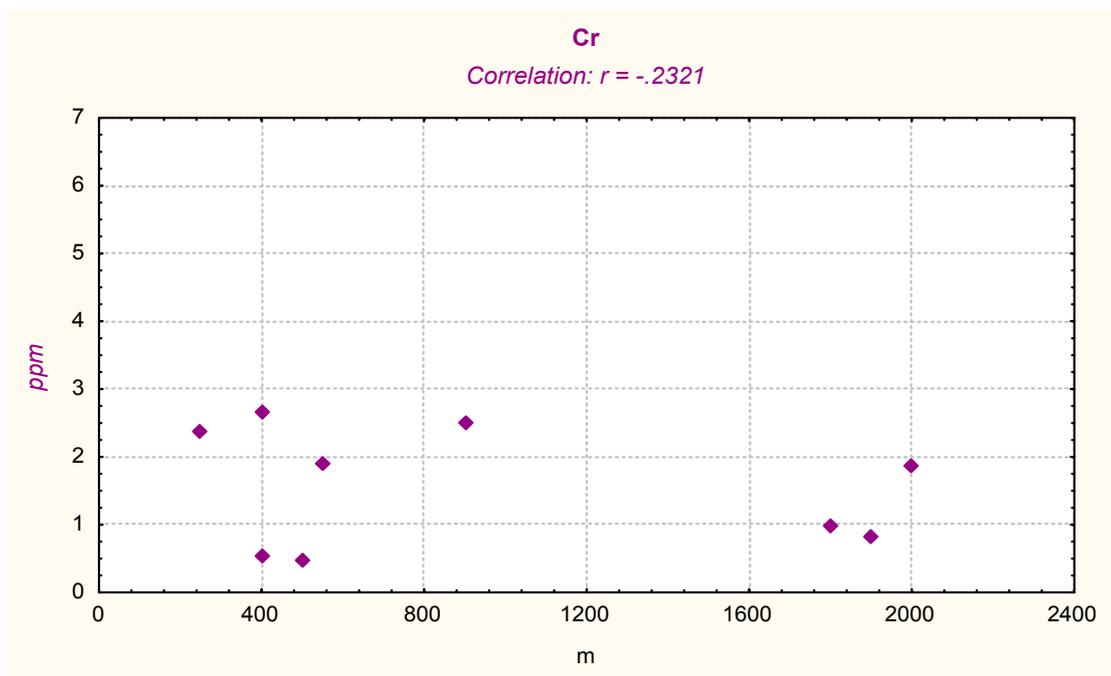


Fig. 81 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza tra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

## Cu – Rame

La contaminazione di Rame nei talli lichenici , ha mostrato una concentrazione media pari a 2,973 ppm, valore che risulta essere in progressiva regressione considerando i tre anni di biomonitoraggio.

Il valore massimo registrato di 5,96 ppm, nella stazione S8C, è abbondantemente regredito e nel complesso questo metallo non presenta problematiche in quest'area.

Staz.	ppm
S1C	2,22
S2C	2,34
S3C	3,08
S4C	4,18
S5C	1,79
S6C	0,98
S7C	2,54
S8C	5,96
S9C	3,67

Val. medio 2,973
Val. min. 0,98
Val. max 5,96
Dev. Standard 1,475

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

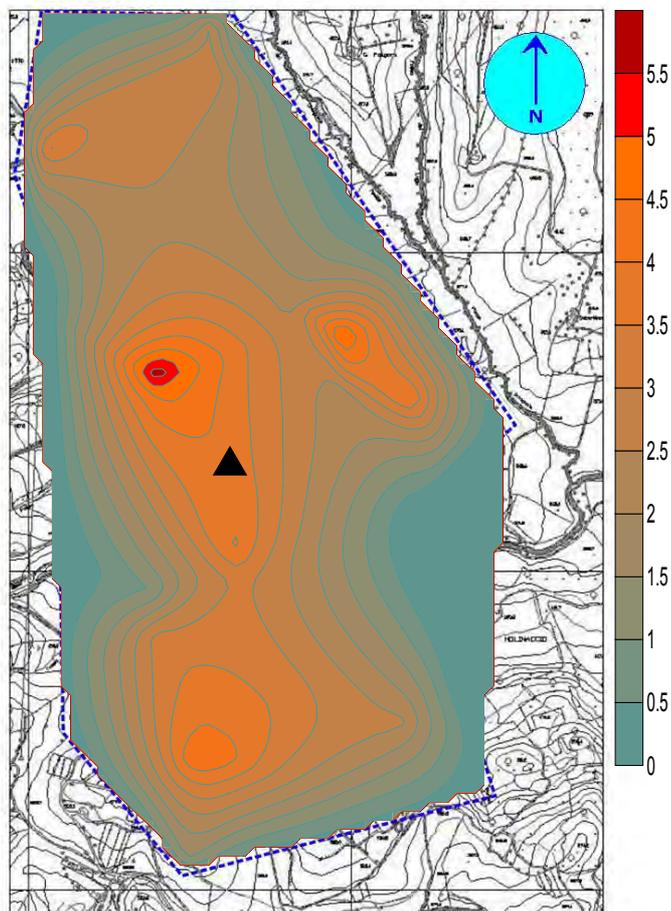


Fig. 82 – Carta della deposizione di Rame con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

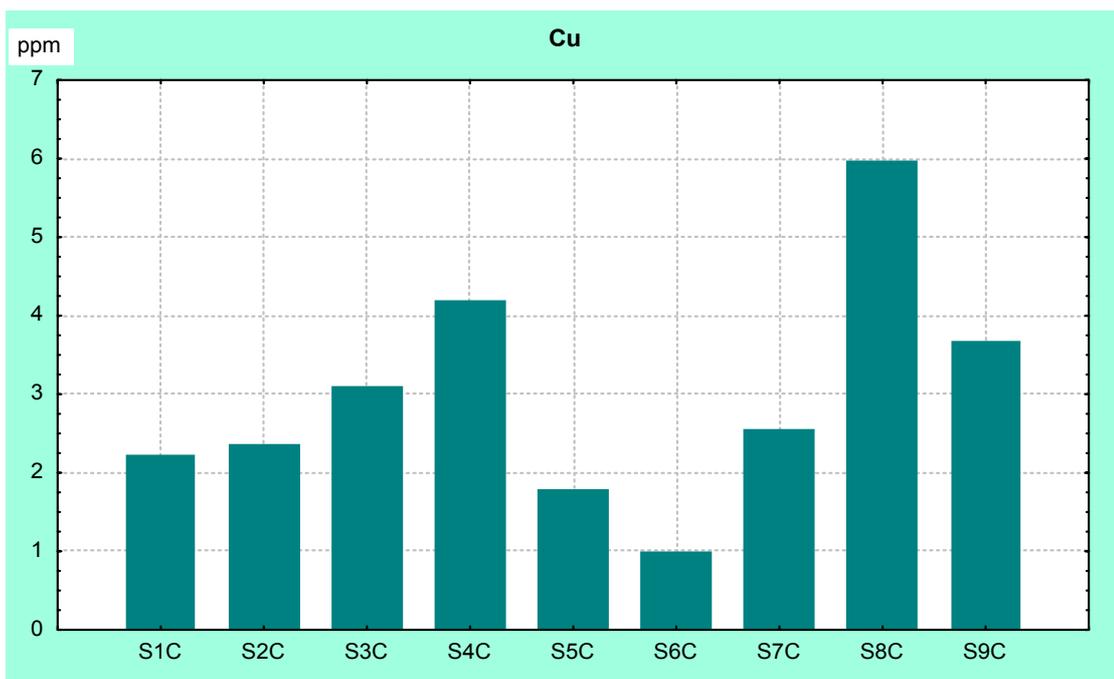


Fig. 83 – Grafico delle concentrazioni di Rame in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

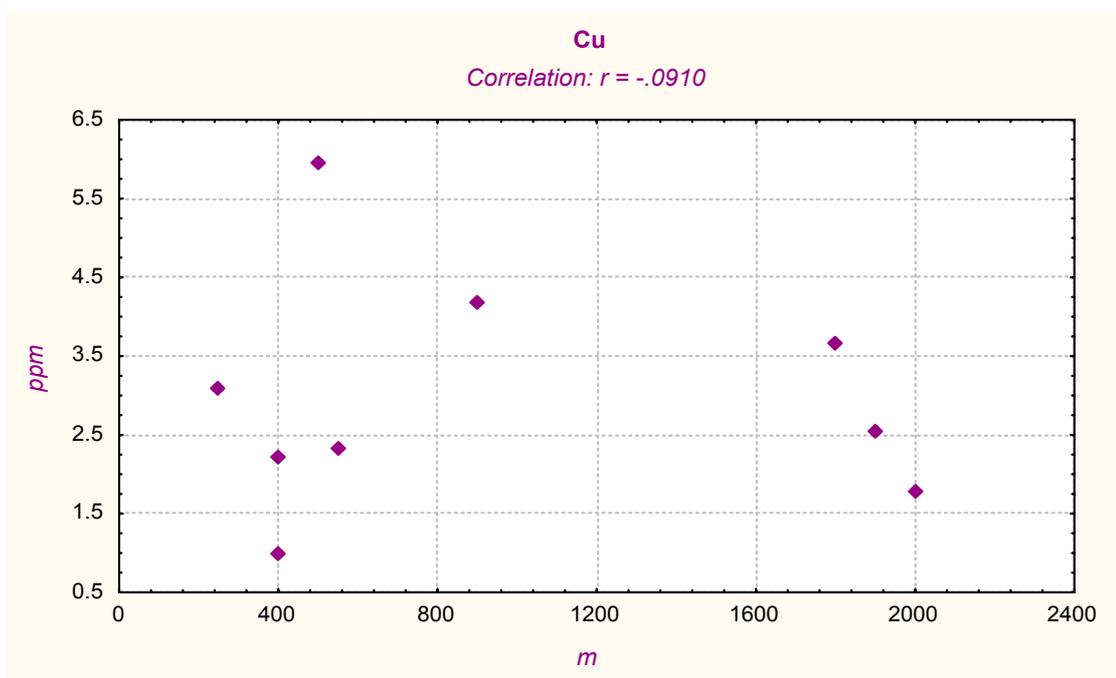


Fig. 84 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza tra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

## Fe – Ferro

Il Ferro ha mostrato un valore medio di 1137 ppm, lievemente inferiore alla media dell'anno precedente, mentre il valore massimo di 2018 ppm è stato rilevato nella stazione S6C a SW dell'impianto.

L'andamento di questo metallo tende in parte a confermare che la sua maggior dispersione nell'ambiente è avvenuta nel quadrante sud, in un'area peraltro non in linea con le caratteristiche geopedologiche dei suoli o dove vi siano evidenti azioni di movimento di terra.

Staz.	ppm
S1C	341
S2C	328
S3C	1254
S4C	374
S5C	1696
S6C	2018
S7C	1541
S8C	1469
S9C	1212

Val. medio 1137
Val. min. 328
Val. max 2018
Dev. Standard 637,540

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

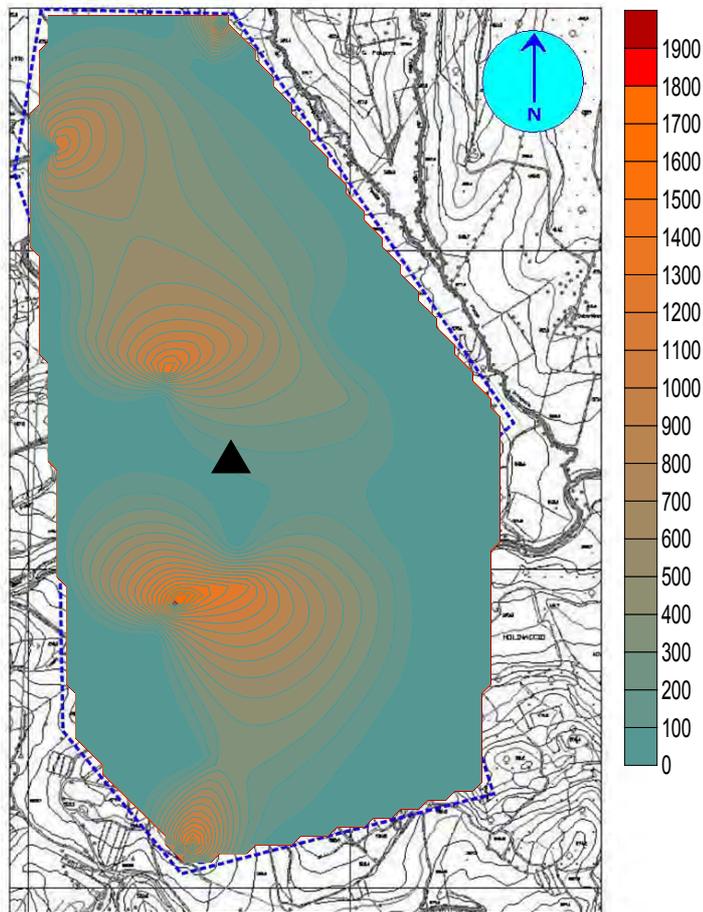


Fig. 85 – Carta della deposizione di Ferro con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

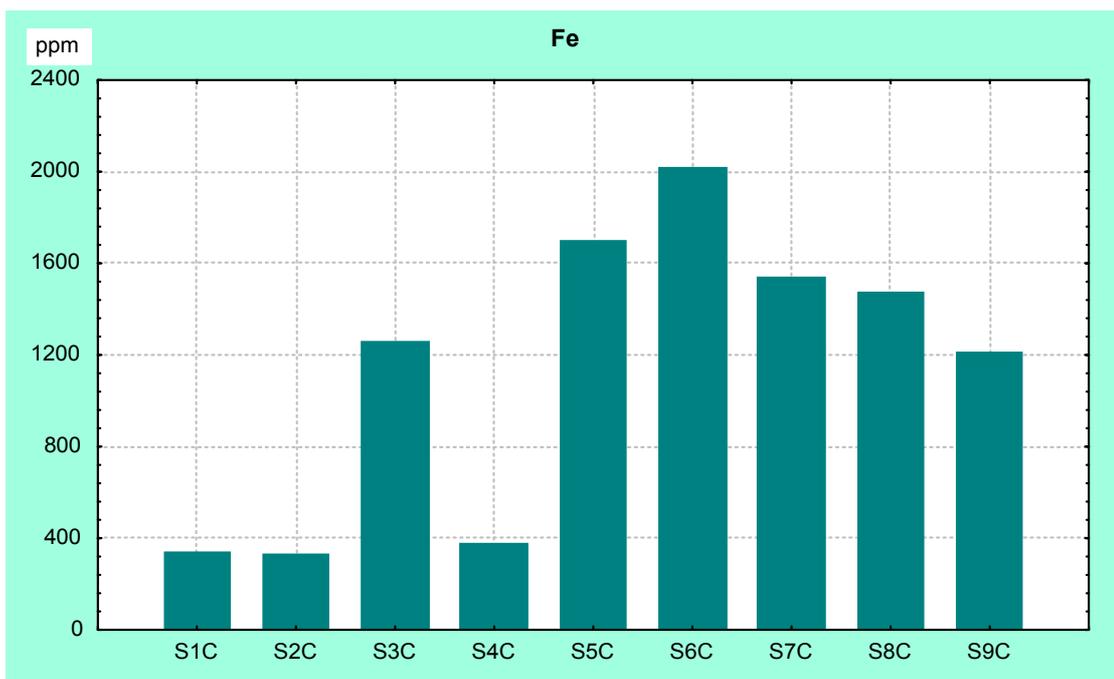


Fig. 86 – Grafico delle concentrazioni di Ferro in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

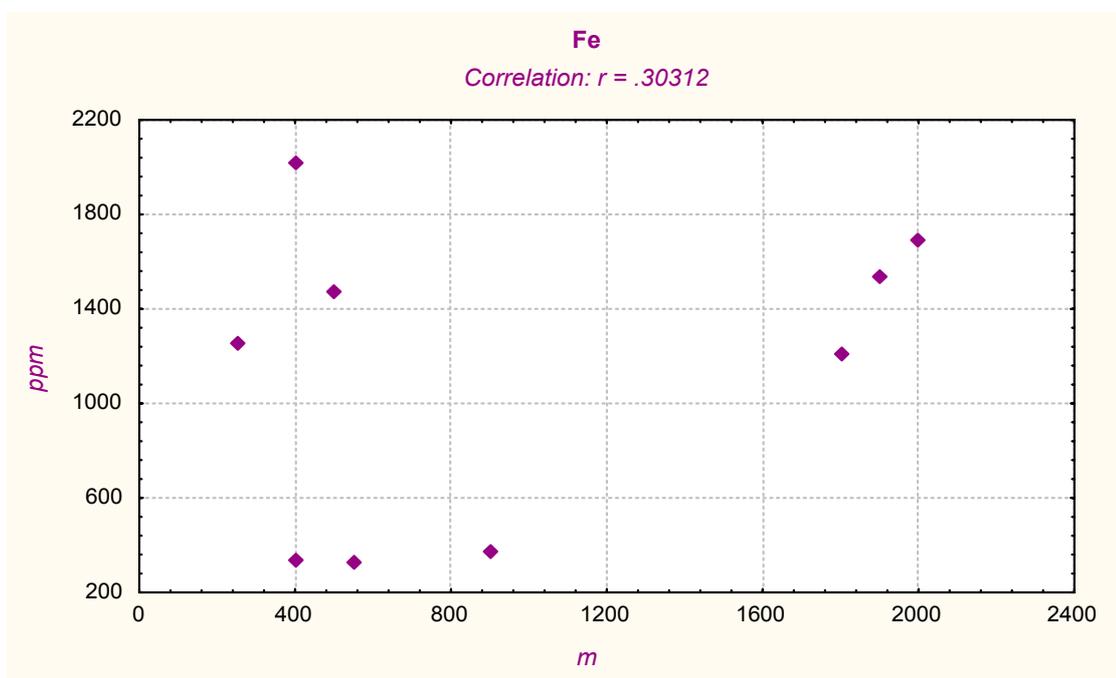


Fig. 87 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza tra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

## Hg – Mercurio

Per quanto riguarda la contaminazione da Mercurio nei talli lichenici, i valori medi acquisiti attualmente sono stati di 0,145 ppm, mentre il valore massimo, riscontrato in corrispondenza della stazione S6C a W dell'impianto, è stato di 0,240 ppm.

Questi valori riconfermano l'andamento verificato negli anni precedenti sia per quanto riguarda le concentrazioni, sia per il modello di diffusione.

Staz.	ppm
S1C	0,210
S2C	0,114
S3C	0,110
S4C	0,115
S5C	0,170
S6C	0,240
S7C	0,115
S8C	0,098
S9C	0,140

Val. medio 0,145
Val. min. 0,098
Val. max 0,240
Dev. Standard 0,050

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

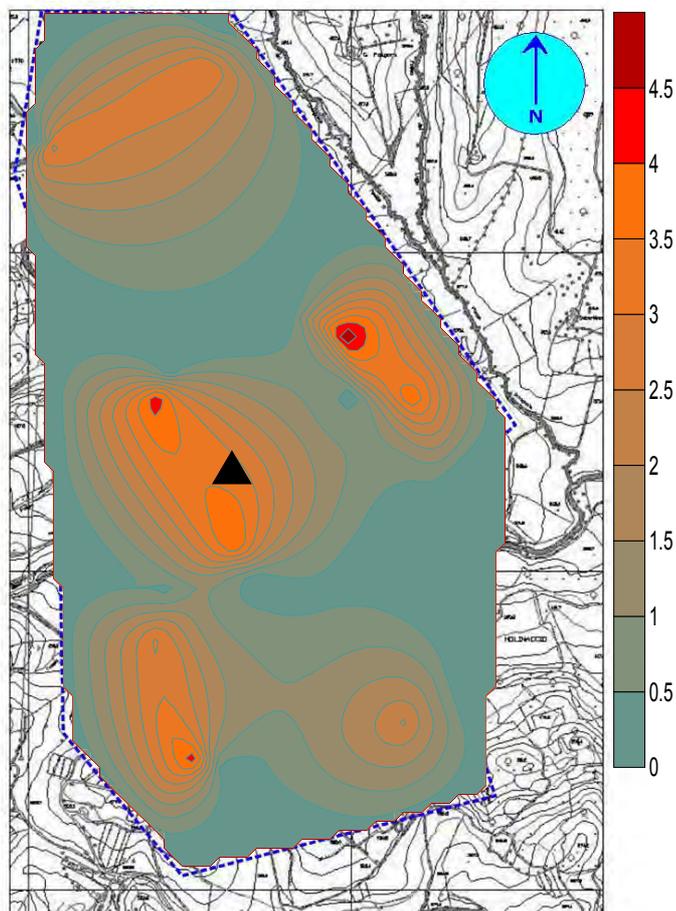


Fig. 88 – Carta della deposizione di Mercurio con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

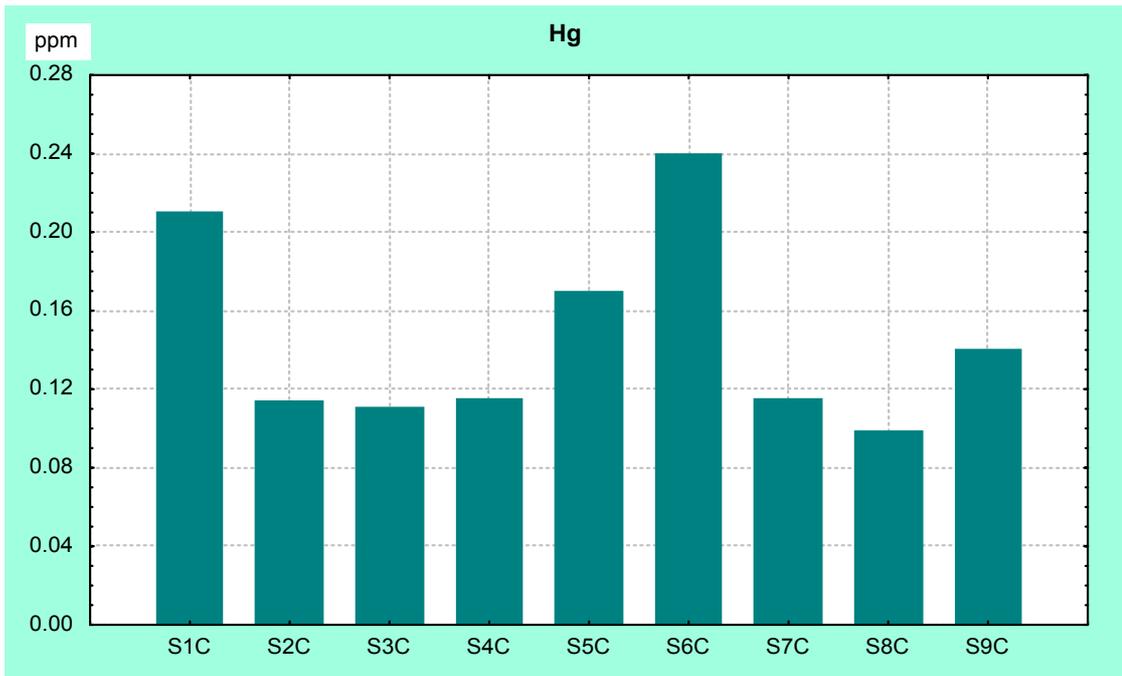


Fig. 89 – Grafico delle concentrazioni di Mercurio in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

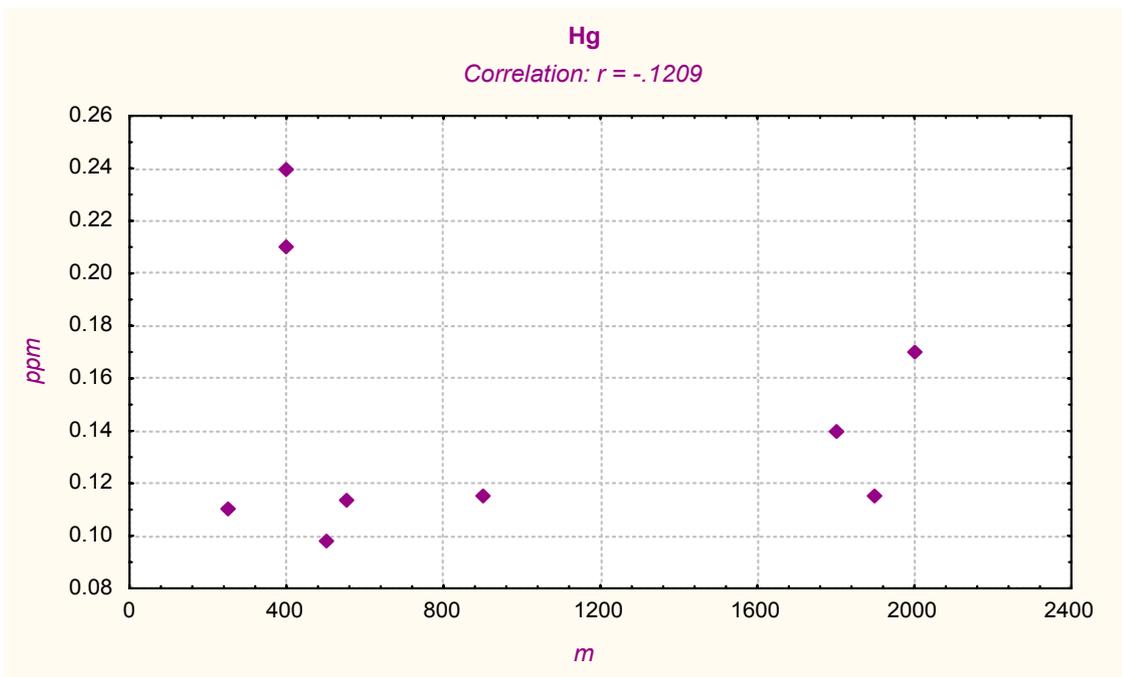


Fig. 90 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza tra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

## Ni – Nichel

Le concentrazioni di questo metallo nei talli lichenici, dopo una diminuzione avvenuta nel secondo anno, hanno mostrato un incremento nei valori medi (2,56 ppm) ed un picco massimo relativamente alto (4,85 ppm) in corrispondenza della stazione S7C, posta a N dell'impianto.

Staz.	ppm
S1C	3,43
S2C	1,19
S3C	3,48
S4C	1,32
S5C	4,14
S6C	1,64
S7C	4,85
S8C	2,44
S9C	0,55

Val. medio 2,560
Val. min. 0,55
Val. max 4,85
Dev. Standard 1,485

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

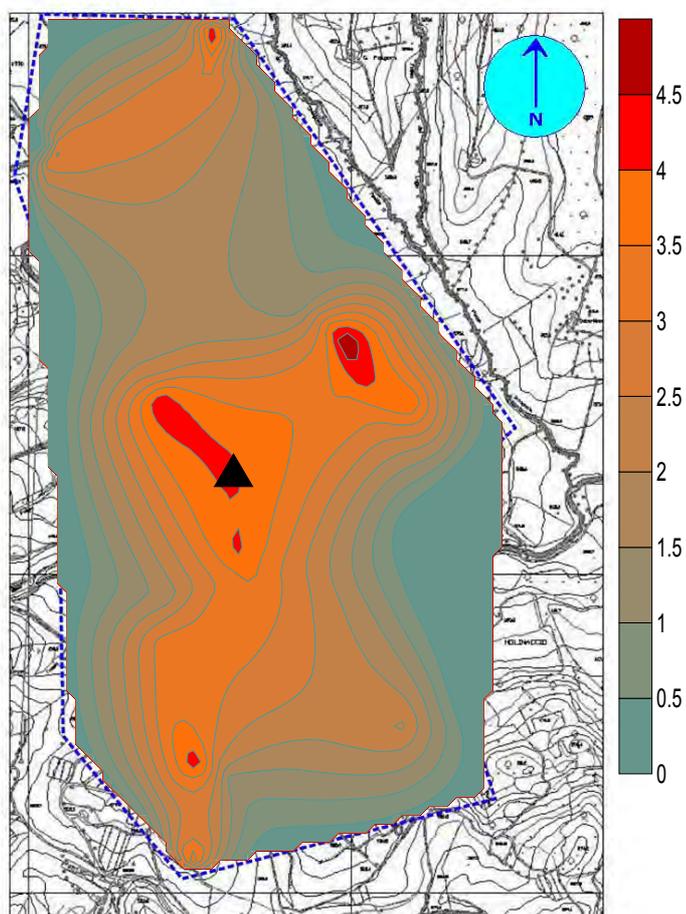


Fig. 91 – Carta della deposizione di Nichel con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

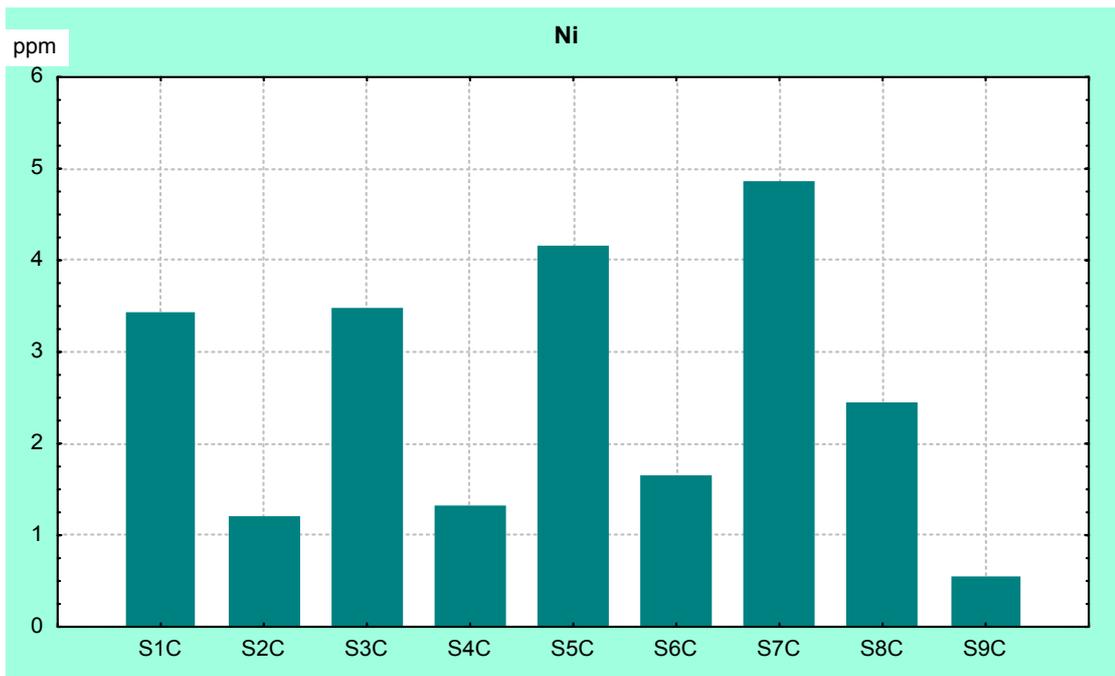


Fig. 92 – Grafico delle concentrazioni di Nichel in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

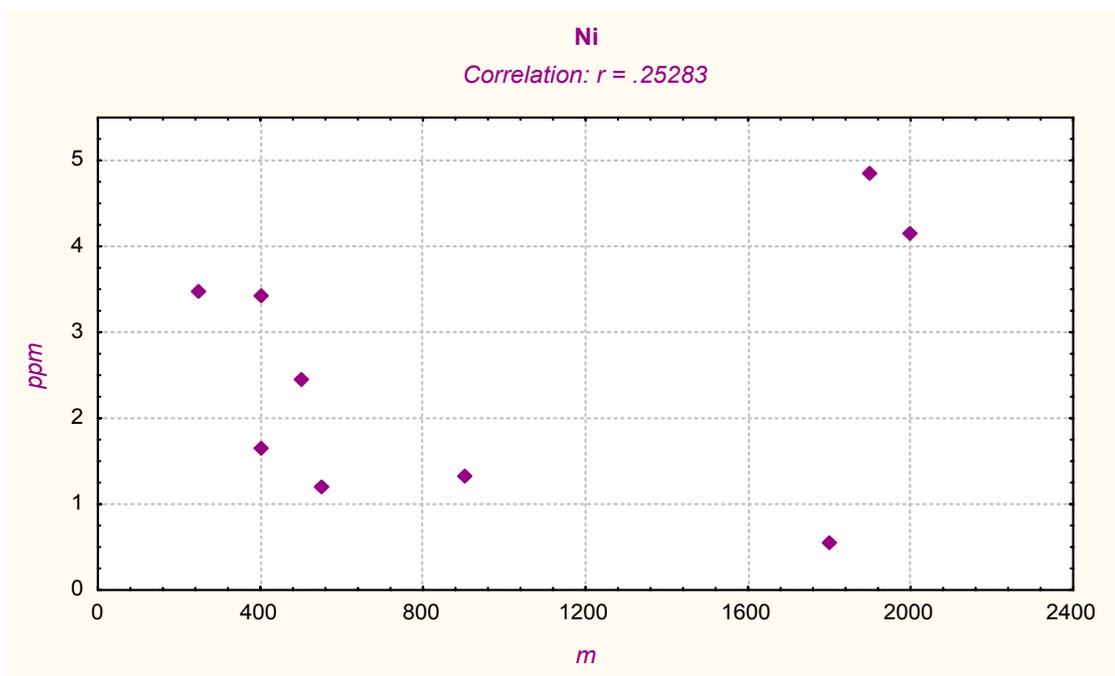


Fig. 93 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza tra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

## **Pb – Piombo**

Il Piombo dopo una notevole riduzione che ha interessato il secondo anno, ha mostrato un incremento nei valori delle concentrazioni nel corso dell'anno 2003-04. Attualmente la media stimata è di 4,573 ppm, mentre il picco massimo è di 7,75 ppm, rilevato nella stazione S7C a N dell'impianto.

Nonostante la variazione nelle concentrazioni di questo inquinante nei talli lichenici, la sua diffusione rimane simile a quella riscontrata nel precedente anno.

La dispersione del Piombo nell'atmosfera è legata alle attività antropiche, soprattutto all'intenso traffico veicolare ed in questo caso sembra in controtendenza l'aumento delle sue concentrazioni con l'abolizione delle benzine contenenti Piombo.

<b>Staz.</b>	<b>ppm</b>
S1C	0,62
S2C	3,65
S3C	4,25
S4C	7,62
S5C	6,13
S6C	4,30
S7C	7,75
S8C	4,99
S9C	1,85

Val. medio 4,573
Val. min. 0,62
Val. max 7,75
Dev. Standard 2,399

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

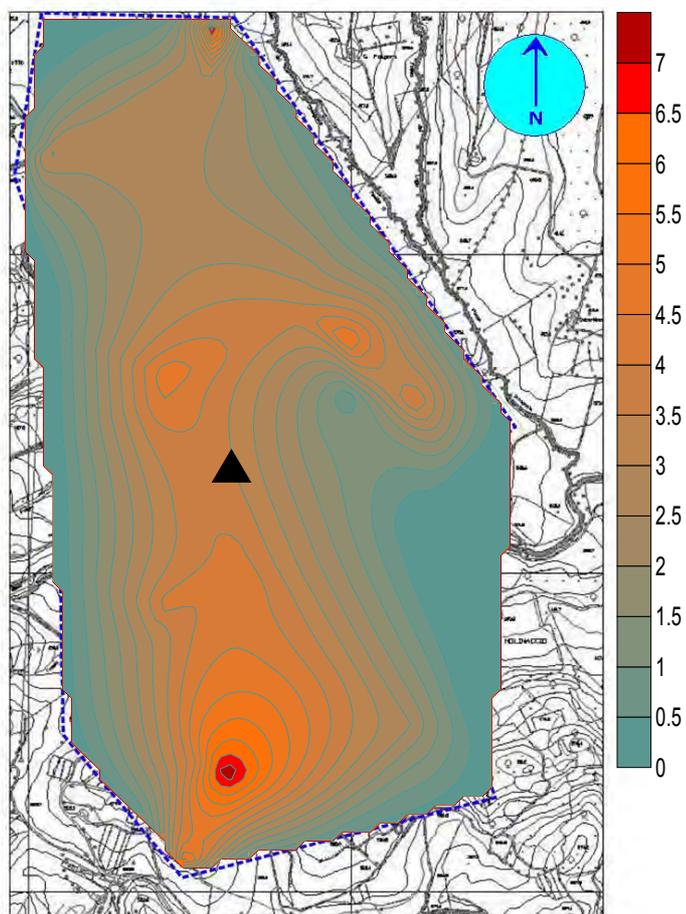


Fig. 94 – Carta della deposizione di Piombo con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

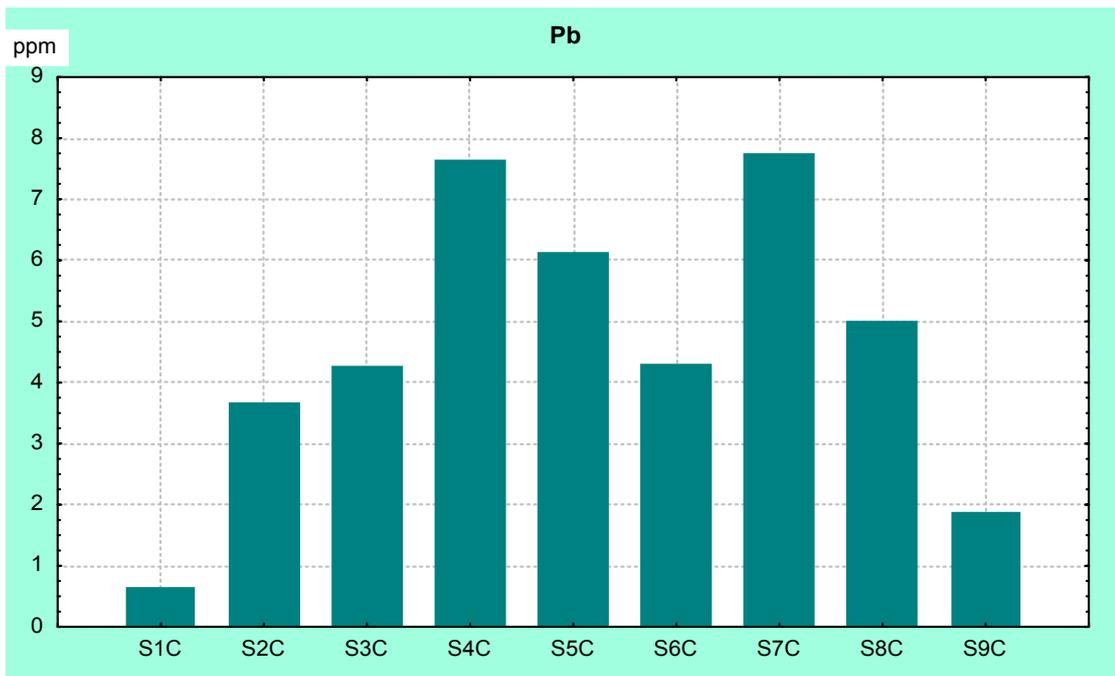


Fig. 95 – Grafico delle concentrazioni di Piombo in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

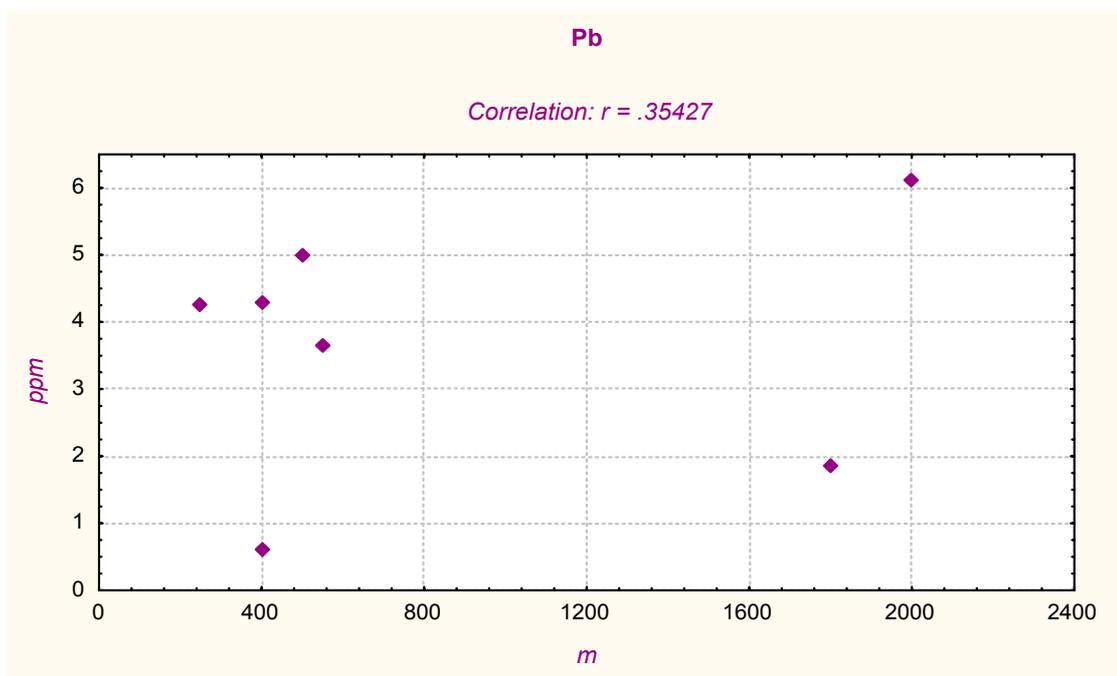


Fig. 96 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza tra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

## Ti – Titanio

Il Titanio ha mostrato un valore nella concentrazione media di 109,655 ppm, con un picco massimo di 171 ppm rilevato nella stazione S1C, posta ad Est dell'impianto.

Questo elemento ha caratteristiche terrigene e la sua dispersione in atmosfera è solitamente favorita dalle attività antropiche, come il movimento di terra.

Staz.	ppm
S1C	171
S2C	103,7
S3C	84,8
S4C	115
S5C	129
S6C	149
S7C	129
S8C	27,9
S9C	77,5

Val. medio 109,655
Val. min. 27,9
Val. max 171
Dev. Standard 42,513

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

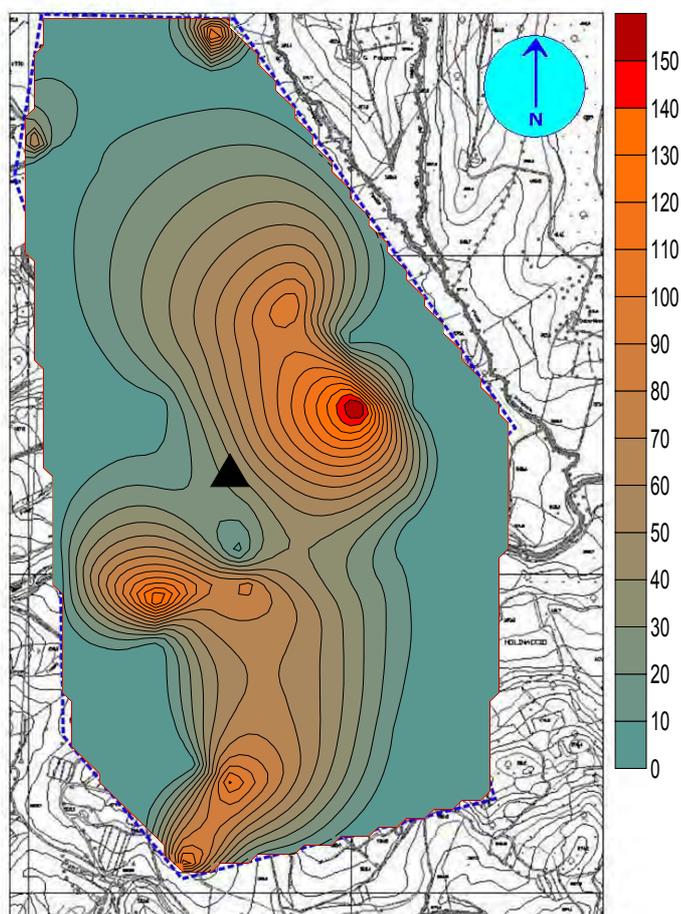


Fig. 97 – Carta della deposizione di Titanio con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

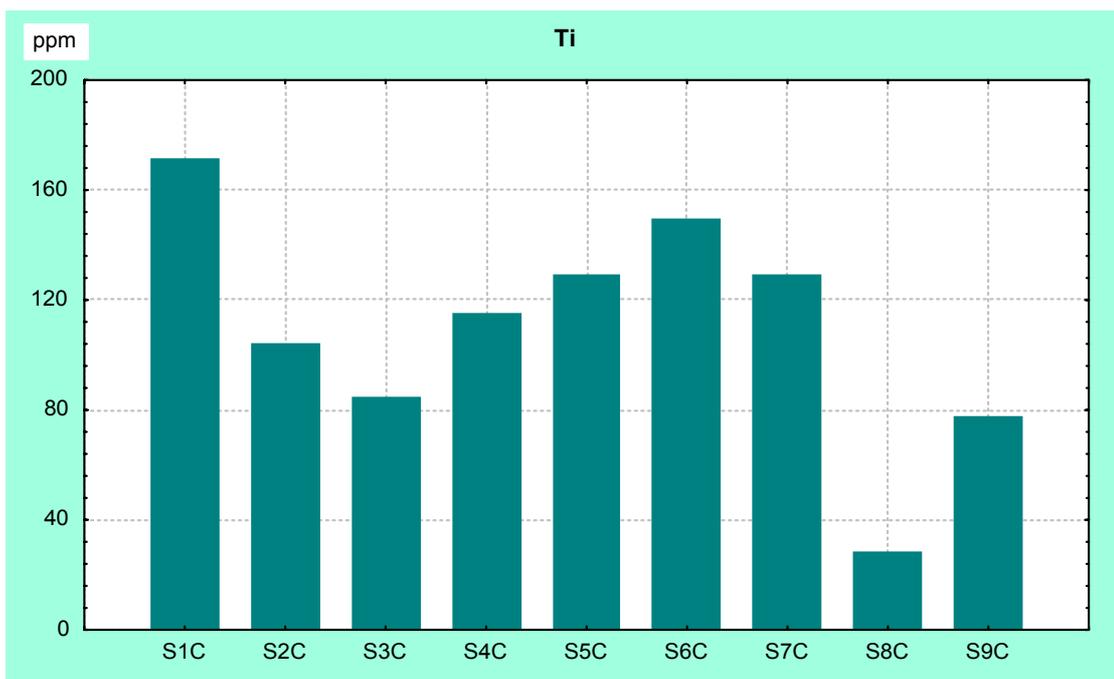


Fig. 98 – Grafico delle concentrazioni di Titanio in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

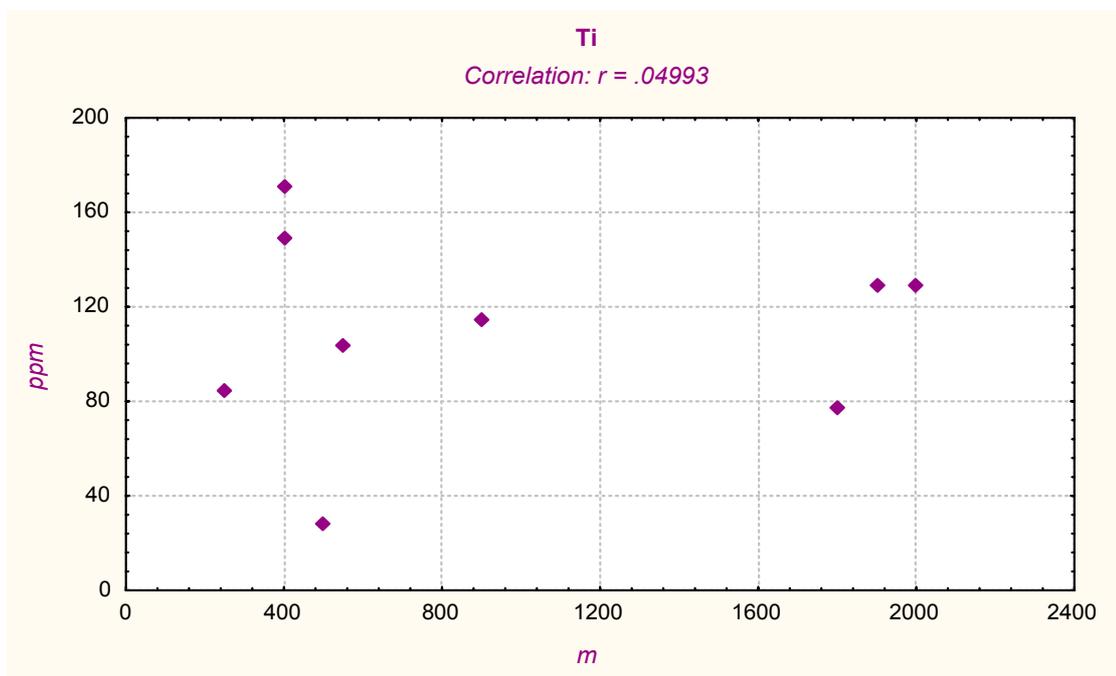


Fig. 99 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza tra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

## V – Vanadio

Il Vanadio ha mostrato nell'arco dei tre anni, una progressiva riduzione nelle sue concentrazioni.

Il valore medio rilevato, in quest'ultimo anno, è stato pari a 6,338 ppm, mentre il valore massimo è stato pari a 14,2 ppm presso la stazione S6C, posta a SW dell'impianto.

La presenza di questo metallo in atmosfera è legata soprattutto alla combustione dei carboni fossili.

Staz.	ppm
S1C	11,1
S2C	6,78
S3C	7,09
S4C	4,55
S5C	4,22
S6C	14,2
S7C	1,68
S8C	5,05
S9C	2,38

Val. medio 6,338
Val. min. 1,68
Val. max 14,2
Dev. Standard 4,061

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

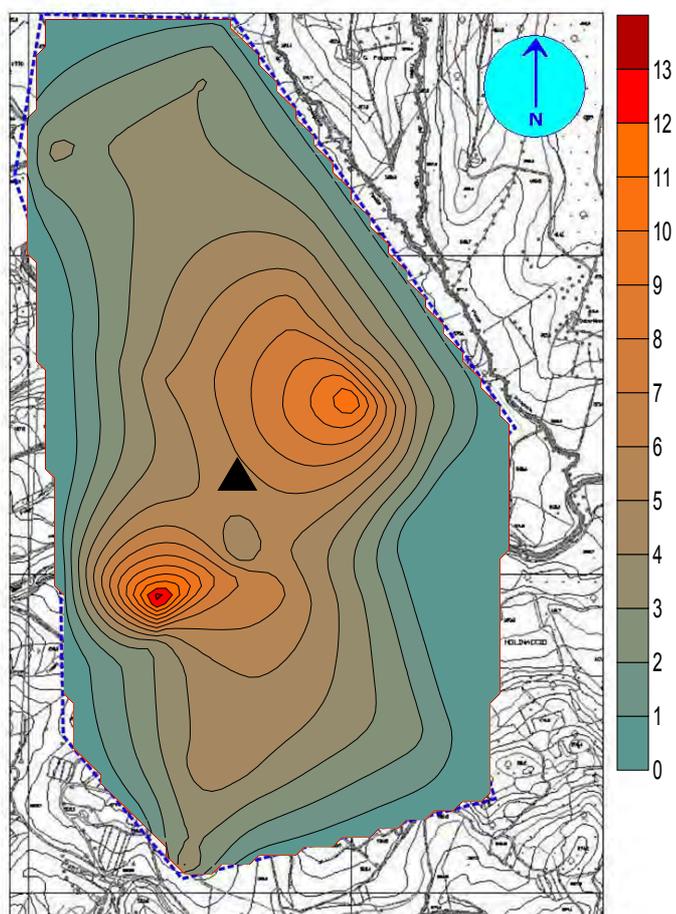


Fig. 100 – Carta della deposizione di Vanadio con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

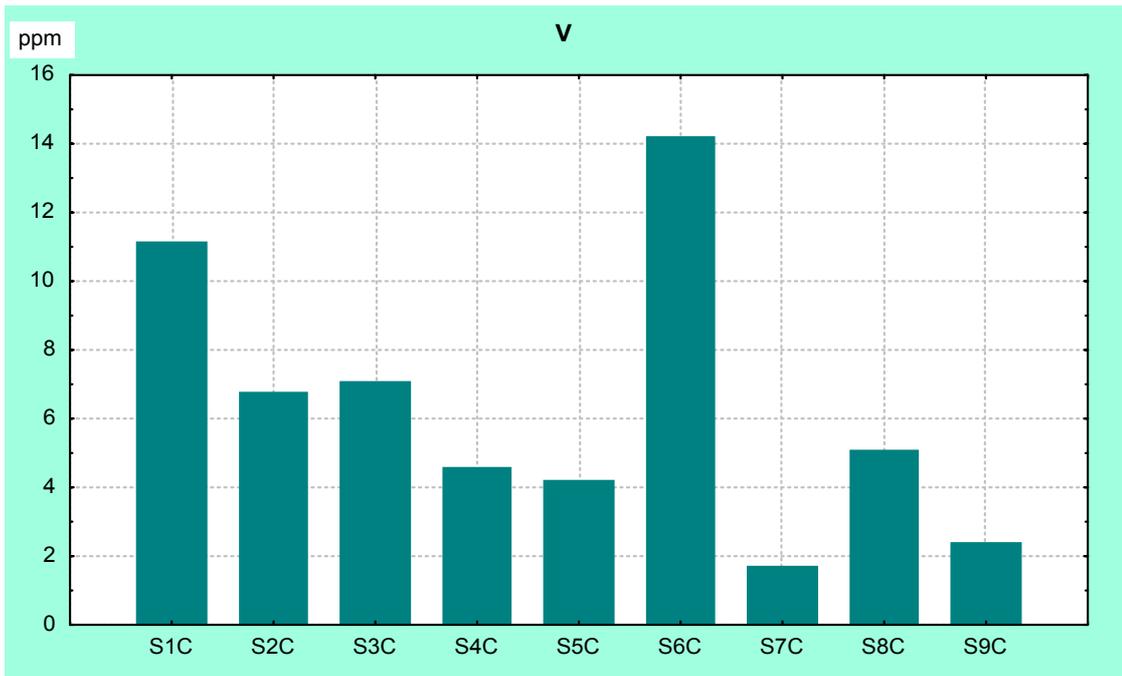


Fig. 101 – Grafico delle concentrazioni di Vanadio in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

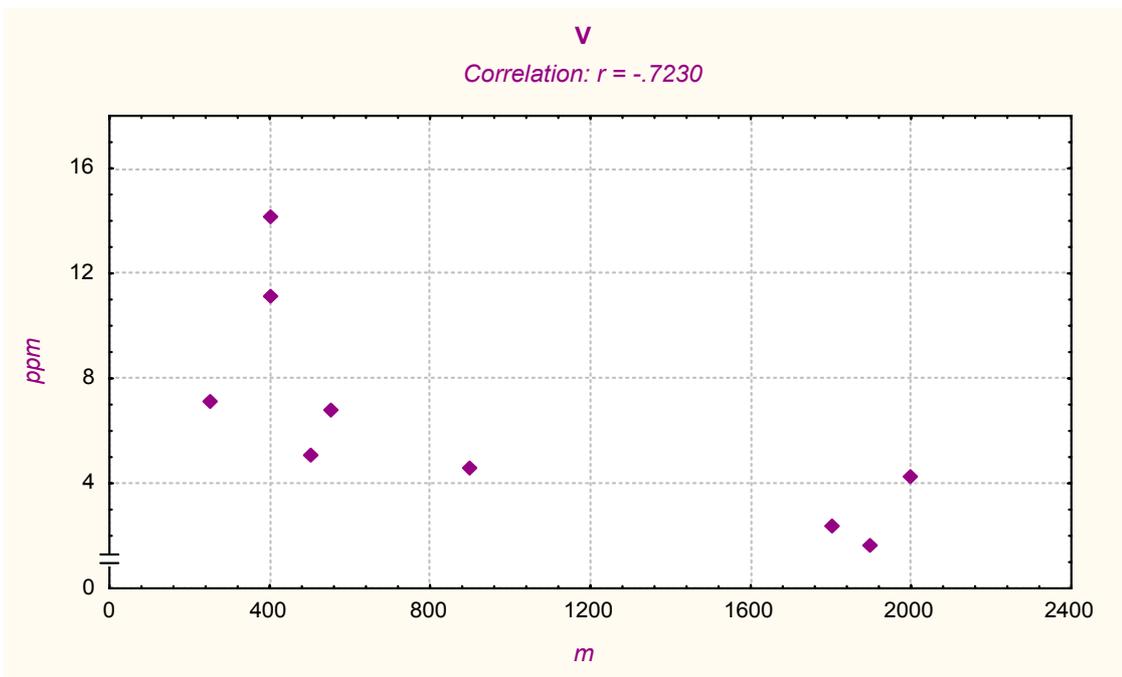


Fig. 102 – Correlazione tra i valori espressi in ppm rilevati sui talli lichenici (in ordinata) e la distanza tra le stazioni e l'impianto (in ascissa).

## GRAFICI DI CONFRONTO

### Grafici di confronto tra i tre anni di indagine relativi all'area B

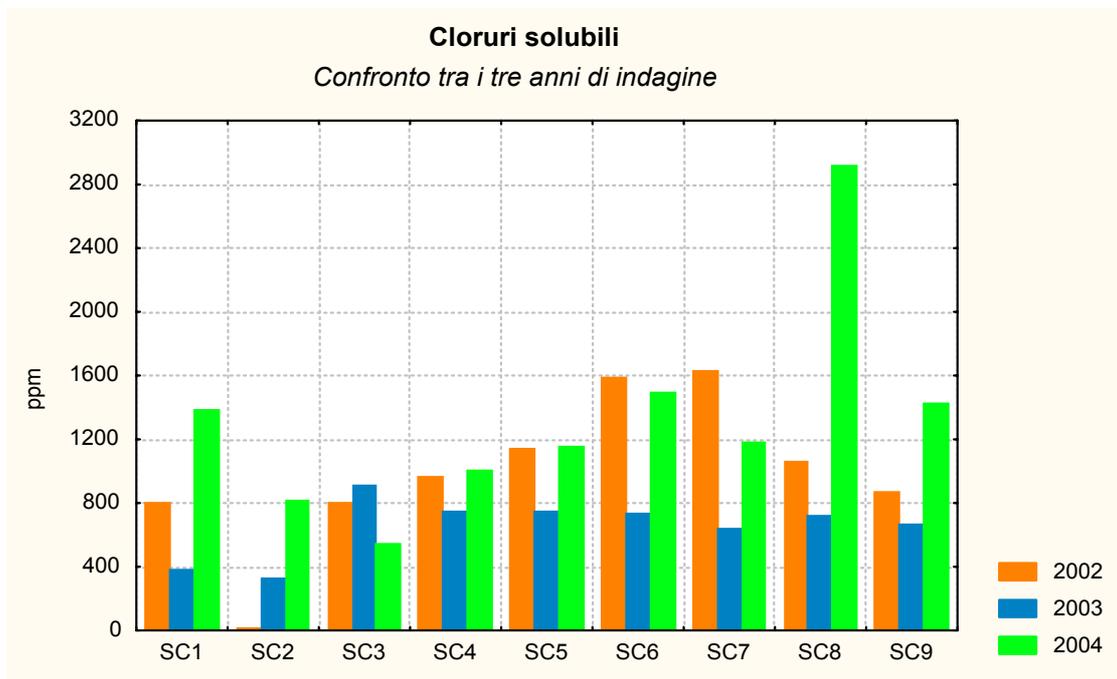


Fig. 103 – Grafico di confronto tra le concentrazioni di Cloruri solubili, rilevate in ogni singola stazione, nei tre anni di biomonitoraggio con i licheni.

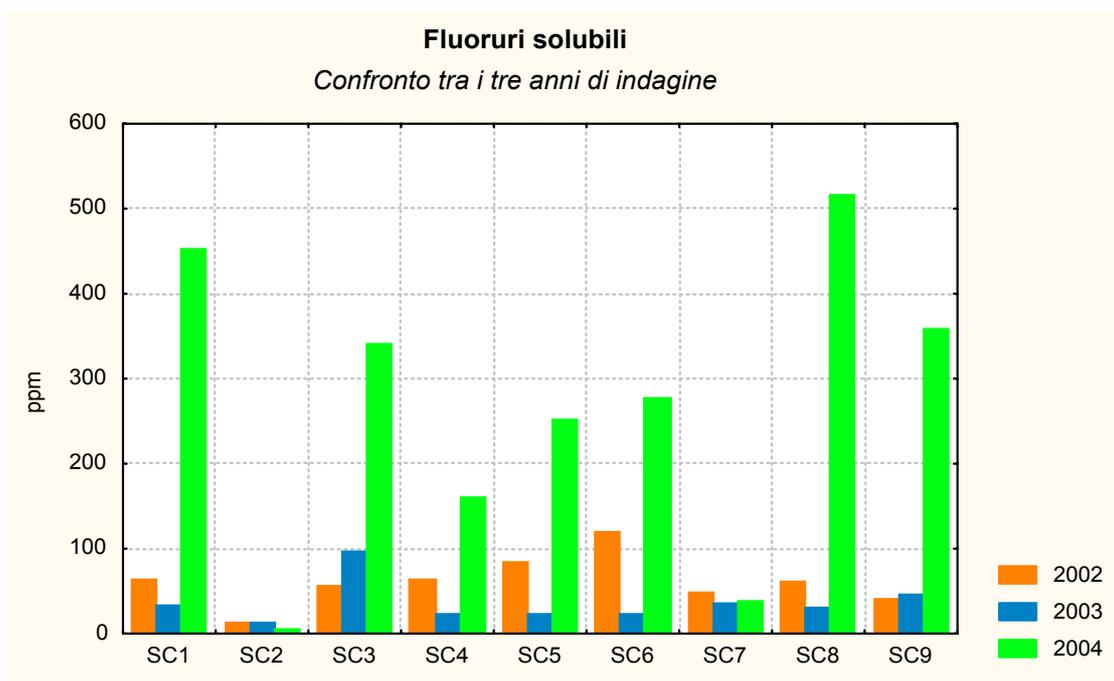


Fig. 104 – Grafico di confronto tra le concentrazioni di Fluoruri solubili, rilevate in ogni singola stazione, nei tre anni di biomonitoraggio con i licheni.

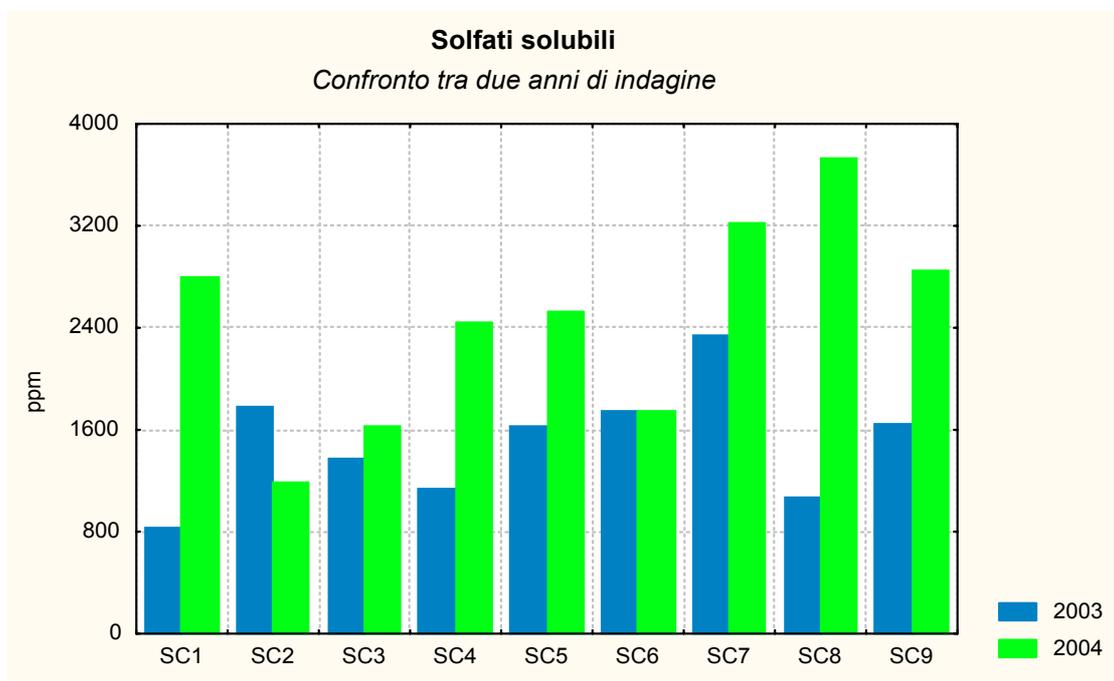


Fig. 105 – Grafico di confronto tra le concentrazioni di Solfati solubili, rilevate in ogni singola stazione, in due anni di biomonitoraggio con i licheni.

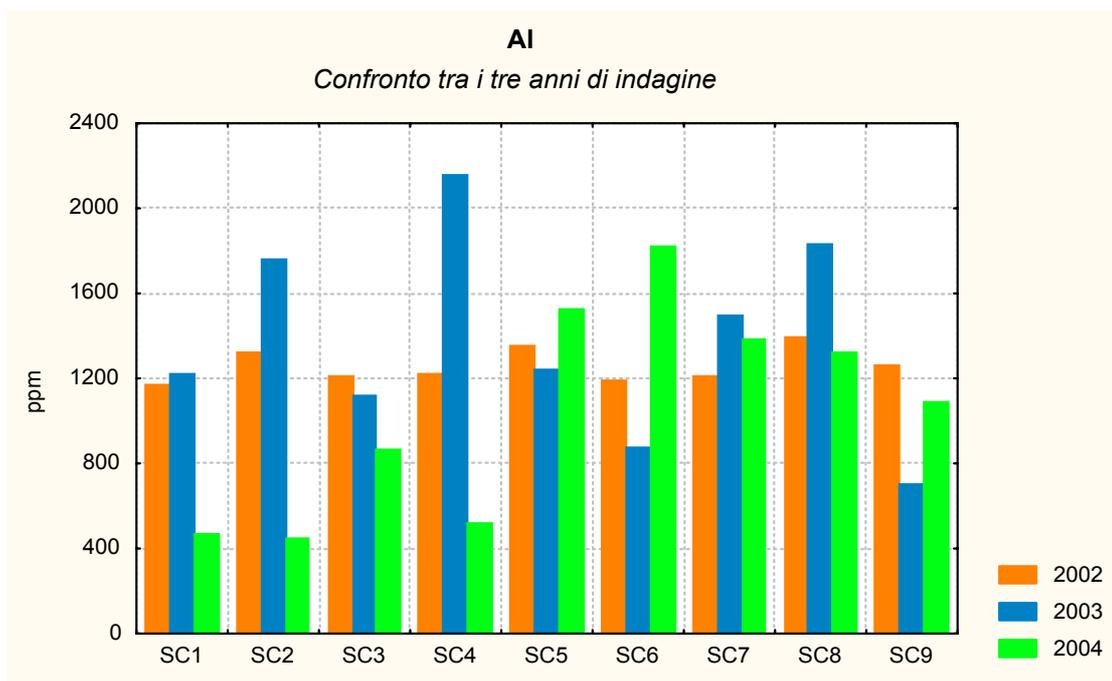


Fig. 106 – Grafico di confronto tra le concentrazioni di Alluminio, rilevate in ogni singola stazione, nei tre anni di biomonitoraggio con i licheni.

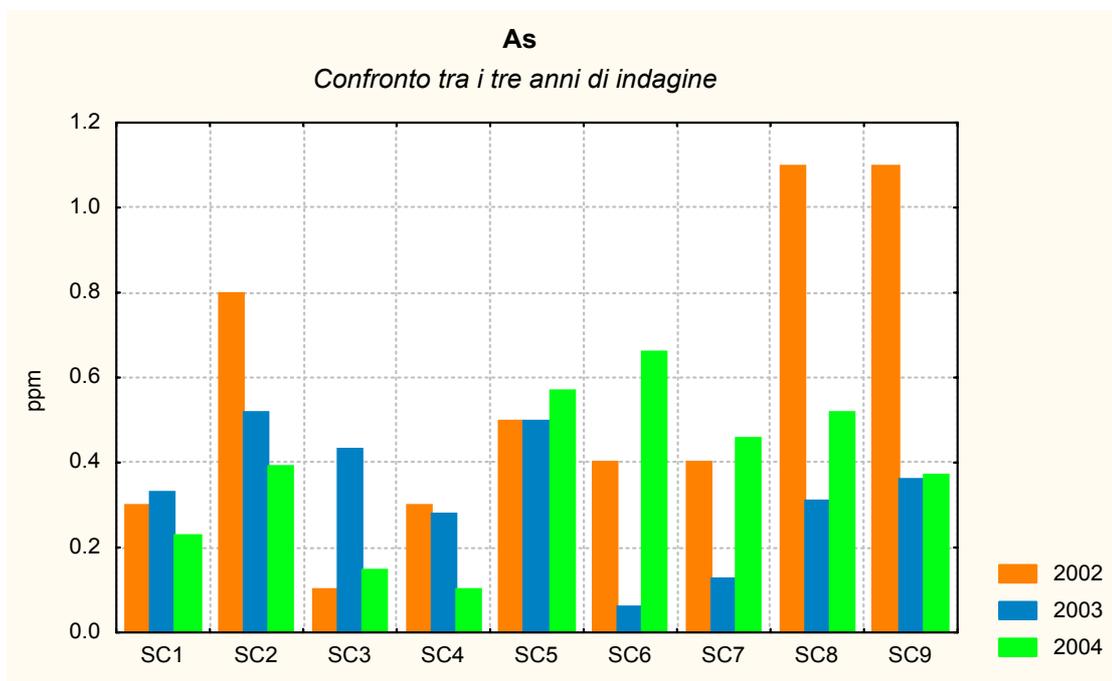


Fig. 107 – Grafico di confronto tra le concentrazioni di Arsenico, rilevate in ogni singola stazione, nei tre anni di biomonitoraggio con i licheni

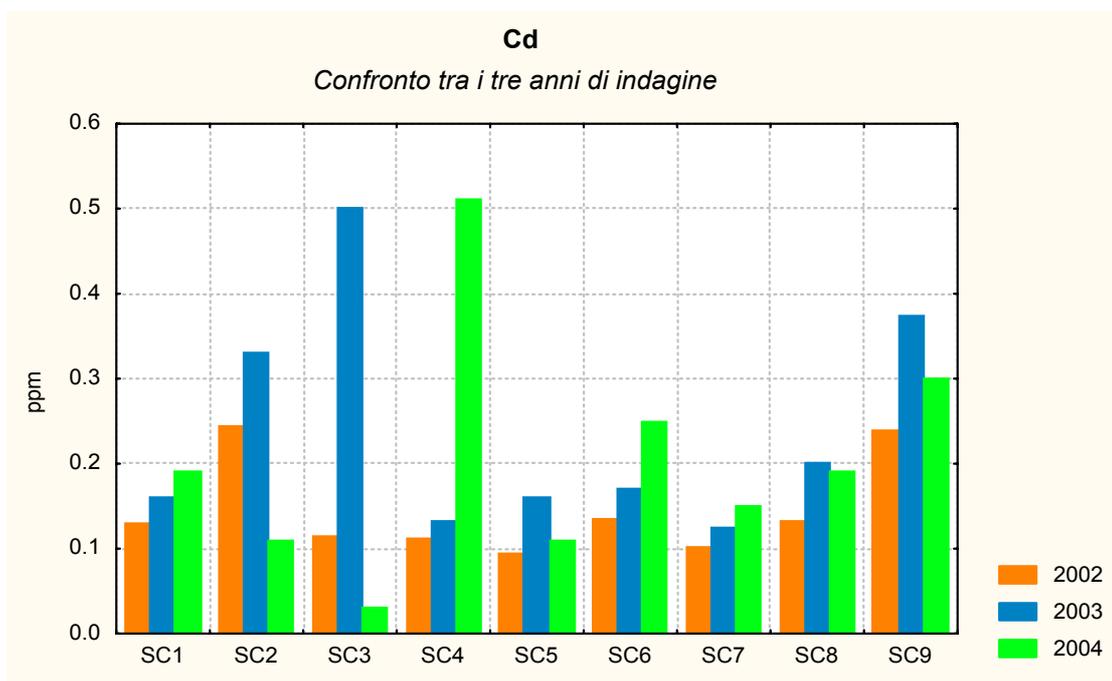


Fig. 108 – Grafico di confronto tra le concentrazioni di Cadmio, rilevate in ogni singola stazione, nei tre anni di biomonitoraggio con i licheni.

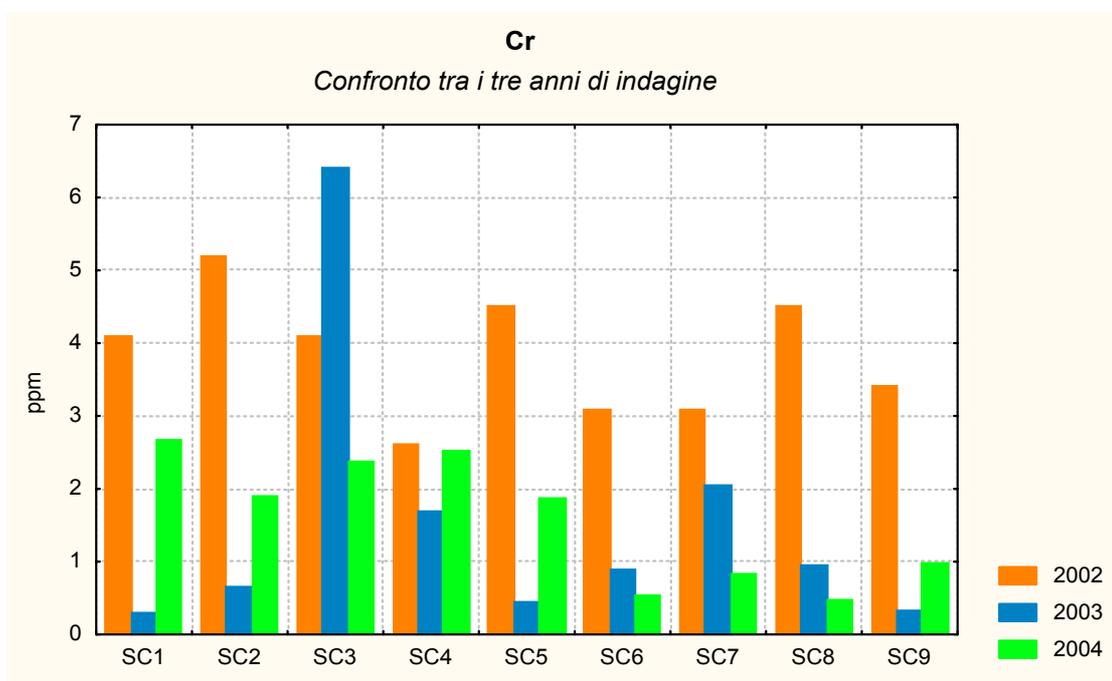


Fig. 109 – Grafico di confronto tra le concentrazioni di Cromo, rilevate in ogni singola stazione, nei tre anni di biomonitoraggio con i licheni.

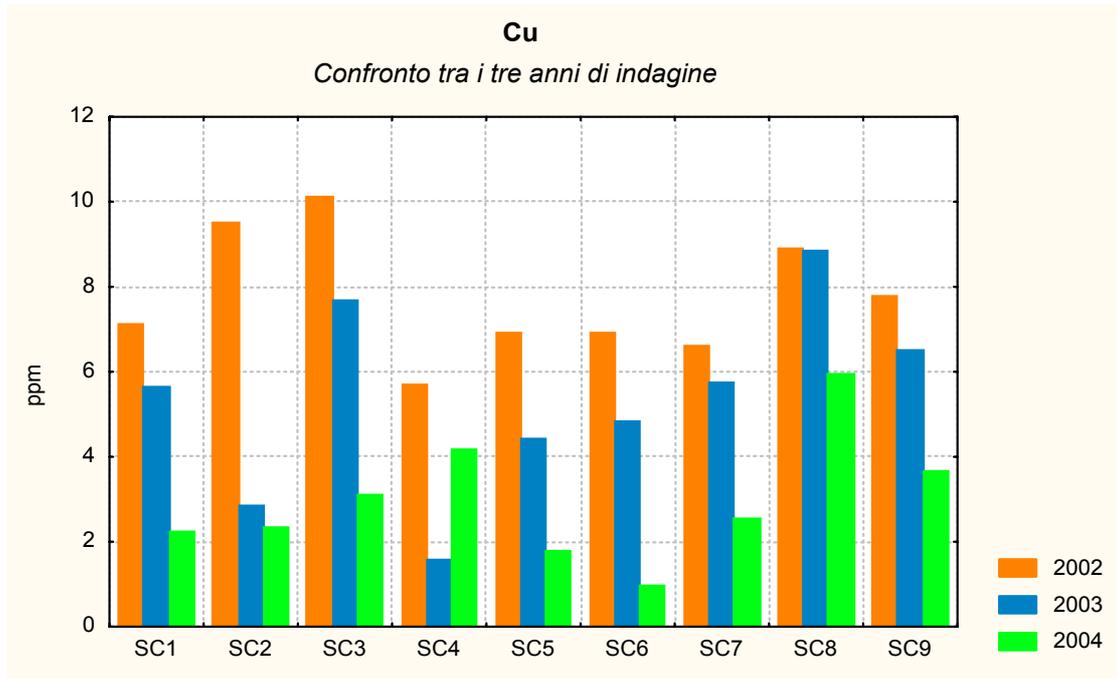


Fig. 110 – Grafico di confronto tra le concentrazioni di Rame, rilevate in ogni singola stazione, nei tre anni di biomonitoraggio con i licheni.

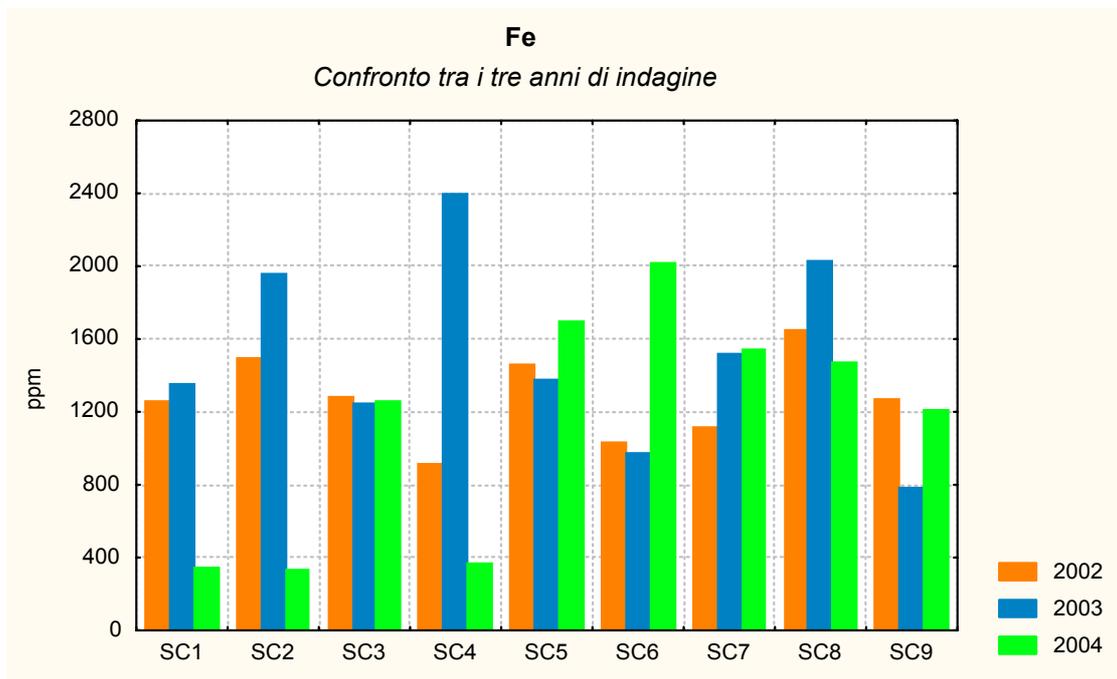


Fig. 111 – Grafico di confronto tra le concentrazioni di Ferro, rilevate in ogni singola stazione, nei tre anni di biomonitoraggio con i licheni.

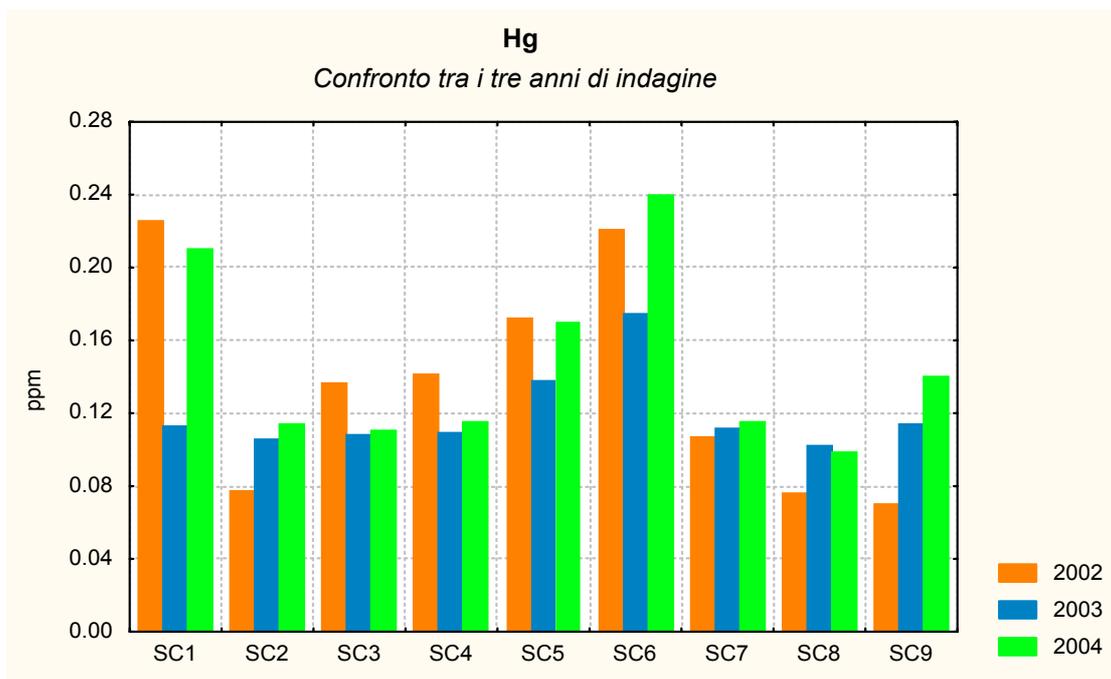


Fig. 112 – Grafico di confronto tra le concentrazioni di Mercurio, rilevate in ogni singola stazione, nei tre anni di biomonitoraggio con i licheni.

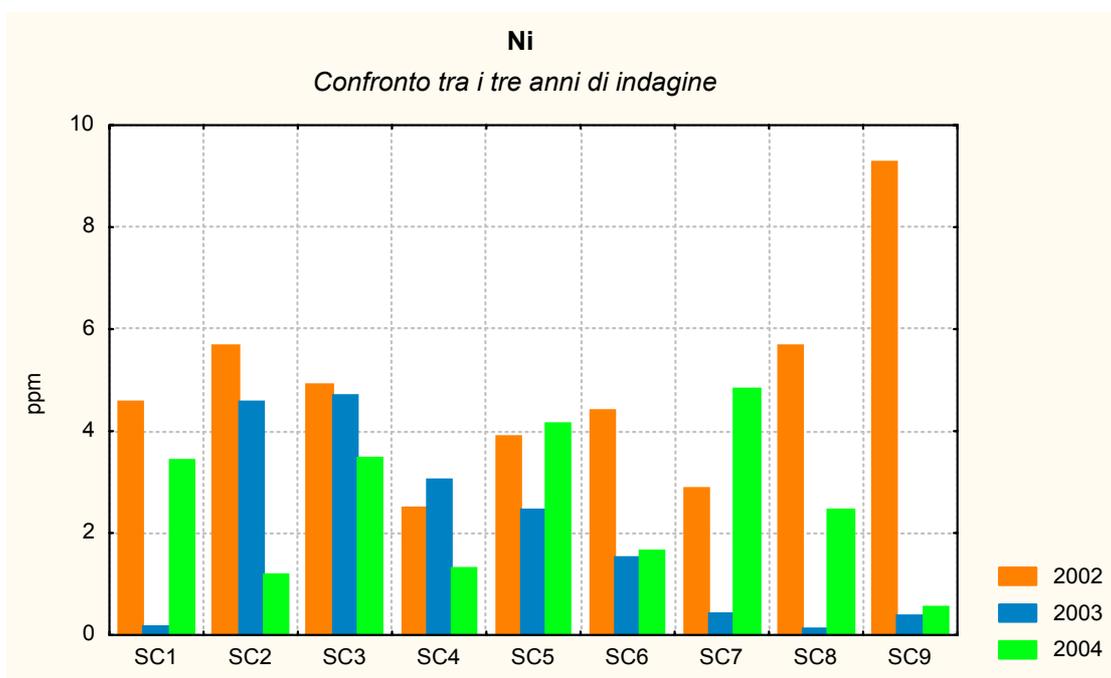


Fig.113 – Grafico di confronto tra le concentrazioni di Nichel, rilevate in ogni singola stazione, nei tre anni di biomonitoraggio con i licheni.

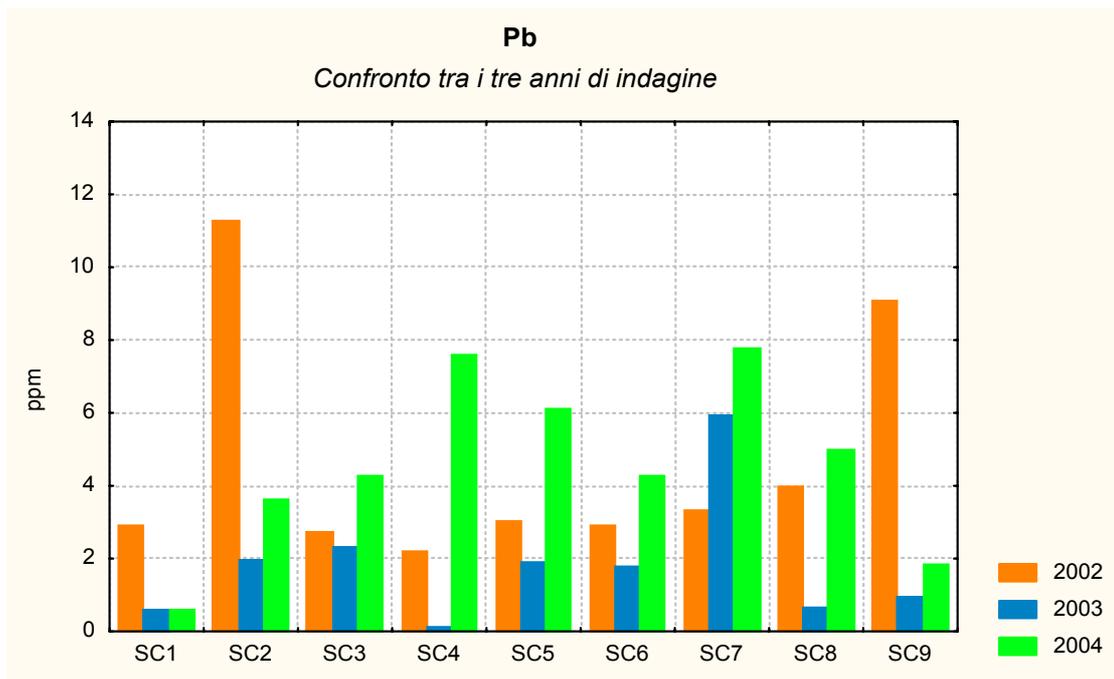


Fig.114 – Grafico di confronto tra le concentrazioni di Piombo, rilevate in ogni singola stazione, nei tre anni di biomonitoraggio con i licheni.

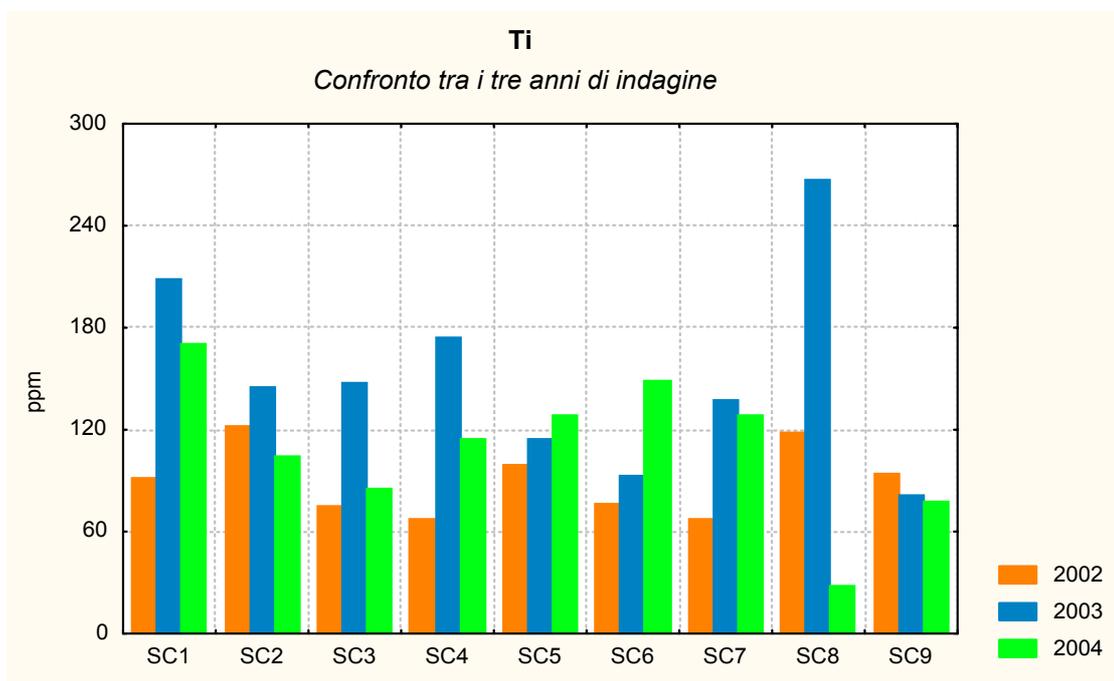


Fig.115 – Grafico di confronto tra le concentrazioni di Titanio, rilevate in ogni singola stazione, nei tre anni di biomonitoraggio con i licheni.

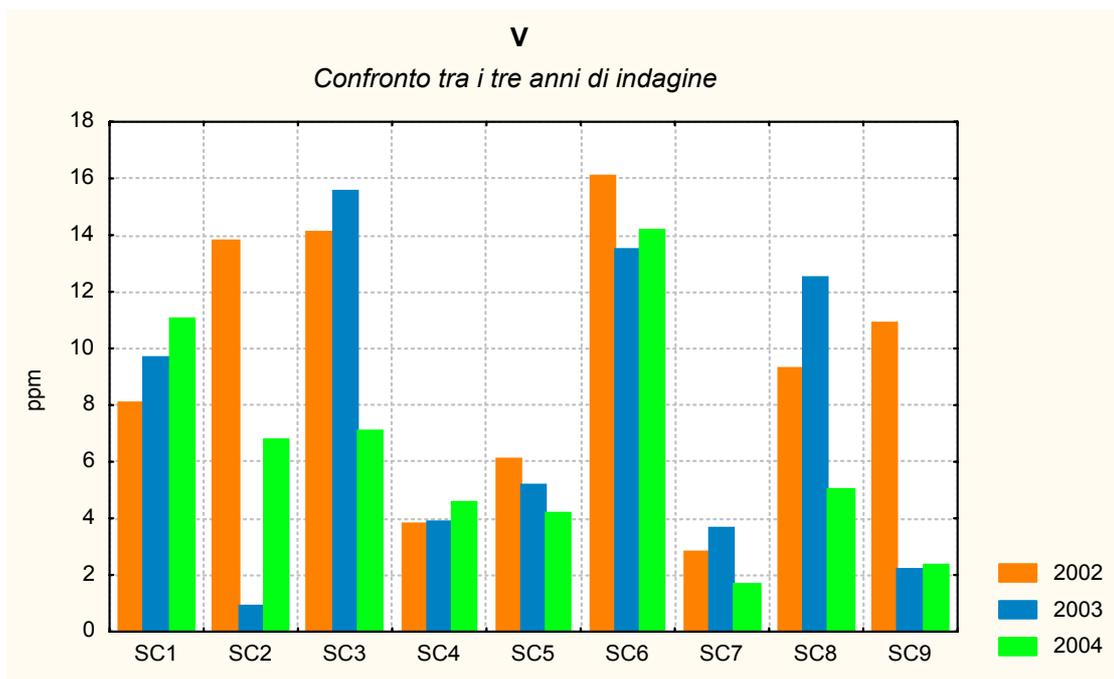


Fig. 116 – Grafico di confronto tra le concentrazioni di Vanadio, rilevate in ogni singola stazione, nei tre anni di biomonitoraggio con i licheni.

## SECONDO ANNO DI MONITORAGGIO NELLA CITTÀ GUBBIO

### **INTRODUZIONE**

Uno degli aspetti più significativi della campagna di biomonitoraggio con i licheni epifiti presso i cementifici eugubini, iniziata nel 2001, è senza dubbio l'estensione del progetto al centro cittadino di Gubbio. L'importanza deriva dal fatto che la città è interposta fra i due cementifici (che rappresentano le principali entità industriali della zona), costituendo una tipologia di produzione monospecifica e che a parte qualche diversità nella finalità produttiva, tende ad avere tuttavia emissioni qualitativamente simili. Di conseguenza la città di Gubbio rimane interessata dal fenomeno di diffusione e deposizione degli inquinanti, così come del resto la popolazione che conta circa 32000 persone (circa 14000 in ambito strettamente cittadino), per gli effetti derivati sia dalla produzione industriale che da altre attività antropiche quali il traffico veicolare e il riscaldamento. Il biomonitoraggio effettuato nel centro città (come quello periferico), è rivolto alla sola matrice atmosferica e non ha la pretesa di sciogliere un nodo come quello del rapporto uomo e rischio ambientale poiché questa relazione non è sintetizzabile e generalizzabile per la complessità oggettiva che la contraddistingue, ma attraverso i licheni quali bioindicatori, si rende possibile il monitoraggio di aree geograficamente ampie, come in questo caso di una intera città, individuando le situazioni di maggiore criticità ambientale. Il biomonitoraggio svolto nel corso dell'anno 2003-2004, anno conclusivo della ricerca, ha proseguito con gli stessi criteri già adottati il precedente anno.

### **STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO E LOCALIZZAZIONE DELLE STAZIONI**

Per quanto riguarda la scelta della specie lichenica, è stato per conformità scelto il lichene *Xanthoria parietina* già utilizzata nelle aree A e B di Semonte e Padule, a prescindere dalla sua presenza nel territorio monitorato. Nelle stazioni di campionamento si è provveduto anche in questo caso ad installare telai con talli lichenici espianati, sia per la carenza di materiale naturale in corrispondenza dei siti individuati che per una maggiore uniformità di dati e metodo rispetto ai precedenti biomonitoraggi. Il territorio interessato in questa fase di monitoraggio cittadino ha una estensione di circa 3 km<sup>2</sup> e sono state predisposte 9 stazioni per una densità di campionamento uguale a 3. La loro localizzazione è avvenuta attraverso un'analisi del territorio su base cartografica e successivamente per sopralluoghi direttamente in campo.

Gli inquinanti interessati alla ricerca sul bioaccumulo sono stati, come nel precedente anno: Cloruri, Fluoruri e Solfati solubili, Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Ti, V.

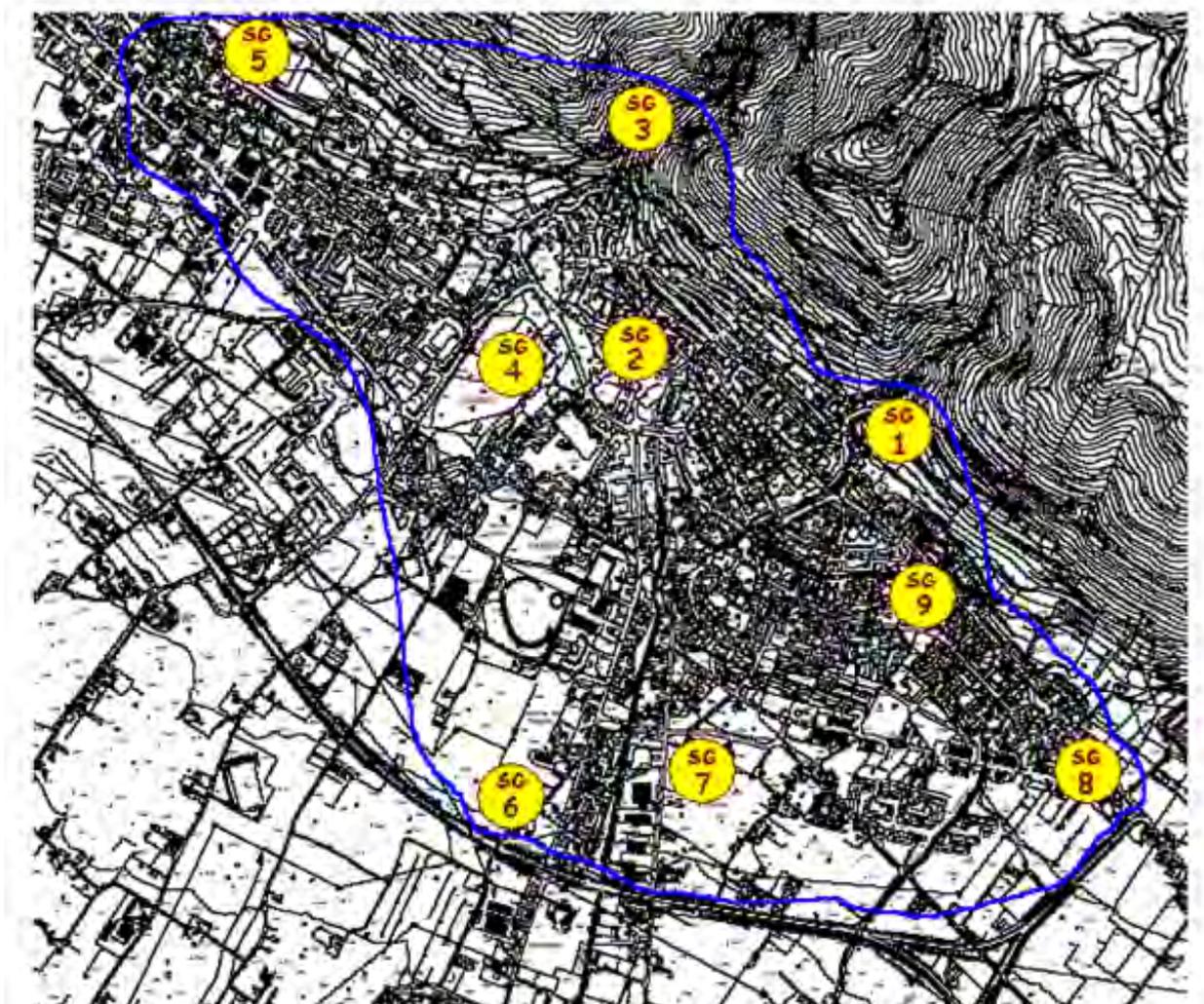


Fig. 117 - Cartina relativa all'area cittadina di Gubbio e localizzazione delle stazioni.

## **RISULTATI**

### Dati area G

Ciascuna delle 9 stazioni è stata contrassegnata con un codice alfanumerico (es. **SG1**), dove la prima lettera ed il numero indicano la stazione ed il suo numero progressivo, mentre la lettera G fa riferimento al centro cittadino di Gubbio.

#### **Stazioni**

SG1 - Loc. S. Girolamo

SG2 - Piazza quaranta Martiri

SG3 - Loc. Bottaccione

SG4 - Teatro Romano

SG5 - Via Tifernate

SG6 - Via Perugina

SG7 - Via Frate Lupo

SG8 - Via di Porta Romana str. per San Marco

SG9 - Via di Porta Romana

## Cloruri solubili

I Cloruri solubili hanno mostrato un valore medio di 1075,556 ppm, con un picco piuttosto elevato di 2448 ppm, in corrispondenza della stazione SG4 posta a N della città. Mentre le concentrazioni di questo contaminante nei talli lichenici risultano essere notevolmente aumentate rispetto al precedente biomonitoraggio, la sua diffusione in quest'area cittadina rimane ancora di dubbia interpretazione.

Staz.	ppm
SG1	1241
SG2	997
SG3	1883
SG4	2448
SG5	705
SG6	636
SG7	527
SG8	889
SG9	354

Val. medio 1075,556
Val. min. 354
Val. max 2448
Dev. Standard 685,2

Tab. 34 – Concentrazione dei Cloruri solubili nelle singole stazioni e relative statistiche

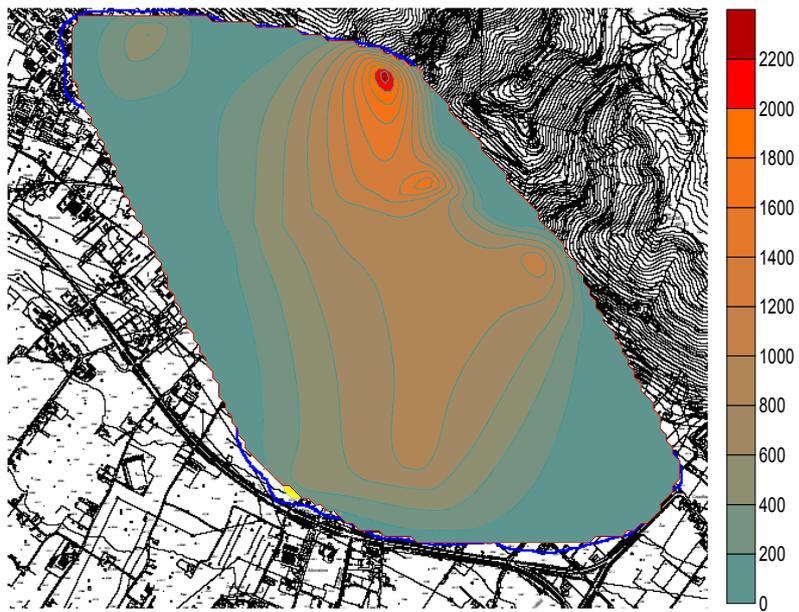


Fig. 118 – Carta della deposizione dei Cloruri solubili con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

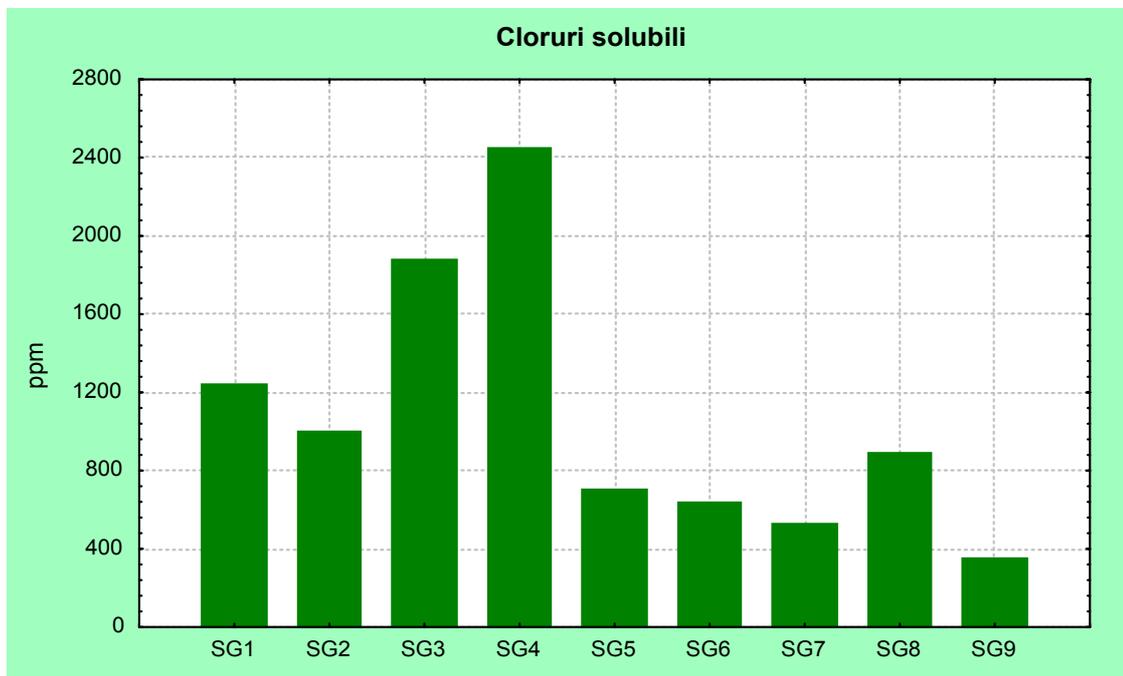


Fig. 119 – Grafico delle concentrazioni di Cloruri solubili in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

## Fluoruri solubili

La concentrazione media dei Fluoruri nei talli lichenici è stata di 204,255 ppm, mentre il picco massimo è stato registrato in corrispondenza della stazione SG4 a N della città ed è stato pari a 788 ppm.

Questo valore, piuttosto elevato rispetto a quelli rilevati nelle aree dei due cementifici, mostra un andamento sul piano deposizionale simile a quello dei Cloruri, dove anche in quella circostanza, il picco massimo è stato individuato nella stessa stazione.

Staz.	ppm
SG1	59,3
SG2	151
SG3	487
SG4	788
SG5	134
SG6	43,2
SG7	58,2
SG8	98
SG9	19,6

Val. medio 204,255
Val. min. 19,6
Val. max 788
Dev. Standard 260,323

Tab. 35 – Concentrazione dei Fluoruri solubili nelle singole stazioni e relative statistiche

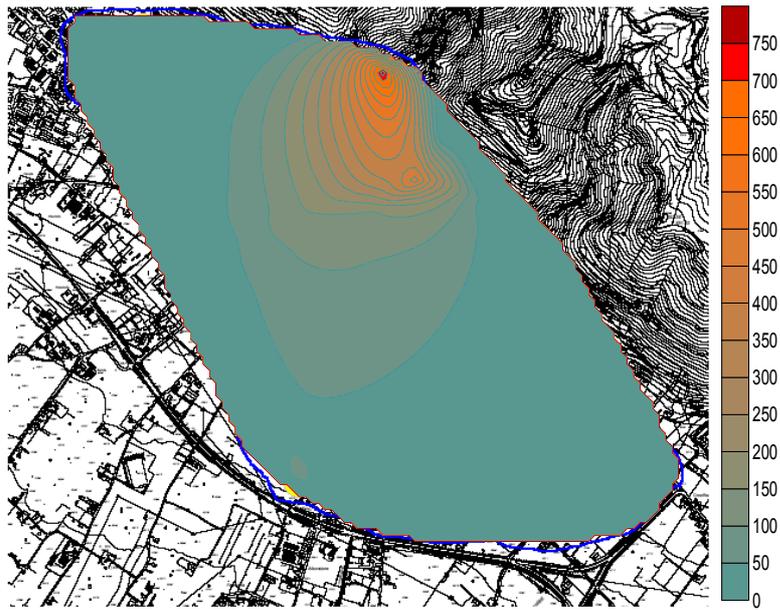


Fig. 120 – Carta della deposizione dei Fluoruri solubili con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

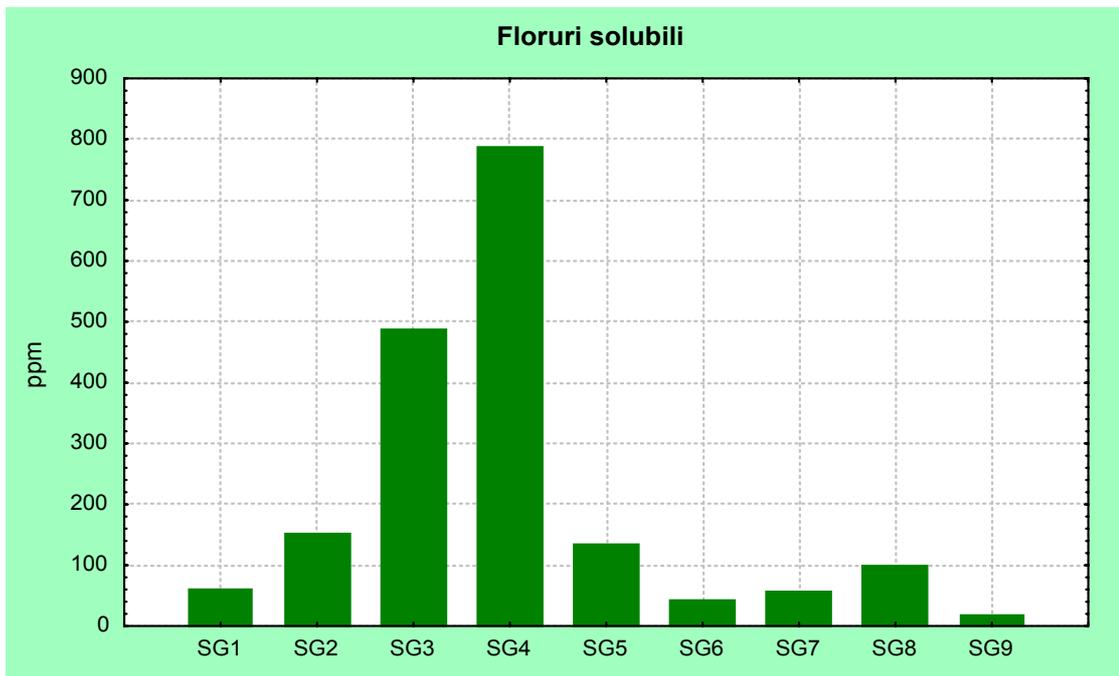


Fig. 121 – Grafico delle concentrazioni di Fluoruri solubili in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

## Solfati solubili

La concentrazione media dei Solfati solubili nei talli lichenici è stata di 2.557,444 ppm ed è risultata notevolmente incrementata rispetto al precedente anno (989,555 ppm).

I valori superano anche quelli rilevati nei rispettivi cementifici, pertanto avendo come riferimento, per Gubbio città, solo il periodo fra l'anno 2002-2003, sarebbe opportuno effettuare ulteriori verifiche per una migliore stabilità dei dati.

Staz.	ppm
SG1	1952
SG2	1296
SG3	6056
SG4	7360
SG5	1791
SG6	2092
SG7	884
SG8	851
SG9	735

Val. medio 2557,444
Val. min. 735
Val. max 7360
Dev. Standard 2426,417

Tab. 36 – Concentrazione dei Solfati solubili nelle singole stazioni e relative statistiche

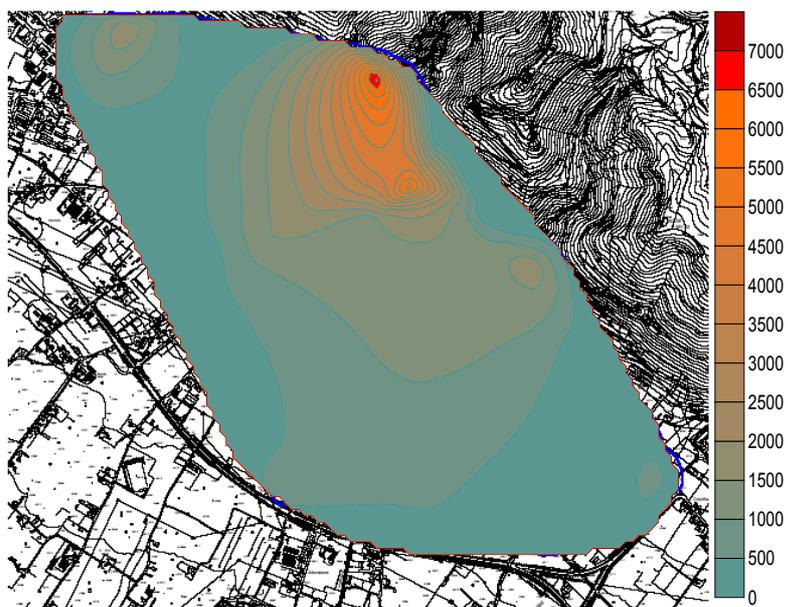


Fig. 122 – Carta della deposizione dei Solfati solubili con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

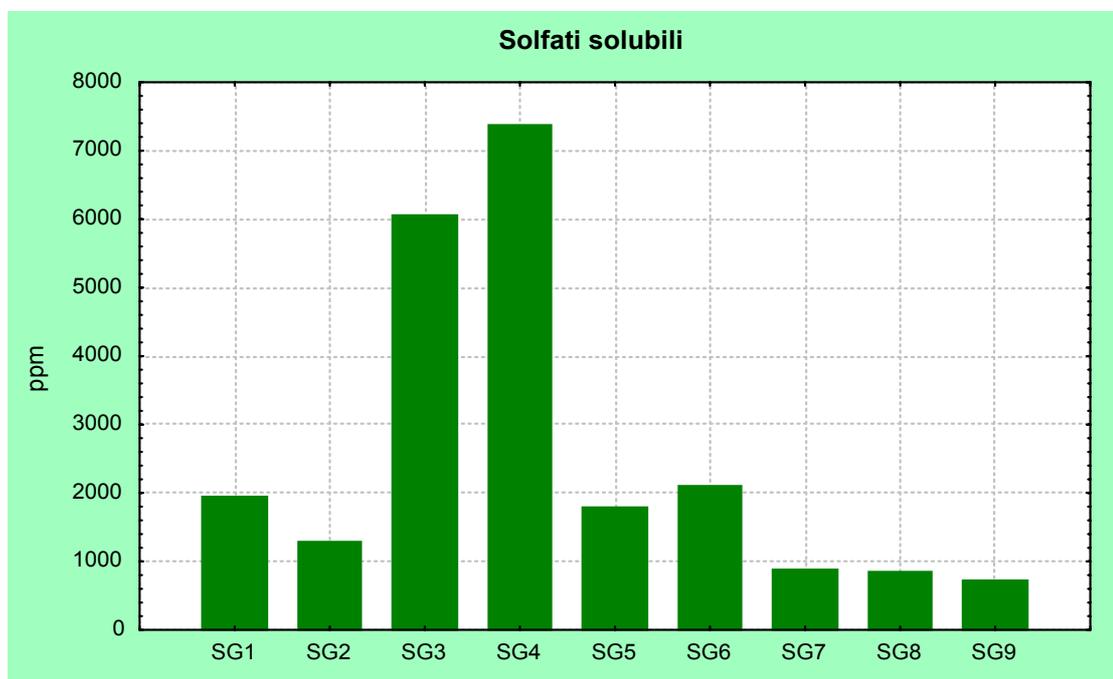


Fig. 123 – Grafico delle concentrazioni di Solfati solubili in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

## Al - Alluminio

Le concentrazioni dell'Alluminio permangono piuttosto basse ed il valore medio di 347,833 ppm risulta essere poco più alto del background nazionale che è pari a 250 ppm.

La carenza di questo elemento terrigeno all'interno della cittadina può essere messo in relazione alla mancanza dei presupposti geopedologici.

Staz.	ppm
SG1	212
SG2	887
SG3	780
SG4	156
SG5	450
SG6	232
SG7	191
SG8	185
SG9	37,5

Val. medio 347,833
Val. min. 37,5
Val. max 887
Dev. Standard 296,646

Tab. 37 – Concentrazione di Alluminio nelle singole stazioni e relative statistiche

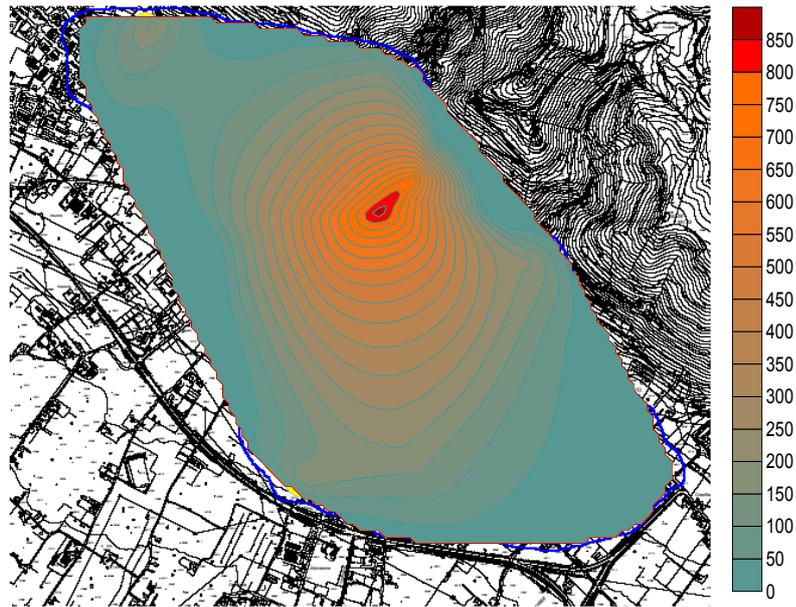


Fig. 124 – Carta della deposizione dell'Alluminio con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

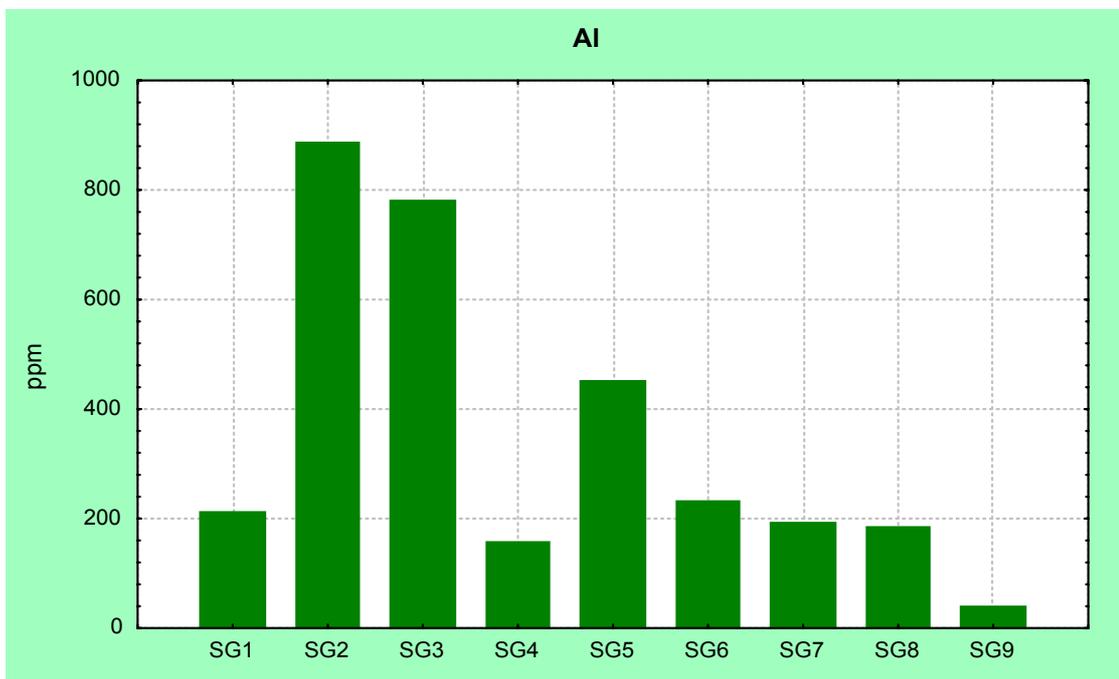


Fig. 125 – Grafico delle concentrazioni di Alluminio in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

## Arsenico - As

L'Arsenico ha confermato una modesta concentrazione ed il valore medio è risultato essere di 0,166 ppm, concentrazione inferiore anche ai precedenti monitoraggi.

Nell'area cittadina questo contaminante potenzialmente pericoloso, non rappresenta al momento un problema preoccupante.

Staz.	ppm
SG1	0,1
SG2	0,1
SG3	0,6
SG4	0,1
SG5	0,1
SG6	0,1
SG7	0,1
SG8	0,2
SG9	0,1

Val. medio 0,166
Val. min. 0,1
Val. max 0,6
Dev. Standard 0,165

Tab. 38 – Concentrazione di Arsenico nelle singole stazioni e relative statistiche

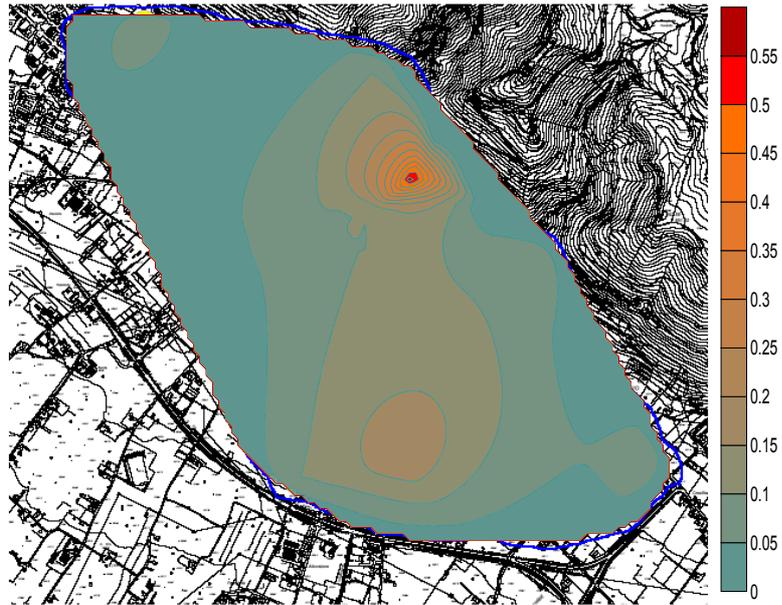


Fig. 126 – Carta della deposizione dell’Arsenico con relativa scala in ppm. L’impianto è indicato con un triangolo.

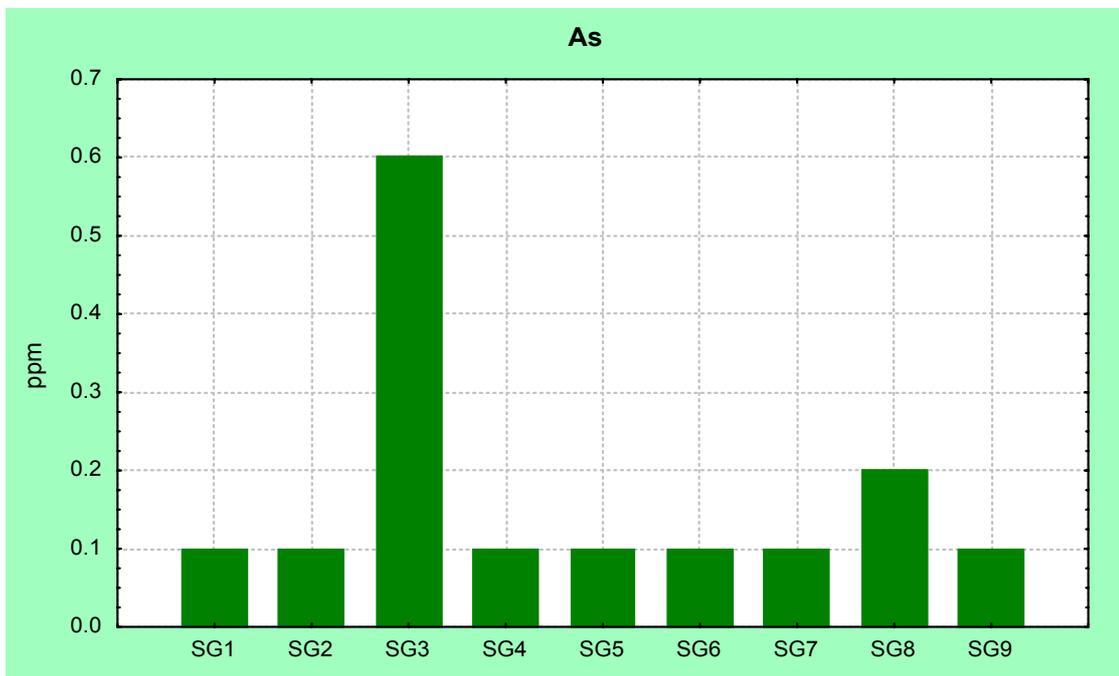


Fig. 127 – Grafico delle concentrazioni di Arsenico in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

## Cadmio - Cd

Il Cadmio ha mostrato una concentrazione media di 0,13 ppm, inferiore ai valori medi riscontrati nelle aree dei rispettivi cementifici, mentre il valore massimo rilevato ( 0,28 ppm) appartiene alla stazione SG1 che è posta NE rispetto al centro città. Complessivamente i valori del Cadmio risultano essere superiori a quelli del background nazionale che è di 0,08 ppm.

Staz.	ppm
SG1	0,28
SG2	0,21
SG3	0,12
SG4	0,11
SG5	0,08
SG6	0,15
SG7	0,1
SG8	0,05
SG9	0,07

Val. medio 0,13
Val. min. 0,05
Val. max 0,28
Dev. Standard 0,073

Tab. 39 – Concentrazione di Cadmio nelle singole stazioni e relative statistiche

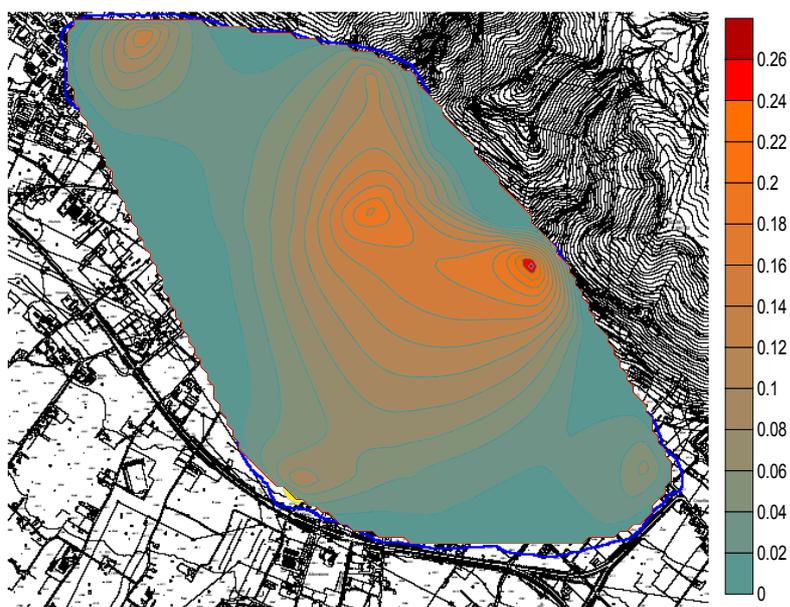


Fig. 128 – Carta della deposizione del Cadmio con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

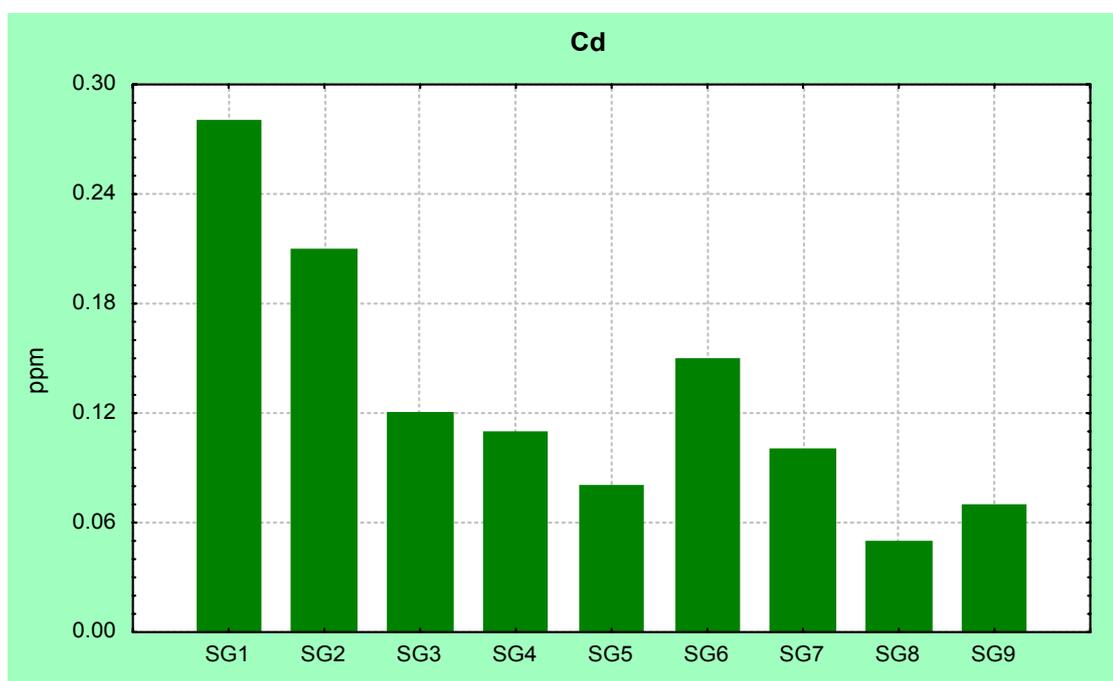


Fig. 129 – Grafico delle concentrazioni di Cadmio in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

## Cromo - Cr

La concentrazione media di Cromo nei talli lichenici è risultata essere di 1,267 ppm (background nazionale 0,98 ppm), mentre un picco piuttosto elevato, pari a 3.32 ppm, è stato rilevato in corrispondenza della stazione SG7 posta a sud di Gubbio.

Staz.	ppm
SG1	0,85
SG2	0,12
SG3	2,73
SG4	0,88
SG5	0,31
SG6	0,79
SG7	3,32
SG8	1,25
SG9	1,16

Val. medio 1,267
Val. min. 0,12
Val. max 3,32
Dev. Standard 1,069

Tab. 40 – Concentrazione di Cromo nelle singole stazioni e relative statistiche

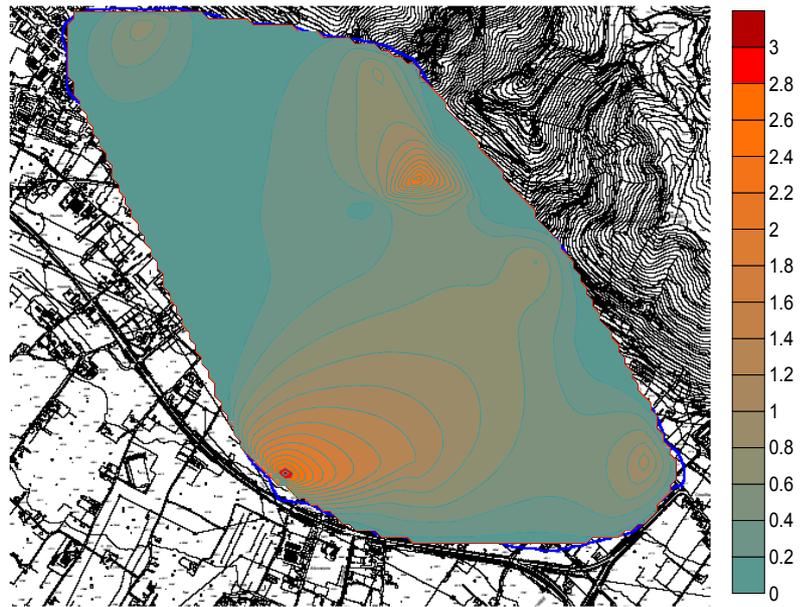


Fig. 130 – Carta della deposizione del Cromo con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

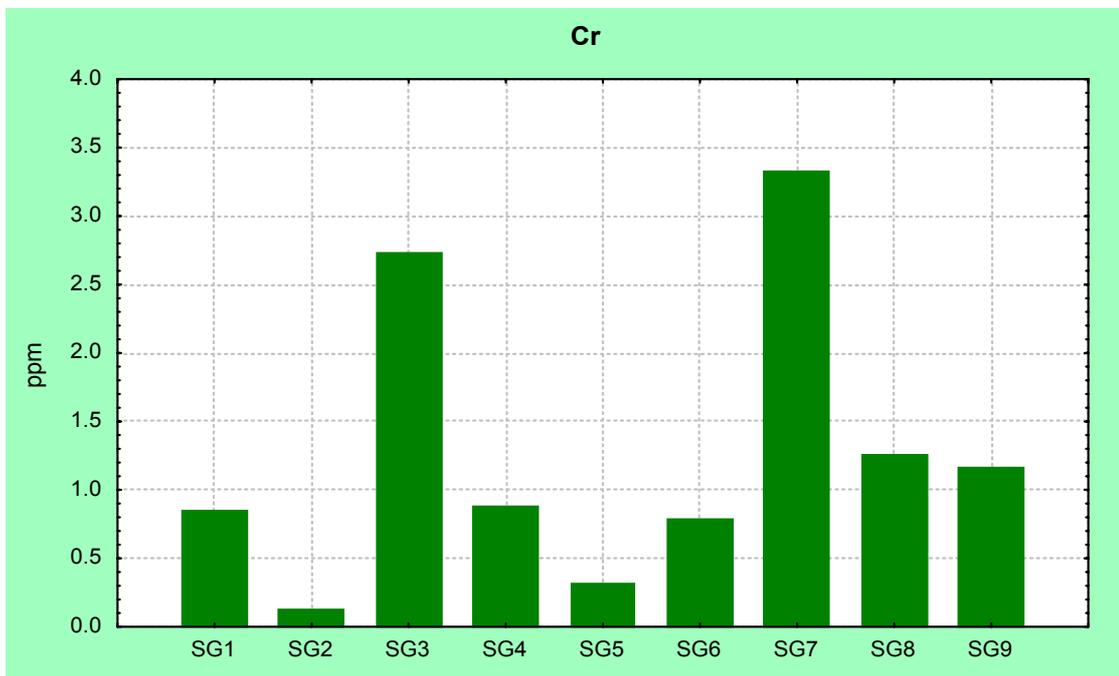


Fig. 131 – Grafico delle concentrazioni di Cromo in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

## Rame - Cu

Il Rame ha mostrato una concentrazione media di 11,634 ppm, ma il risultato ottenuto non è attendibile a causa di un picco anomalo di 82.2 ppm registrato nella stazione SG9. Ricalcolando la media escludendo questo dato incoerente, si ottiene un valore medio di accumulo di 2,813 ppm (background nazionale 4,40 ppm). Il livello di contaminazione può ritenersi minimo poiché le fonti di emissione che riguardano soprattutto il settore agricolo, non coinvolgono l'area cittadina.

Staz.	ppm
SG1	3,15
SG2	2,27
SG3	3,41
SG4	5,59
SG5	1,5
SG6	4,45
SG7	1,39
SG8	0,75
SG9	82,2

Val. medio 11,634
Val. min. 0,75
Val. max 82,2
Dev. Standard 26,507

Tab. 41 – Concentrazione di Rame nelle singole stazioni e relative statistiche

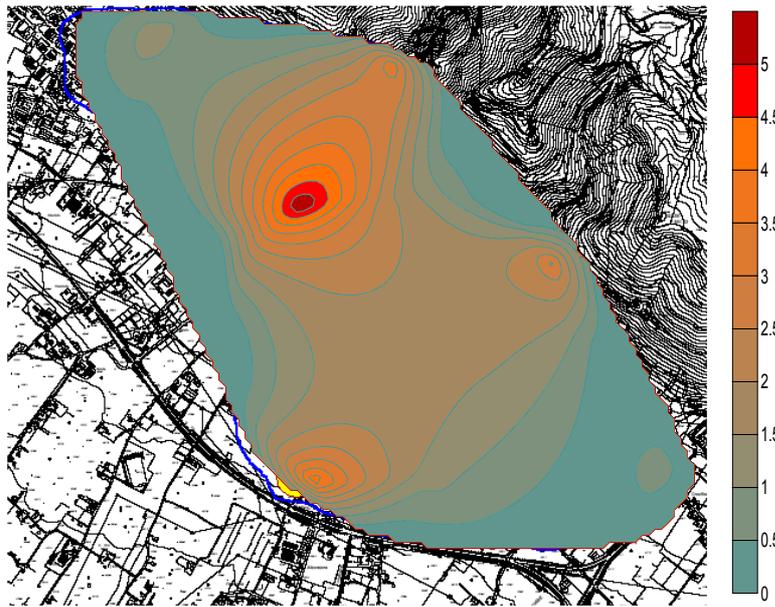


Fig. 132 – Carta della deposizione del Rame con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

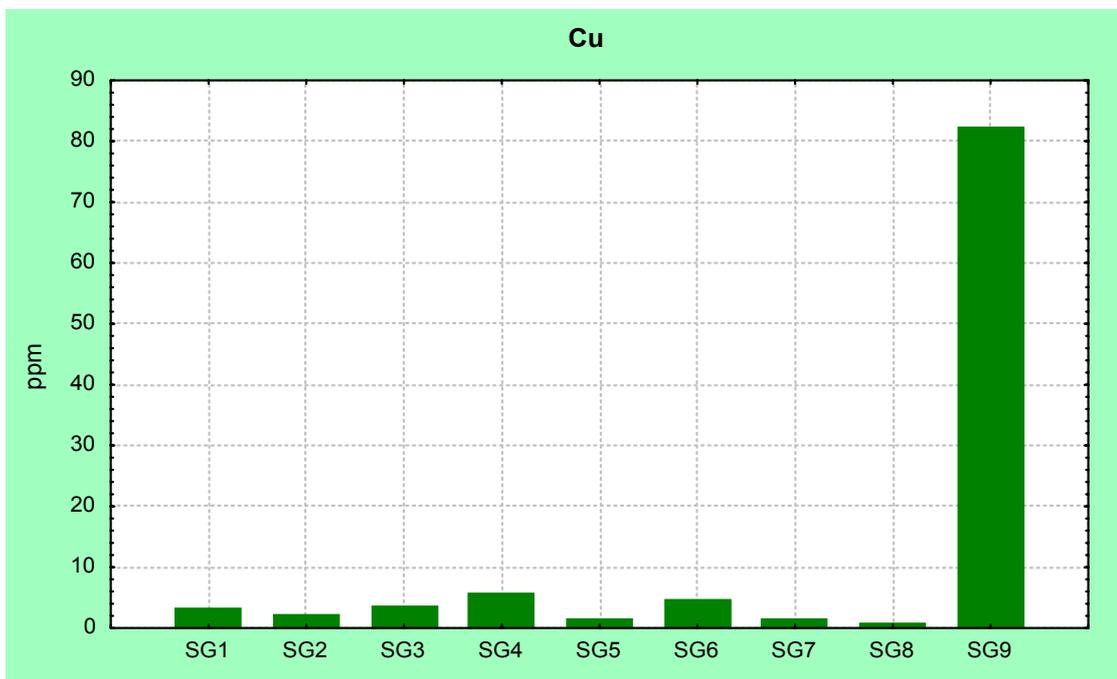


Fig. 133 – Grafico delle concentrazioni di Rame in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

## Ferro - Fe

Il Ferro è un elemento abbondante nella crosta terrestre e la sua presenza in atmosfera è legata alle caratteristiche geopedologiche dei suoli; in ambito cittadino è stata rilevata una concentrazione media di 315,433 ppm, leggermente superiore al valore di background nazionale che è pari a 230 ppm.

Staz.	ppm
SG1	154
SG2	125
SG3	1654
SG4	113
SG5	239
SG6	168
SG7	195
SG8	135
SG9	55,9

Val. medio 315,433
Val. min. 55,9
Val. max 1654
Dev. Standard 504,611

Tab. 42 – Concentrazione di Ferro nelle singole stazioni e relative statistiche

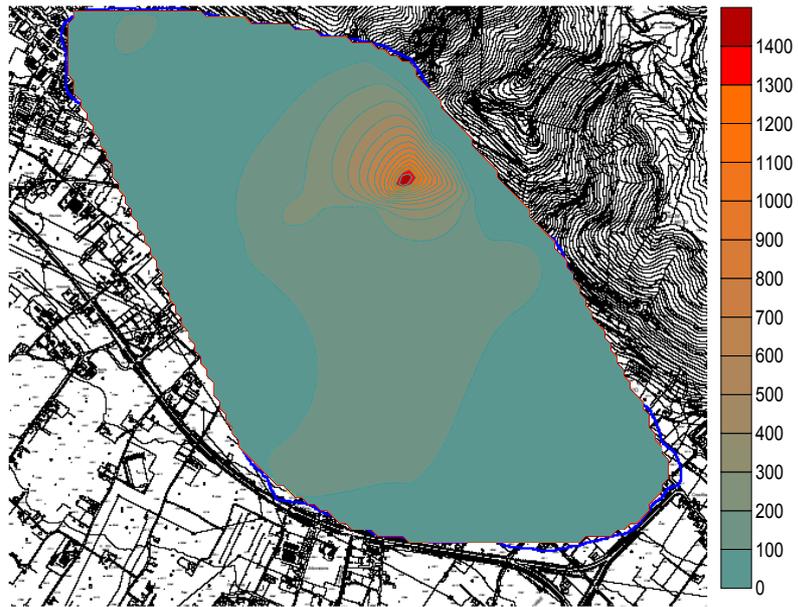


Fig. 134 – Carta della deposizione del Ferro con relativa scala in ppm.  
L'impianto è indicato con un triangolo.

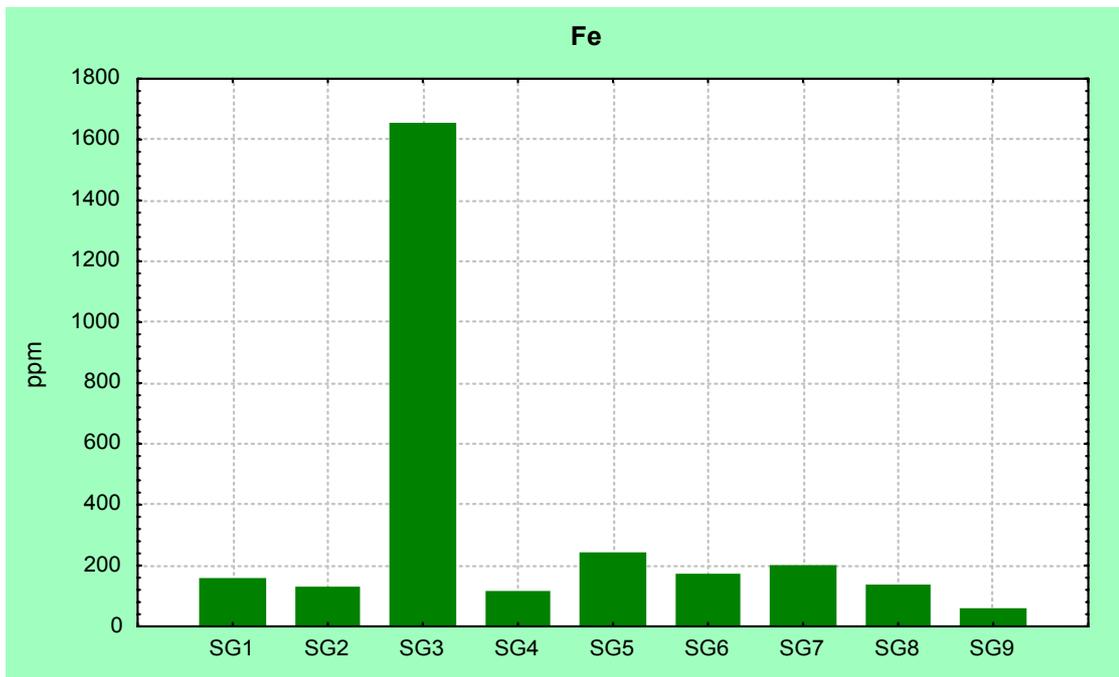


Fig. 135 – Grafico delle concentrazioni di Ferro in ogni singola stazione.  
In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

## Mercurio - Hg

Il Mercurio ha mostrato una concentrazione media di 0,112 ppm, quasi il doppio del background nazionale che è di 0,06 ppm. In corrispondenza della stazione SG9, che è posta a E della città di Gubbio, è stato rilevato il maggior picco di contaminazione che è risultato essere di 0,138 ppm.

Tuttavia, la presenza di questa concentrazione nel settore est non è del tutto rappresentativa ai fini dell'interpretazione della fonte di emissione, in quanto anche altre stazioni, poste in quadranti geografici diversi, hanno registrato concentrazioni di Mercurio leggermente inferiori a quella del picco massimo. La contaminazione di questo metallo nell'area cittadina, in ogni caso, non raggiunge livelli preoccupanti e riconferma l'andamento dell'anno precedente.

Staz.	ppm
SG1	0,104
SG2	0,110
SG3	0,112
SG4	0,120
SG5	0,107
SG6	0,152
SG7	0,119
SG8	0,078
SG9	0,110

Val. medio 0,112
Val. min. 0,078
Val. max 0,152
Dev. Standard 0,019

Tab. 43 – Concentrazione di Mercurio nelle singole stazioni e relative statistiche

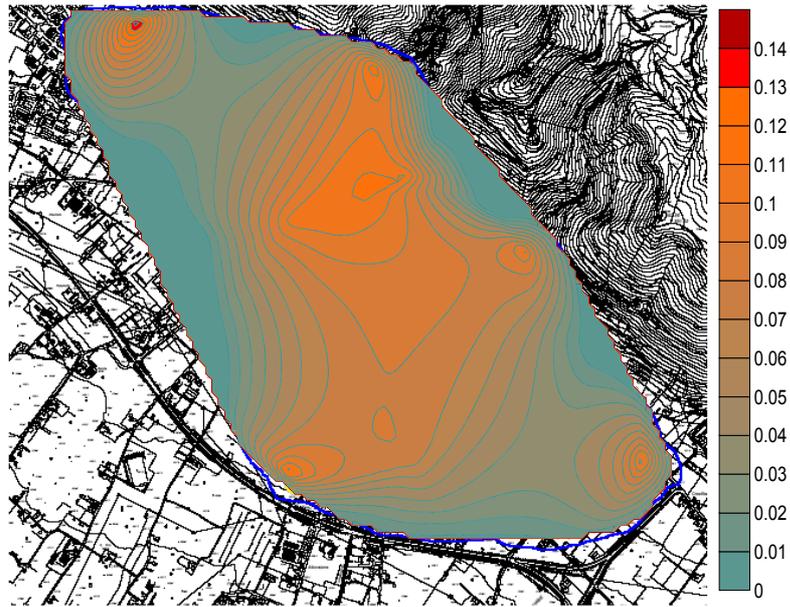


Fig. 136 – Carta della deposizione del Mercurio con relativa scala in ppm.  
L'impianto è indicato con un triangolo.

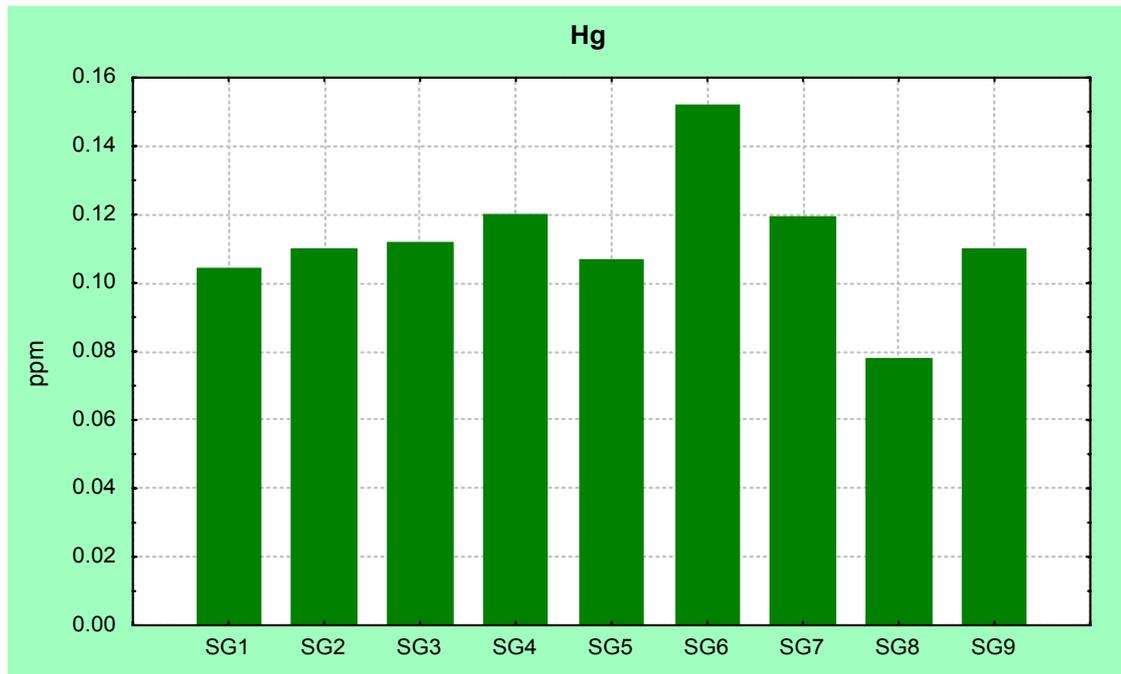


Fig. 137 – Grafico delle concentrazioni di Mercurio in ogni singola stazione.  
In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

## Nichel - Ni

La concentrazione media di Nichel nei talli lichenici è stata di 0,780 ppm, ed è leggermente superiore al valore di background nazionale che è pari a 0,50 ppm. Il valore massimo riscontrato, appartiene alla stazione SG3, posta a nord della città.

La presenza di Nichel nell'atmosfera è solitamente legata alla combustione di oli e incenerimento rifiuti.

Staz.	ppm
SG1	0,19
SG2	0,27
SG3	2,90
SG4	0,42
SG5	1,42
SG6	0,65
SG7	0,90
SG8	0,11
SG9	0,16

Val. medio 0,780
Val. min. 0,11
Val. max 2,90
Dev. Standard 0,901

Tab. 44 – Concentrazione di Nichel nelle singole stazioni e relative statistiche

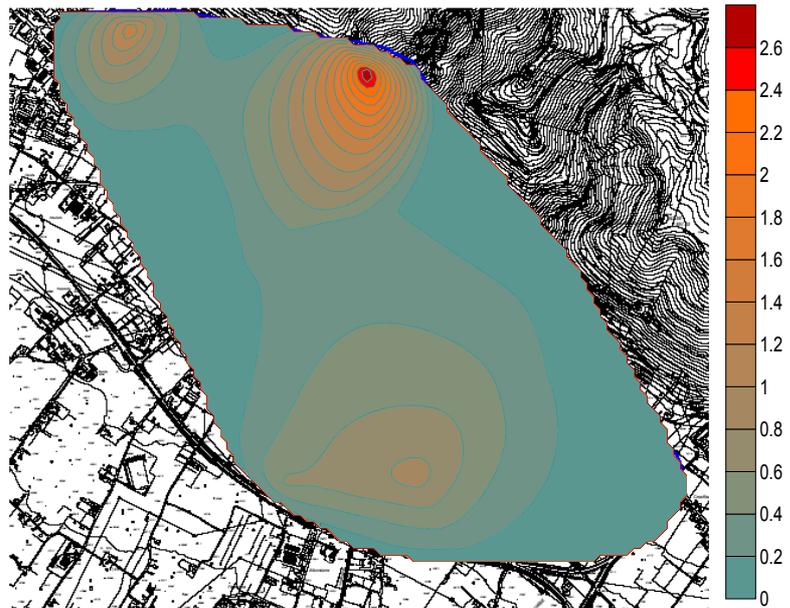


Fig. 138 – Carta della deposizione del Nichel con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

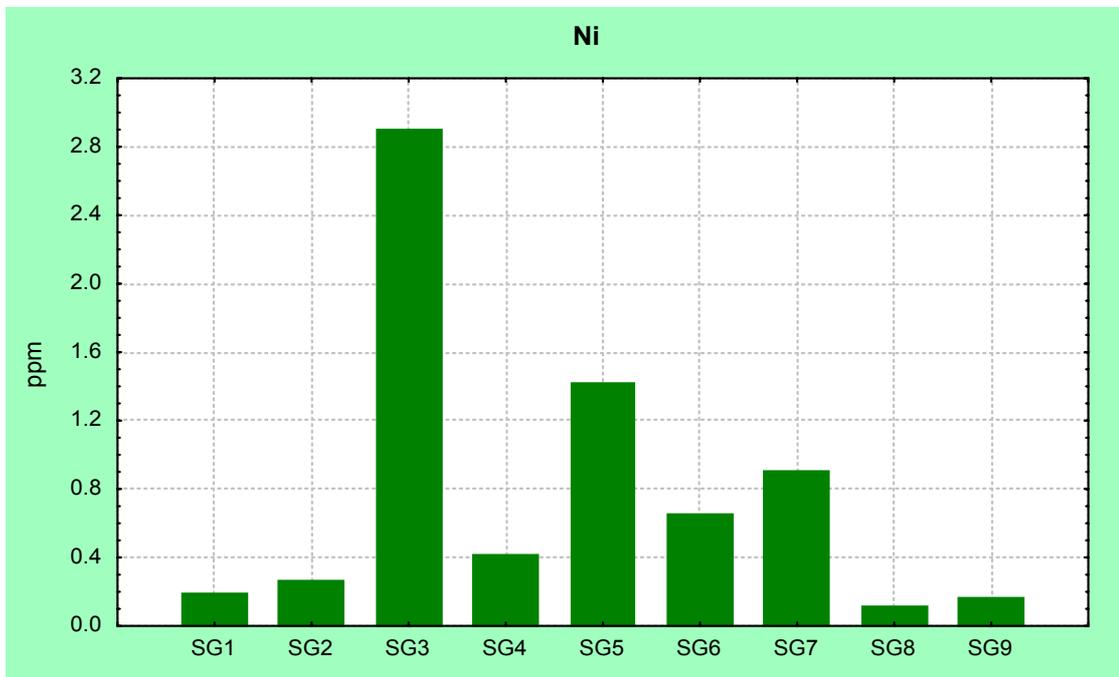


Fig. 139 – Grafico delle concentrazioni di Nichel in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

## Piombo - Pb

Il Piombo ha mostrato una concentrazione media di 7,627 ppm, valore che risulta superiore a quello rilevato nelle aree dei rispettivi cementifici. Si notano due picchi piuttosto elevati: uno di 20 ppm in corrispondenza della stazione SG4 posta a sud rispetto a Gubbio città, l'altro di 17,5 ppm nella stazione SG8 posta a est. Questi due valori devono essere ricontrollati ulteriormente, in quanto le due stazioni non sono situate in zone dove era attesa una rilevante concentrazione, anzi, la loro vicinanza a strade con un discreto traffico veicolare, non aveva fatto registrare picchi importanti nemmeno nei precedenti anni quando ancora era utilizzata la benzina rossa.

Staz.	ppm
SG1	7,24
SG2	4,75
SG3	0,64
SG4	20
SG5	4,52
SG6	0,65
SG7	6,01
SG8	17,5
SG9	7,34

Val. medio 7,627
Val. min. 0,64
Val. max 20
Dev. Standard 6,790

Tab. 45 – Concentrazione di Piombo nelle singole stazioni e relative statistiche

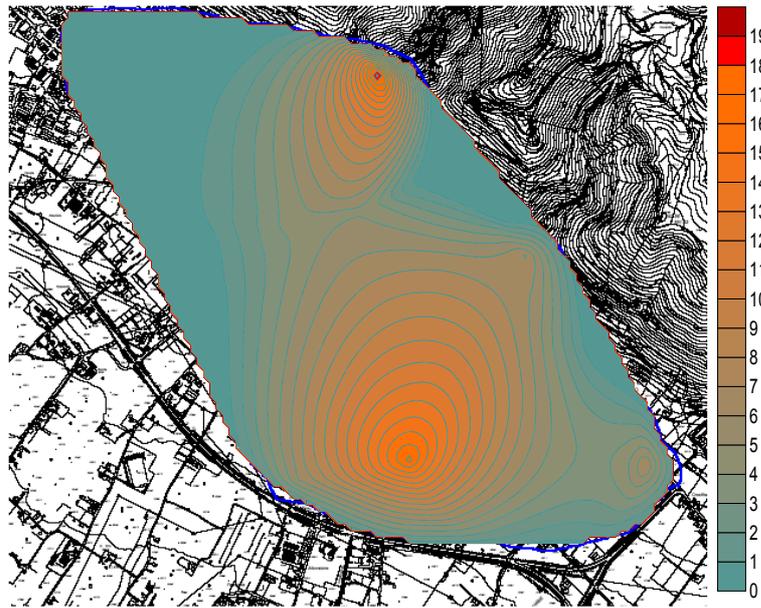


Fig. 140 – Carta della deposizione del Piombo con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

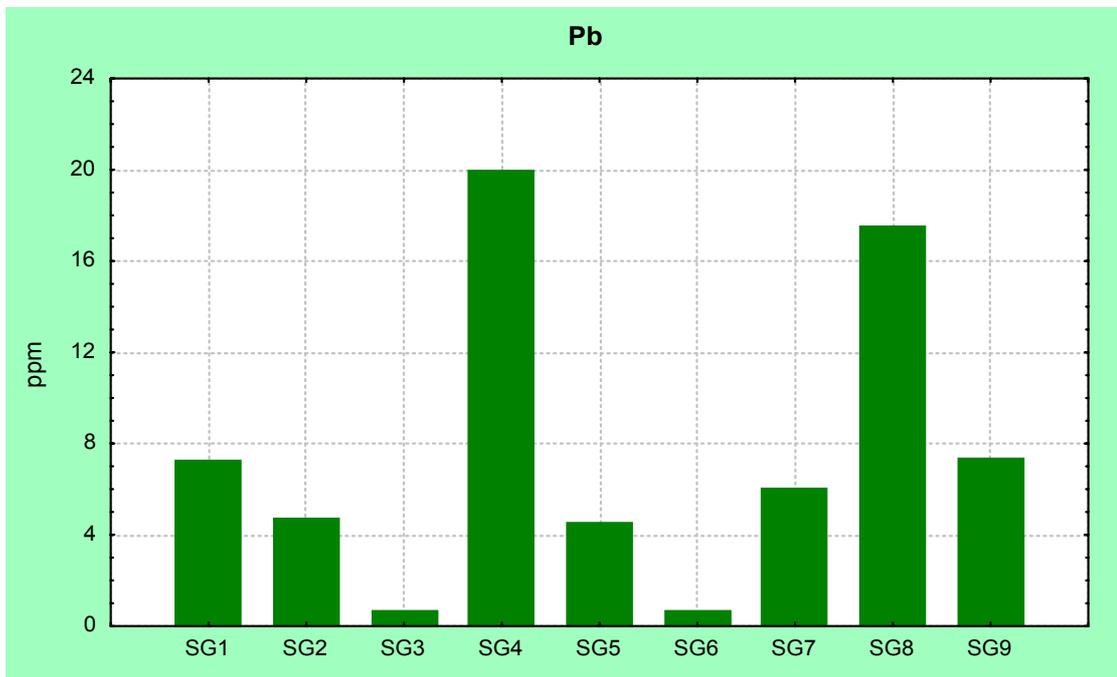


Fig. 141 – Grafico delle concentrazioni di Piombo in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

## Titanio - Ti

Il valore della concentrazione media del Titanio è stato di 65,522 ppm ed è risultato piuttosto costante con il valore del precedente anno ( 70,444 ppm ) ; mentre i valori nelle singole stazioni sono complessivamente aumentati anche se non rappresentano un livello preoccupante di contaminazione.

Staz.	ppm
SG1	63,7
SG2	62,9
SG3	133
SG4	52,8
SG5	59,5
SG6	58,4
SG7	53
SG8	59,4
SG9	47

Val. medio 65,522
Val. min. 47
Val. max 133
Dev. Standard 25,859

Tab. 46 – Concentrazione di Titanio nelle singole stazioni e relative statistiche

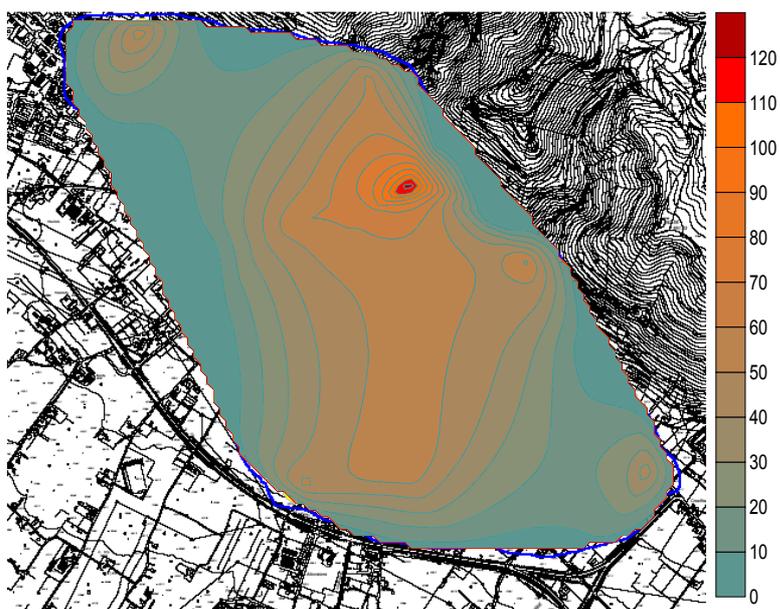


Fig. 142 – Carta della deposizione del Titanio con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

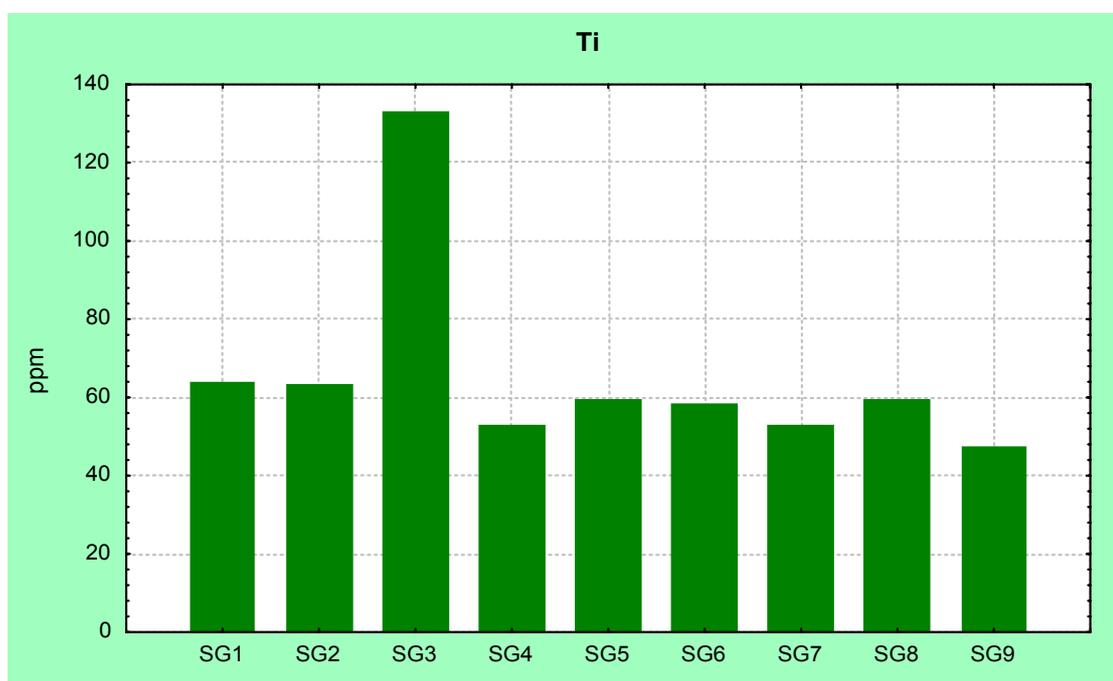


Fig. 143 – Grafico delle concentrazioni di Titanio in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

## Vanadio - V

I valori delle concentrazioni di questo contaminante nei talli lichenici sono stati piuttosto bassi; il valore medio è stato di 1,7 ppm, valore leggermente inferiore a quello dell'anno precedente (2,085 ppm).

Staz.	ppm
SG1	1,52
SG2	1,25
SG3	3,13
SG4	1,48
SG5	1,52
SG6	2,20
SG7	1,45
SG8	1,38
SG9	1,37

Val. medio 1,7
Val. min. 1,25
Val. max 3,13
Dev. Standard 0,6

Tab. 47 – Concentrazione di Vanadio nelle singole stazioni e relative statistiche

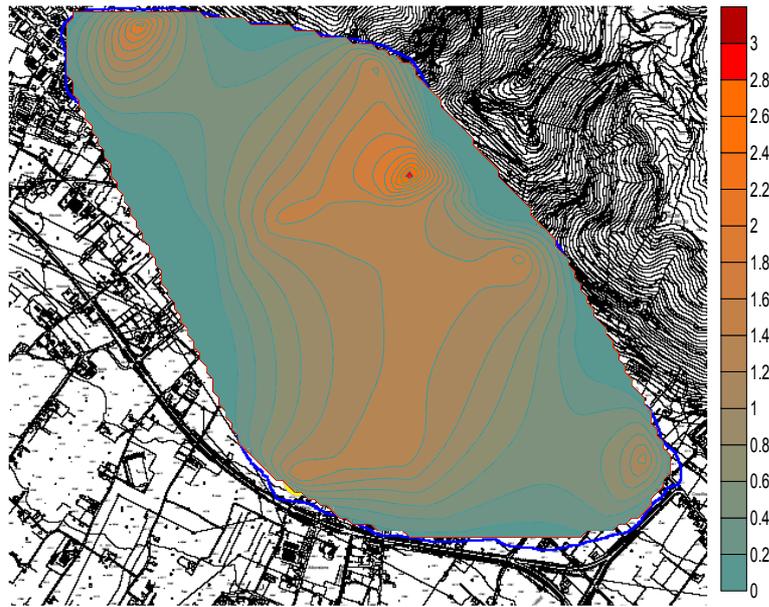


Fig. 144 – Carta della deposizione del Vanadio con relativa scala in ppm. L'impianto è indicato con un triangolo.

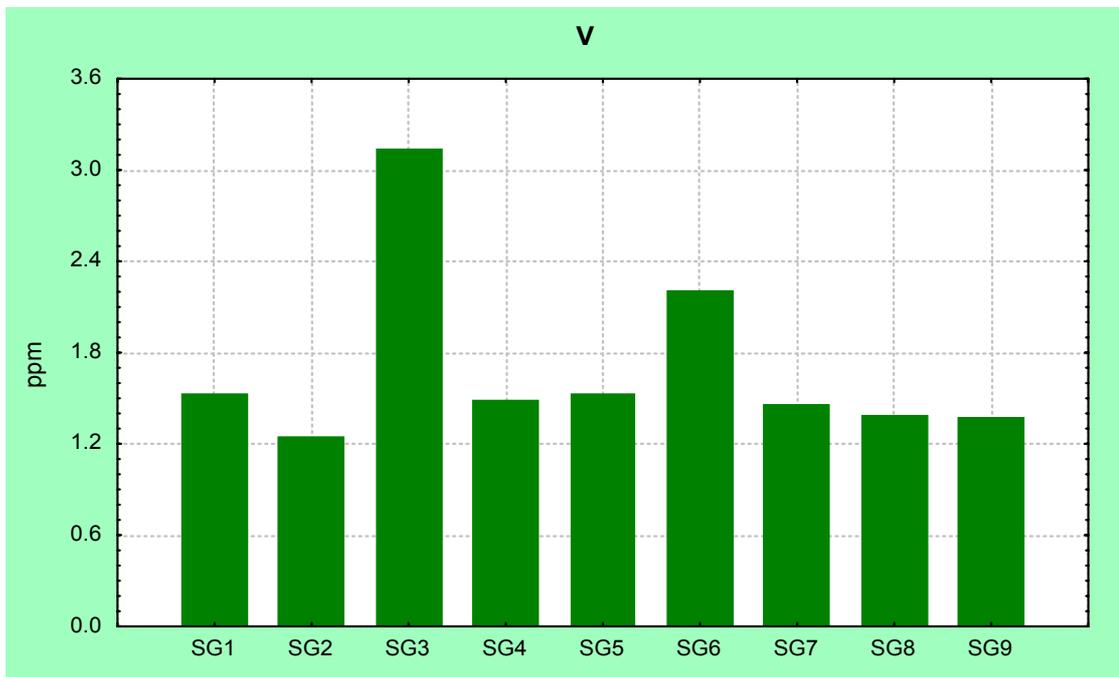


Fig. 145 – Grafico delle concentrazioni di Vanadio in ogni singola stazione. In ascissa il progressivo delle stazioni e in ordinata i valori delle concentrazioni espressi in ppm.

## GRAFICI DI CONFRONTO

Grafici di confronto tra due anni di indagine relativi all'area G

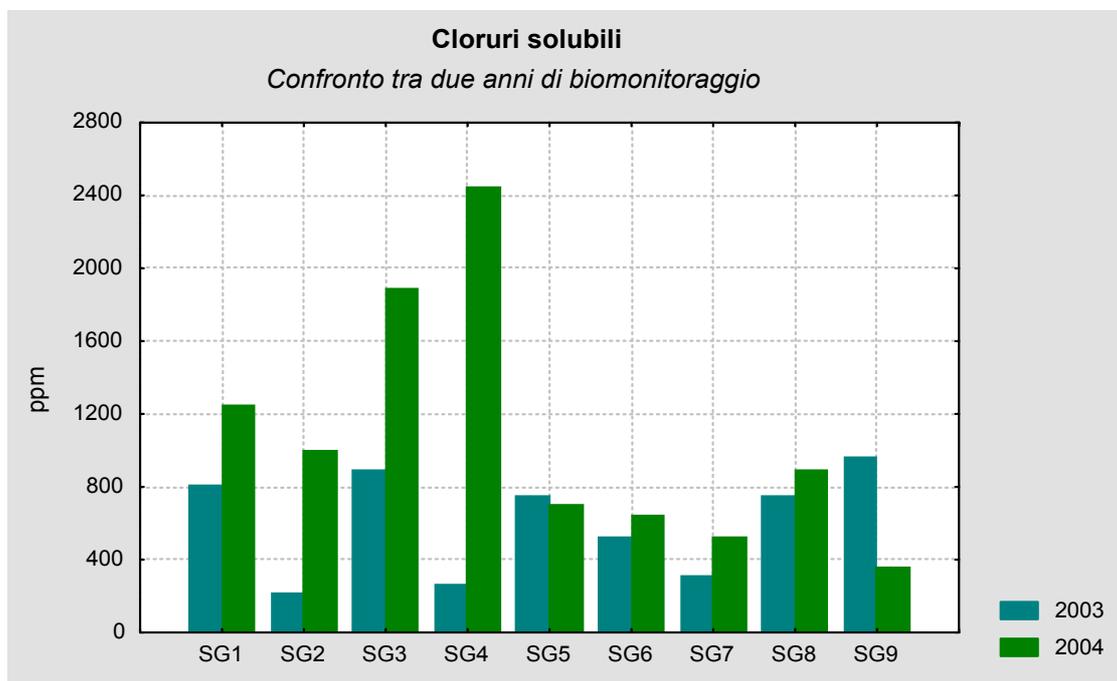


Fig. 146 – Grafico di confronto tra le concentrazioni di Cloruri solubili, rilevate in ogni singola stazione, nei due anni di biomonitoraggio con i licheni.

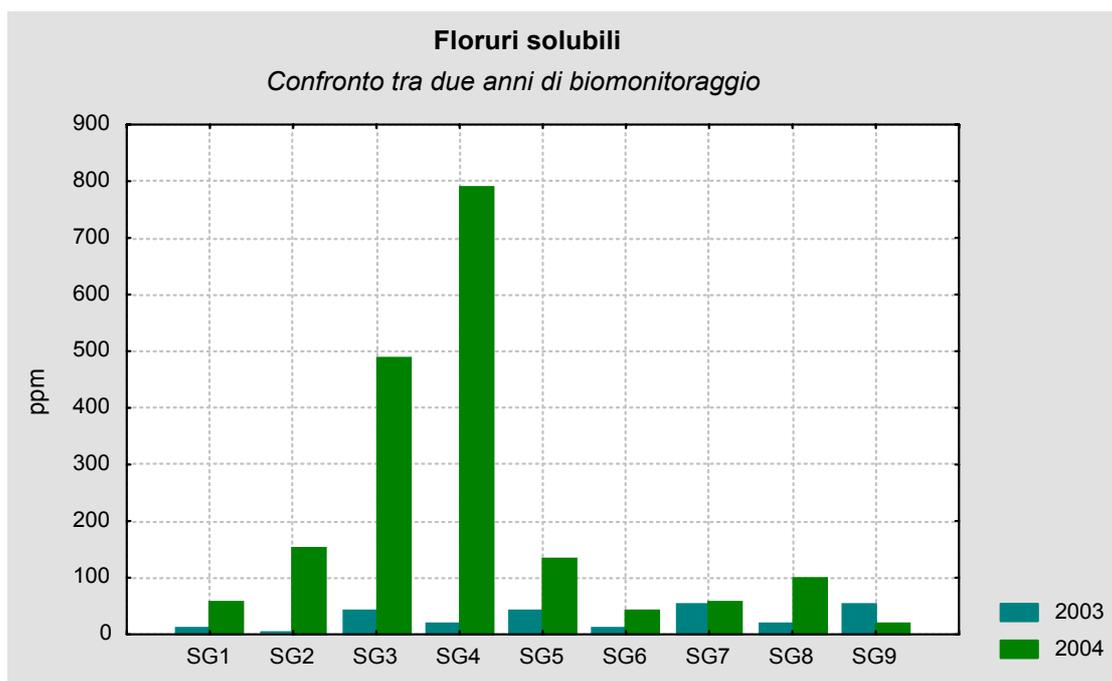


Fig. 147 – Grafico di confronto tra le concentrazioni di Fluoruri solubili, rilevate in ogni singola stazione, nei due anni di biomonitoraggio con i licheni.

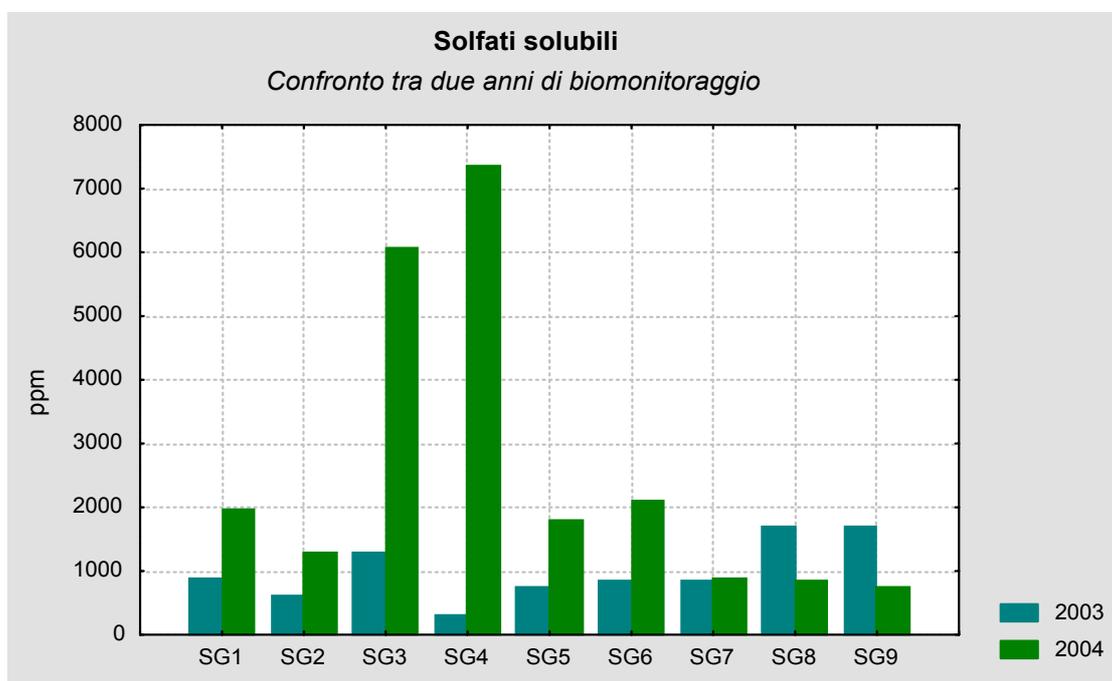


Fig. 148 – Grafico di confronto tra le concentrazioni di Solfati solubili, rilevate in ogni singola stazione, nei due anni di biomonitoraggio con i licheni.

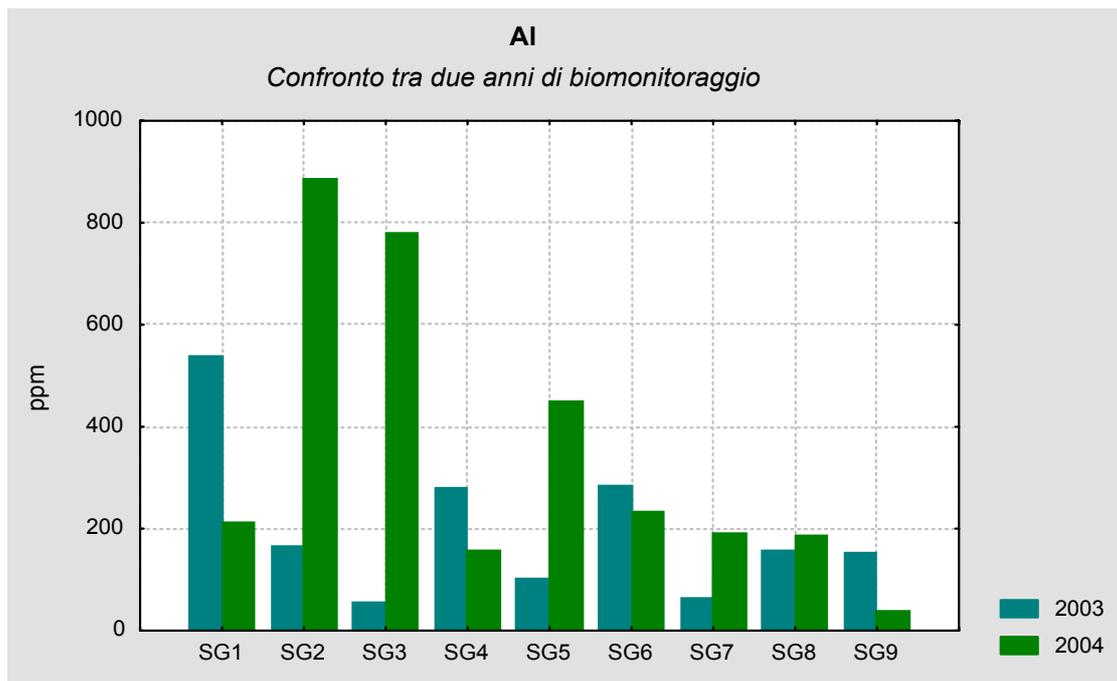


Fig. 149 – Grafico di confronto tra le concentrazioni di Alluminio, rilevate in ogni singola stazione, nei due anni di biomonitoraggio con i licheni.

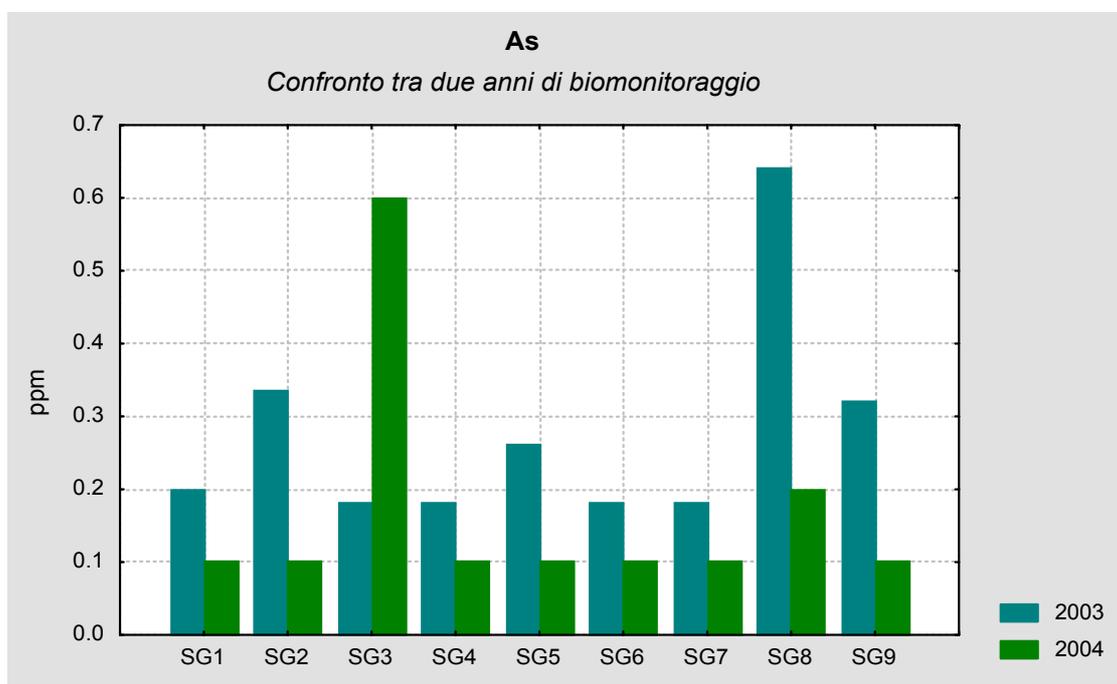


Fig. 150 – Grafico di confronto tra le concentrazioni di Arsenico, rilevate in ogni singola stazione, nei due anni di biomonitoraggio con i licheni.

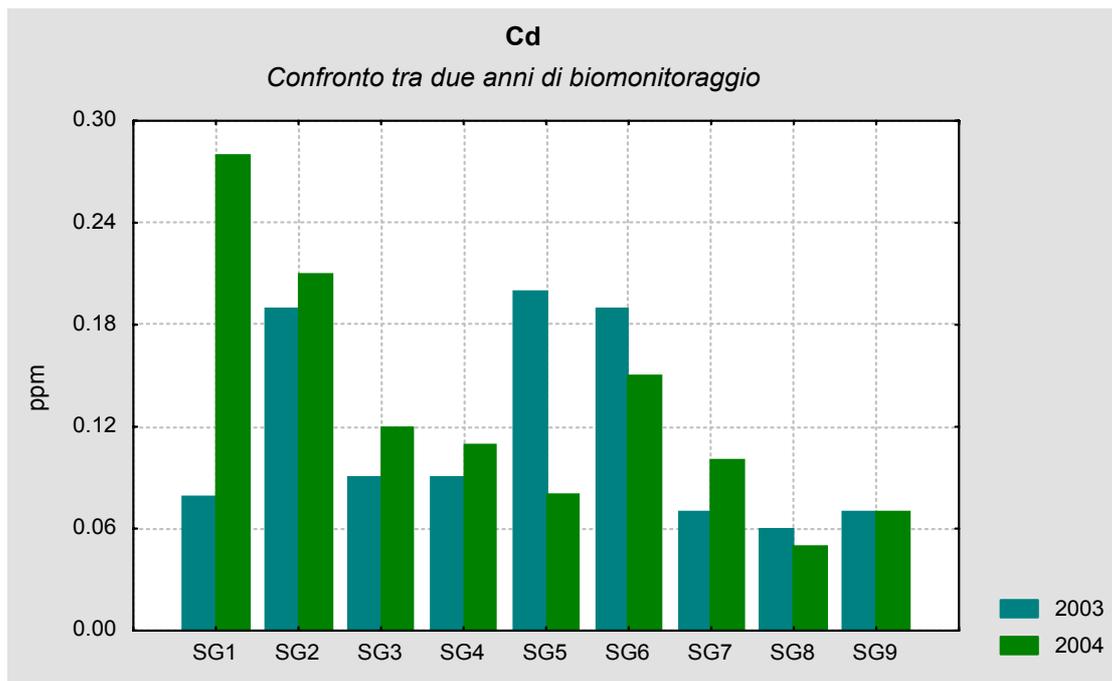


Fig. 151 – Grafico di confronto tra le concentrazioni di Cadmio, rilevate in ogni singola stazione, nei due anni di biomonitoraggio con i licheni.

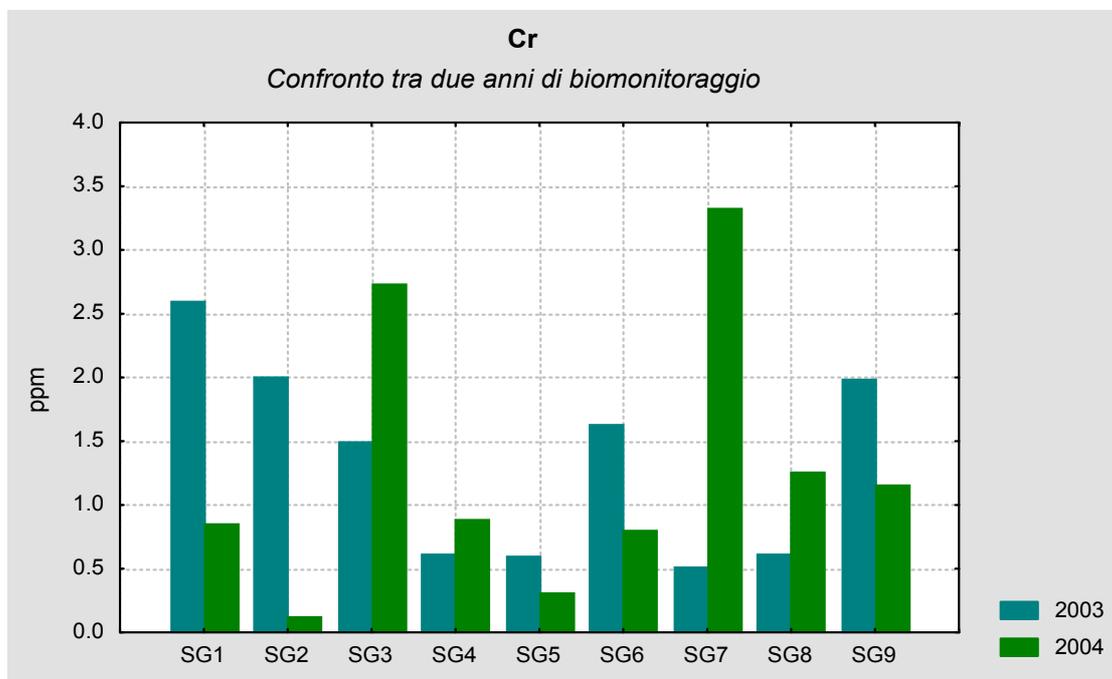


Fig. 152 – Grafico di confronto tra le concentrazioni di Cromo, rilevate in ogni singola stazione, nei due anni di biomonitoraggio con i licheni.

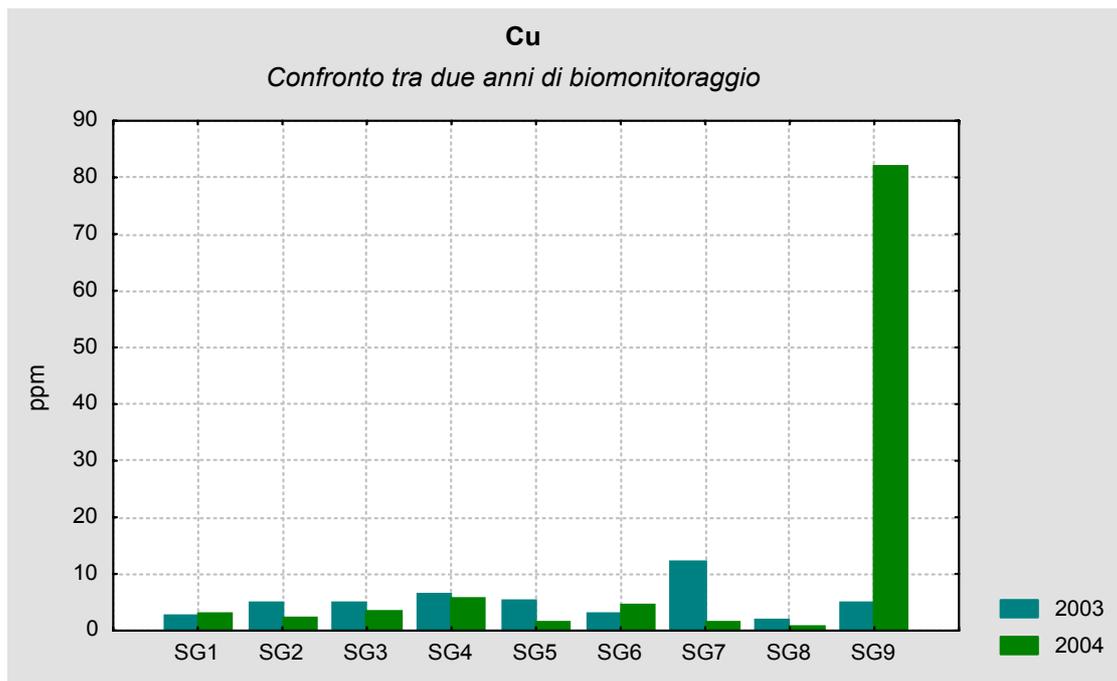


Fig. 153 – Grafico di confronto tra le concentrazioni di Rame rilevate in ogni singola stazione, nei due anni di biomonitoraggio con i licheni.

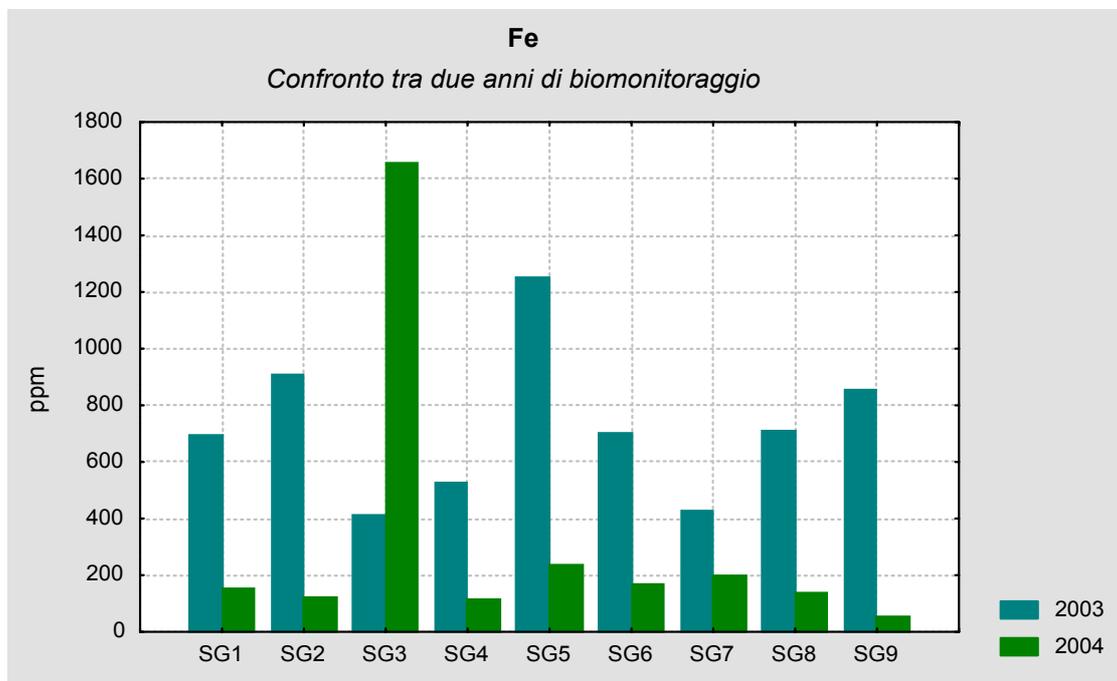


Fig. 154 – Grafico di confronto tra le concentrazioni di Ferro, rilevate in ogni singola stazione, nei due anni di biomonitoraggio con i licheni.

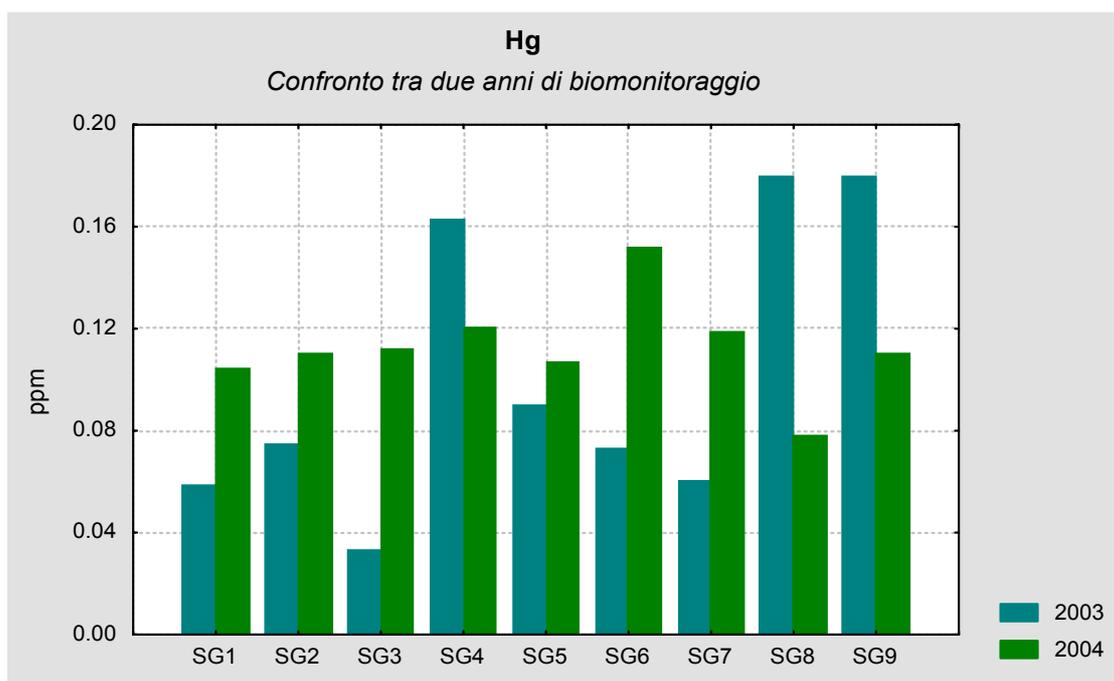


Fig. 155 – Grafico di confronto tra le concentrazioni di Mercurio, rilevate in ogni singola stazione, nei due anni di biomonitoraggio con i licheni.

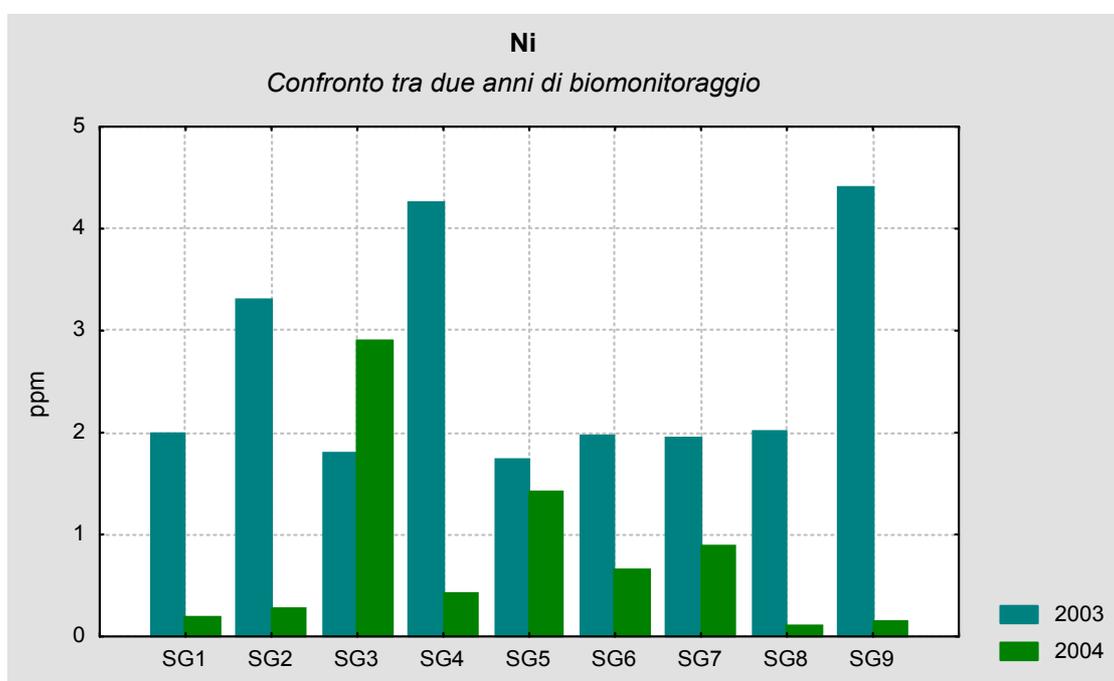


Fig. 156 – Grafico di confronto tra le concentrazioni di Nichel, rilevate in ogni singola stazione, nei due anni di biomonitoraggio con i licheni.

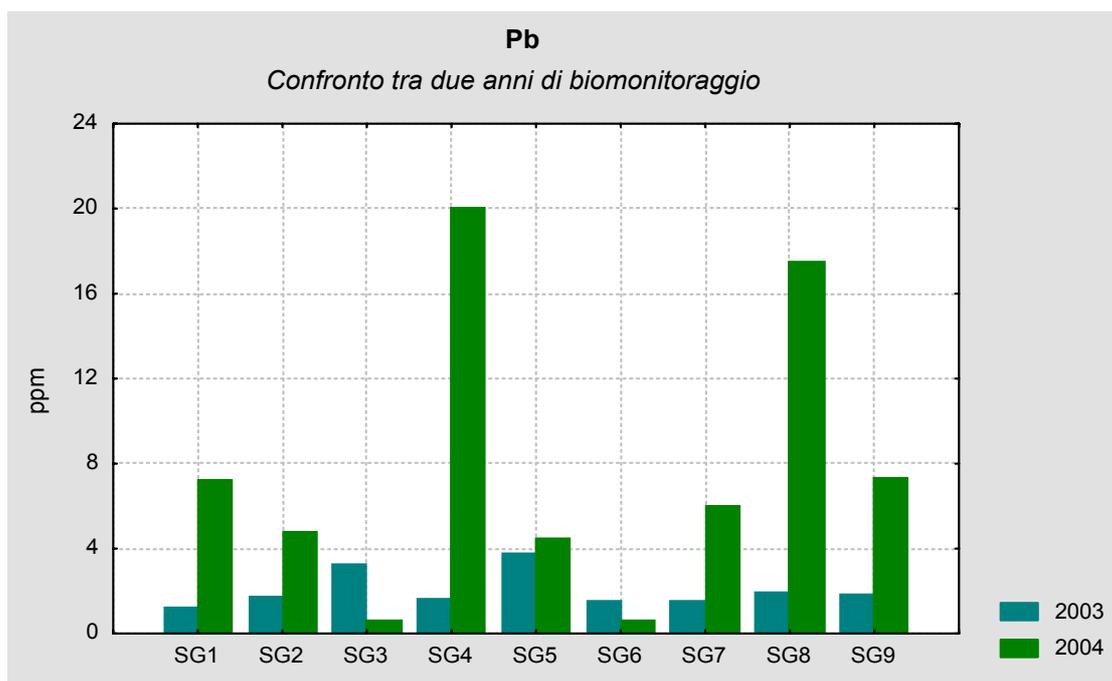


Fig. 157 – Grafico di confronto tra le concentrazioni di Piombo, rilevate in ogni singola stazione, nei due anni di biomonitoraggio con i licheni.

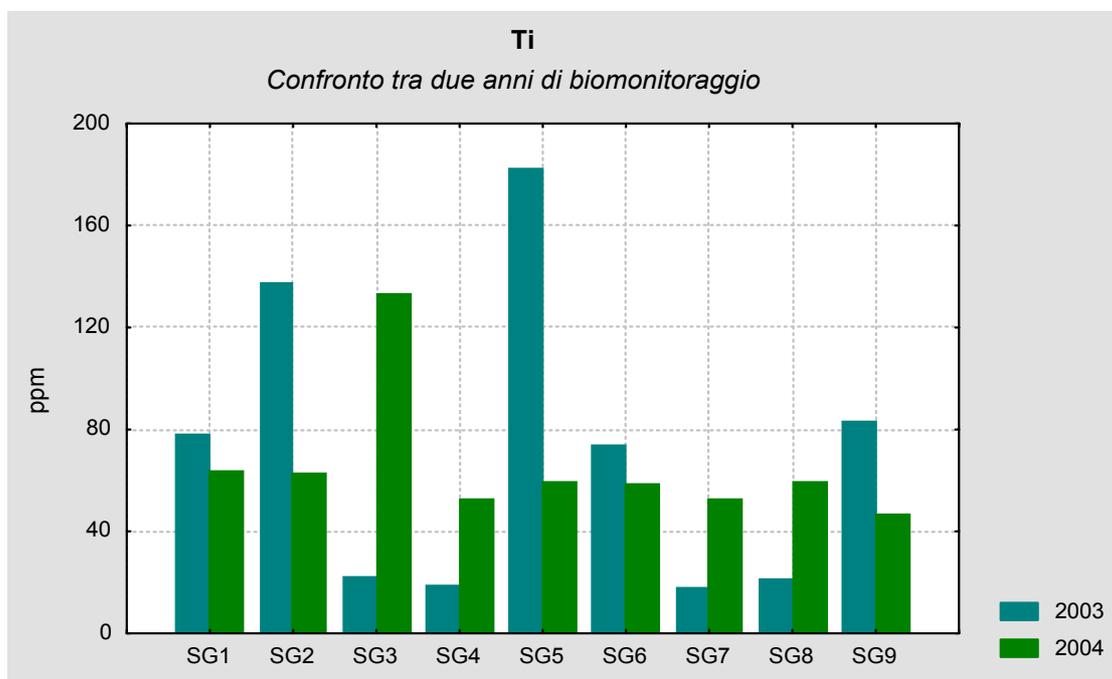


Fig. 158 – Grafico di confronto tra le concentrazioni di Titanio, rilevate in ogni singola stazione, nei due anni di biomonitoraggio con i licheni.

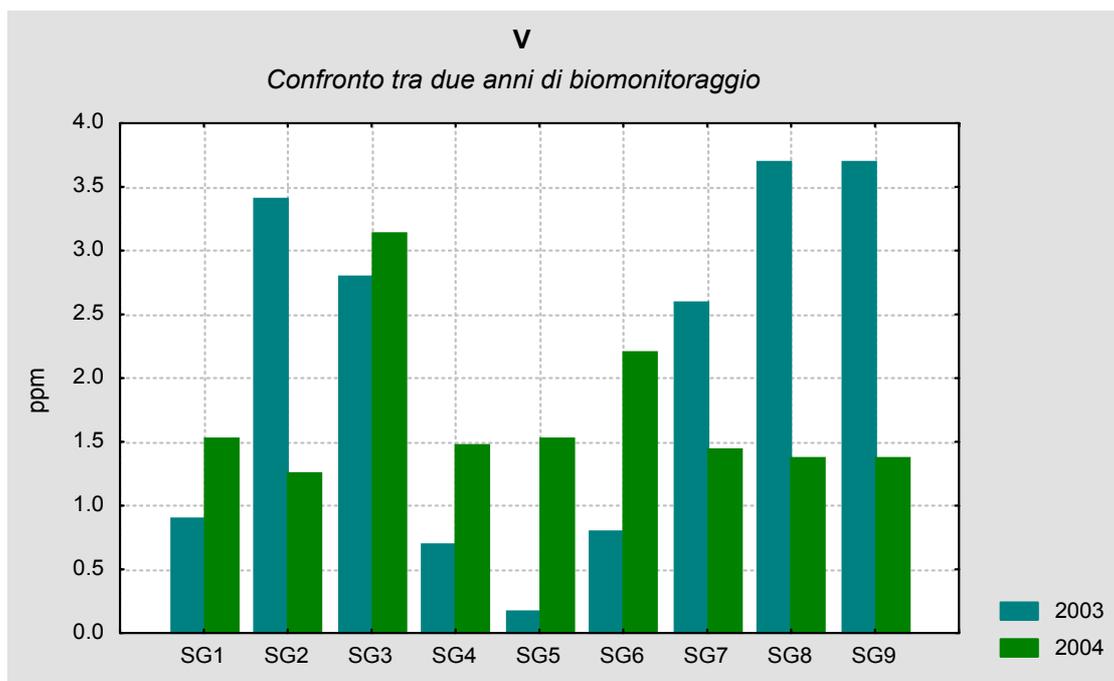


Fig. 159 – Grafico di confronto tra le concentrazioni di Vanadio, rilevate in ogni singola stazione, nei due anni di biomonitoraggio con i licheni.

### 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. 48) 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	blu
50° percentile	2	Nat. alta	verde
75° percentile	3	Nat. media	verde chiaro
90° percentile	4	Nat./alter. Basse	giallo
95° percentile	5	Alter. media	arancione
98° percentile	6	Alter. alta	rosso
	7	Alter. molto alta	porpora

Tab. 48 – Scala percentile dei livelli di naturalità/alterazione

Cementificio Barbetti											
	S1B	S2B	S3B	S4B	S6B	S7B	S8B	S9B	S10B	S11B	S12B
<b>Al</b>	Green	Blue	Green	Light Green	Blue	Yellow	Green	Blue	Blue	Blue	Blue
<b>As</b>	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Light Green	Blue	Blue	Blue	Blue	Green
<b>Cd</b>	Yellow	Blue	Blue	Blue	Blue	Light Green	Blue	Blue	Blue	Blue	Green
<b>Cr</b>	Green	Blue	Green	Blue	Green	Orange	Light Green	Light Green	Green	Green	Green
<b>Cu</b>	Blue	Green	Blue	Light Green							
<b>Fe</b>	Blue	Blue	Green	Blue	Blue	Yellow	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
<b>Hg</b>	Green	Light Green	Green	Green	Green						
<b>Ni</b>	Yellow	Green	Green	Blue	Blue	Light Green	Light Green	Blue	Blue	Blue	Green
<b>Pb</b>	Green	Blue	Blue	Blue	Green	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Green
<b>Ti</b>	Yellow	Yellow	Orange	Yellow	Yellow	Red	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Yellow
<b>V</b>	Light Green	Yellow	Light Green								

Tab 49 – Tabella dei livelli naturalità/alterazione (anno 2003-04) riferiti ad ogni singola stazione. Sono omessi i dati di Cloruri, Fluoruri e Solfati solubili perché non inseriti nelle tabelle A.N.P.A.

Cementificio Colacem										
	S1C	S2C	S3C	S4C	S5C	S6C	S7C	S8C	S9C	
<b>Al</b>	Green	Green	Light Green	Green	Yellow	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	
<b>As</b>	Green	Green	Blue	Blue	Green	Light Green	Green	Green	Green	
<b>Cd</b>	Blue	Blue	Blue	Light Green	Blue	Green	Blue	Blue	Green	
<b>Cr</b>	Light Green	Green	Light Green	Light Green	Green	Blue	Blue	Blue	Blue	
<b>Cu</b>	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	
<b>Fe</b>	Green	Green	Orange	Green	Red	Dark Red	Red	Orange	Orange	
<b>Hg</b>	Yellow	Green	Green	Green	Light Green	Yellow	Green	Green	Light Green	
<b>Ni</b>	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow	Light Green	Blue	
<b>Pb</b>	Blue	Blue	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Blue	
<b>Ti</b>	Dark Red	Orange	Yellow	Red	Red	Red	Red	Light Green	Yellow	
<b>V</b>	Dark Red	Red	Red	Yellow	Yellow	Dark Red	Green	Yellow	Light Green	

Tab 50 – Tabella dei livelli naturalità/alterazione (anno 2003-04) riferiti ad ogni singola stazione. Sono omessi i dati di Cloruri, Fluoruri e Solfati solubili perché non inseriti nelle tabelle A.N.P.A.

<b>Area cementificio Barbetti</b>			
	<b>primo anno</b>	<b>secondo anno</b>	<b>terzo anno</b>
	2001/2002	2002/2003	2003/2004
<b>Al</b>			
<b>As</b>			
<b>Cd</b>			
<b>Cr</b>			
<b>Cu</b>			
<b>Fe</b>			
<b>Hg</b>			
<b>Ni</b>			
<b>Pb</b>			
<b>Ti</b>			
<b>V</b>			

Tab. 51 – Quadro riepilogativo elaborato in base ai valori medi dei tre anni di biomonitoraggio svolto nell'area del cementificio Barbetti.

<b>Area cementificio Colacem</b>			
	<b>primo anno</b>	<b>secondo anno</b>	<b>terzo anno</b>
	2001/2002	2002/2003	2003/2004
<b>Al</b>			
<b>As</b>			
<b>Cd</b>			
<b>Cr</b>			
<b>Cu</b>			
<b>Fe</b>			
<b>Hg</b>			
<b>Ni</b>			
<b>Pb</b>			
<b>Ti</b>			
<b>V</b>			

Tab. 52 – Quadro riepilogativo elaborato in base ai valori medi dei tre anni di biomonitoraggio svolto nell'area del cementificio Colacem.

La seguente tabella, è stata ottenuta dall'elaborazione dei valori medi rilevati nel corso dei due anni di biomonitoraggio svolto nella città di Gubbio. I valori in ppm ottenuti, sono stati trasformati nella scala di naturalità /alterazione (Tab. 48).

<b>Area Gubbio città</b>		
	primo anno	secondo anno
	2002/2003	2003/2004
<b>Al</b>		
<b>As</b>		
<b>Cd</b>		
<b>Cr</b>		
<b>Cu</b>		
<b>Fe</b>		
<b>Hg</b>		
<b>Ni</b>		
<b>Pb</b>		
<b>Ti</b>		
<b>V</b>		

Tab. 53 – Quadro riepilogativo elaborato in base ai valori medi dei due anni di biomonitoraggio svolto a Gubbio città.

## CONCLUSIONI

Il presente lavoro è stato commissionato dalla Provincia di Perugia nel 2001, al fine di ottenere un quadro conoscitivo sulla rilevanza dell'inquinamento da metalli pesanti nell'area eugubina, sede di due importanti impianti industriali quali il cementificio Barbetti ed il cementificio Colacem.

La campagna di biomonitoraggio ha interessato il triennio 2001-2004 ed è stata strutturata in tre cicli annuali utilizzando talli lichenici espantati di *Xanthoria parietina*.

Questo studio effettuato utilizzando i licheni come bioaccumulatori, rappresenta l'utilizzo di una metodica ben collaudata ma mai applicata precedentemente nel comune di Gubbio ed ha permesso di ottenere una ricca documentazione di dati, nonché di verificare le dinamiche di ricaduta degli inquinanti sul territorio.

Sono stati analizzati: un gruppo di 3 composti (Cloruri, Fluoruri e Solfati solubili) e 11 elementi (Alluminio, Arsenico, Cadmio, Cromo, Rame, Ferro, Mercurio, Nichel, Piombo, Titanio, Vanadio).

Tre le aree interessate dallo studio: Semonte, sede delle cementerie Barbetti, Ghigiano sede della Colacem e Gubbio città. Le aree sono state trattate separatamente al fine di circoscrivere le sorgenti

di emissione con un'alta densità di campionamento e verificare eventuali ricadute di inquinanti sul centro abitato di Gubbio.

I risultati indicano che nell'area di Semonte, il gruppo dei composti ha avuto un costante aumento nell'arco dei 3 anni. I **Cloruri solubili**, sono passati dai 157,608 ppm medi del primo anno (2001/2002), ai 651,083 ppm del secondo anno (2002/2003) fino ai 1176 ppm del terzo anno (2003/2004).

La dispersione dei Cloruri solubili tende a mantenersi principalmente nelle aree poste a Est, Sud e Ovest rispetto al cementificio, mentre meno interessato è risultato essere il quadrante geografico a Nord.

Anche i **Fluoruri solubili** presentano un incremento costante nel triennio, passando da 23,191 ppm medi del primo anno (2001-2002), ai 61,433 ppm del secondo (2002-2003) fino ai 395,917 ppm del terzo anno (2003-2004).

La loro diffusione è disposta principalmente lungo un asse Est-Ovest, andamento peraltro simile a quello dei Cloruri.

I **Solfati solubili** sono stati determinati solamente nel secondo e terzo anno e mostrano, come nei due casi precedenti, un costante aumento delle concentrazioni medie nel biennio di biomonitoraggio. Nel 2002-2003, la concentrazione media dei Solfati nei talli lichenici era di 1555,917 ppm ed è passata a 2524,417 ppm nel periodo 2003-2004. La diffusione di questo inquinante ha riguardato soprattutto il quadrante Ovest nel secondo anno e quello Est nel terzo.

Questi composti, sembrano essere accumulati da un modello di dispersione che interessa principalmente i quadranti geografici ad Est e ad Ovest del cementificio Barbetti.

Per quanto riguarda i tre composti descritti, si precisa che non sono ancora redatti i dati sui valori delle concentrazioni a livello nazionale (come invece avviene per quasi tutti i metalli), ed è per questo motivo che sono stati esclusi dall'elaborazione delle scale di naturalità/alterazione o da altri mezzi interpretativi. Tuttavia, è stato ritenuto utile inserirli nell'elenco degli inquinanti da indagare, in quanto è sembrato doveroso interessarsi a composti particolarmente reattivi. Pertanto, il confronto e i commenti sull'andamento delle concentrazioni di questo gruppo di inquinanti riguarda solamente i valori stimati, sul territorio eugubino, nel triennio d'indagine.

**Cadmio e Ferro**, sono i metalli che si sono stabilizzati al 20° percentile, naturalità molto alta della scala naturalità/alterazione, con valori che è bene ricordare sono riferiti a quelli medi. Localmente, i valori massimi rilevati nelle singole stazioni, hanno evidenziato concentrazioni più consistenti: 0,510 ppm (anno 2001-2002) in corrispondenza della stazione S2B posizionata a Nord-Ovest del cementificio, 0,216 ppm (anno 2002-2003) nella stazione S12B a Sud, e 0,66 ppm (anno 2003-

2004) sempre nella stazione S12B. Quest'ultima, che ha segnalato per 2 anni consecutivi la maggior concentrazione di Cadmio, era posizionata in un'area rurale destinata a colture.

Il Cadmio in particolare, è un metallo tossico anche a basse concentrazioni, ed essendo poco abbondante in natura, la sua presenza in atmosfera è legata soprattutto ad attività antropogenica, specialmente all'incenerimento di rifiuti (Nriagu, 1989) o all'utilizzo di fertilizzanti e pesticidi; il Ferro, al contrario è un elemento abbondante nella crosta terrestre e la sua presenza è legata soprattutto alle caratteristiche geopedologiche dei suoli e non è particolarmente pericoloso dal punto di vista tossicologico.

L' **Arsenico** e il **Mercurio**, mostrano valori medi stabili al 50° percentile nel secondo e terzo anno, mantenendosi ad un livello di naturalità alta. L'aliquota di Arsenico emessa nell'atmosfera a seguito di attività antropiche, riguarda soprattutto la combustione di carbon fossile (Bencko *et al.* 1996), (Floccia *et al.* 2003) e ben nota è la sua ecotossicità.

Il Mercurio disperso in atmosfera deriva soprattutto dalle attività antropiche, come ad esempio la combustione di carbone fossile (Purves, 1985) ed è nota inoltre, la sua azione tossicologica a livello del sistema nervoso (Lauwerys, 1980). Nell'area di Semonte le zone esposte a Ovest del sito industriale risultano le più interessate dalla dispersione di questo contaminante, che tuttavia non raggiunge livelli di concentrazioni preoccupanti, nonostante l'incremento registrato successivamente al primo anno.

Il **Vanadio** è passato dal 95° percentile del primo anno al 75° del secondo e terzo anno, ed è rimasto quindi costante ad una naturalità media. Per quanto riguarda le principali sorgenti antropogeniche del Vanadio, il contributo maggiore è dato da combustibili come petrolio e carbone (EPA, 1977).

Il **Rame** e il **Piombo**, mostrano un miglioramento nel terzo anno, passando entrambi al 20° percentile (Naturalità molto alta). Localmente, le maggiori concentrazioni di Rame nei talli lichenici, sono state rilevate a Sud dell'impianto, in corrispondenza di aree destinate ad attività agricole. Questo metallo, è utilizzato nei pesticidi e fungicidi (Floccia *et al.* 2003) e la quantità di accumulo nei talli lichenici è spesso correlata alle aree agricole.

Nel caso del Piombo, un interessante contributo al miglioramento delle concentrazioni di questo inquinante, è stato dato dall'eliminazione delle benzine al Piombo, come verificato nella stazione ubicata nelle immediate vicinanze del bivio della strada della Contessa in cui le concentrazioni sono progressivamente scese dal 2001 in poi.

L'**Alluminio** non ha raggiunto, nei tre anni di studio, livelli di concentrazione importanti pur considerando i valori massimi. E' un elemento terrigeno abbondante in natura e la sua tossicità non risulta potenzialmente pericolosa per la salute umana.

Il **Cromo**, dopo un miglioramento delle concentrazioni medie registrato nel secondo anno (2002-2003), nel terzo anno si è stabilizzato intorno al 75° percentile (naturalità media) come già rilevato nel corso del primo anno. Tuttavia elevate concentrazioni di questo metallo, sono state spesso ritrovate nella stazione S7B posizionata nelle vicinanze della cava di Petazzano, con un massimo di 8,63 ppm, che inquadra questo contaminante al 95° percentile (alterazione media).

La presenza di Cromo in atmosfera è legata principalmente all'industria galvanica, industria per la concia delle pelli, combustione di combustibili fossili e cementifici (Goyer, 2000).

Il Cromo è ritenuto un metallo da monitorare per la sua pericolosità; l'esposizione a questo metallo induce rischi per la salute umana (Langart & Norseth, 1986).

Le concentrazioni medie di **Nichel**, nei primi due anni di studio (2001-2003), sono rimaste costanti intorno al 90° percentile (naturalità/alterazione bassa) mentre i valori massimi rilevati nelle singole stazioni di monitoraggio si attestano al di sopra di tale percentile. Durante il primo e secondo anno, infatti, sono stati registrati picchi piuttosto elevati, compresi tra il 95° ed il 98° percentile della scala di naturalità/alterazione. Questi livelli di alterazione, si sono manifestati, principalmente nel quadrante geografico Nord-Est rispetto al cementificio.

Durante il terzo anno, i livelli di contaminazione da Nichel si sono stati più contenuti e non solo per quanto riguarda il valore medio delle concentrazioni ma anche per i singoli valori delle stazioni.

Il **Titanio** ha mostrato nel triennio sempre valori piuttosto elevati, oscillando dal 95° percentile (alterazione media) del primo anno, al 98° percentile (alterazione alta) del secondo anno, fino ad un miglioramento nel terzo anno che lo colloca al 90° percentile (naturalità bassa/alterazione bassa). Complessivamente in quest'area, secondo il profilo tracciato mediante l'interpretazione dei dati, si è avuto un miglioramento nel terzo anno (2003-2004). Rimangono a livello locale livelli di contaminazione un po' più elevati che determinano, in base alle concentrazioni e alla potenziale pericolosità dei contaminanti, un fattore di maggiore criticità.

Una di queste aree è stata individuata in corrispondenza della stazione installata nelle vicinanze della cava di Petazzano in cui, nel triennio di monitoraggio, i valori delle concentrazioni sono stati costantemente elevati rispetto alle altre aree. Un'altra area da segnalare è quella del tratto stradale della Contessa, in cui la parte valliva che si interseca con i rilievi sembra funzionare come un canale di vettoriamento degli inquinanti. E' d'obbligo precisare che quest'area sembra risentire più della pressione del traffico veicolare (pesante e non) che dell'effetto del cementificio e che i talli lichenici, installati nelle immediate vicinanze del piano stradale, sono stati danneggiati a distanza di poche settimane probabilmente a causa della notevole presenza di polveri aereodisperse.

Questo dato è stato confermato anche dalle osservazioni effettuate sulle alberature, che mostravano una scarsa o totale assenza di specie licheniche (deserto lichenico).

Per quanto riguarda l'area di Padule, interessata dall'insediamento industriale del cementificio Colacem di Ghigiano, si ribadisce che i composti (Cloruri, Fluoruri e Solfati solubili) sono esclusi dall'elaborazione della scala di naturalità/alterazione o da altri mezzi interpretativi, in quanto non sono ancora redatti i dati sui valori delle concentrazioni a livello nazionale. Pertanto il confronto e i commenti sull'andamento delle concentrazioni di questo gruppo di contaminanti, è limitato ai valori stimati nel triennio.

Nel secondo anno d'indagine (2002-2003) la concentrazione media di **Cloruri solubili**, è lievemente diminuita rispetto al 2001-2002, mentre ha mostrato un aumento (concentrazione media = 1322,89 ppm) nell'ultimo anno di studio (2003-2004).

I **Fluoruri solubili** hanno mostrato un andamento simile a quello dei Cloruri solubili nell'arco del triennio: dopo una riduzione delle concentrazioni medie rilevate nel secondo anno, nel terzo anno si sono registrati aumenti sia nei valori medi generali (concentrazione media = 266,69 ppm) che nei valori assoluti relativi alle singole stazioni di monitoraggio.

I **Solfati solubili**, pur essendo stati monitorati solo negli ultimi due anni d'indagine, hanno mostrato al pari degli altri composti studiati un incremento delle concentrazioni medie, passate dai 1505,889 ppm nel 2002-2003, ai 2640,444 ppm nel 2003-2004.

Da quanto emerge sull'andamento di questi composti, c'è da notare che tutti hanno seguito (a prescindere dalle proprie concentrazioni) la stessa oscillazione nelle concentrazioni medie osservate nel triennio di studio evidenziando inoltre, lo stesso modello deposizionale orientato principalmente nelle aree poste a Sud e Nord dell'impianto.

Per quanto riguarda l'**Alluminio** e l'**Arsenico** sono rimasti saldamente stabili nel corso del triennio, il primo al 90° percentile (naturalità e alterazione basse), mentre il secondo al 75° percentile (naturalità media). L'Alluminio è un elemento di natura tipicamente terrigena e le concentrazioni nei talli lichenici sono influenzate dalle caratteristiche geopedologiche dei suoli e dal movimento terra; mentre per l'Arsenico le immissioni in atmosfera sono principalmente determinate da attività antropiche, soprattutto a seguito di combustione di carbon fossile (Bencko *et al.* 1996), (Floccia *et al.* 2003). La contaminazione da Arsenico nell'area di Ghigiano, date le concentrazioni, non rappresenta al momento un livello di contaminazione preoccupante.

L'andamento delle concentrazioni di **Cromo** e di **Rame** ha mostrato un miglioramento nel corso dei tre anni di studio. Le concentrazioni di Cromo rilevate nel primo anno di monitoraggio ricadevano nel 90° percentile, mentre nel secondo e terzo anno tali concentrazioni si sono stabilizzate intorno al 50° percentile (naturalità alta). Attualmente le concentrazioni di questo metallo non rappresentano un livello di contaminazione preoccupante.

Il Rame, nell'area di Ghigiano non ha mostrato livelli di contaminazione particolarmente significativi, anche per quanto riguarda le concentrazioni nelle singole stazioni; in particolar modo nel terzo anno, nessuna stazione ha rilevato livelli di contaminazione superiori al 20° percentile (naturalità molto alta).

Nel primo anno, il **Vanadio** ha mostrato un livello di contaminazione critico, oltre il 98° percentile (alterazione molto alta), passando nel secondo e terzo anno al 95° percentile (alterazione media). I dati relativi alle singole stazioni di monitoraggio indicano, chiaramente, una maggiore contaminazione nell'area posta a sud del cementificio.

La presenza di **Cadmio** nell'ambiente ha mostrato un lieve peggioramento, passando dal 20° percentile nel primo anno (naturalità molto alta), al 50° percentile (naturalità alta) nel secondo e terzo anno. Si tratta di un metallo tossico anche a basse concentrazioni e, essendo poco abbondante in natura, la sua presenza in atmosfera è legata soprattutto alle attività antropiche, come in particolare l'incenerimento dei rifiuti (Nriagu, 1989) e l'utilizzo di fertilizzanti e pesticidi. La dispersione nell'ambiente di questo contaminante è stata rilevata soprattutto nella parte Nord del cementificio.

Il **Ferro** ed il **Titanio**, hanno mostrato un peggioramento durante il secondo anno risultando rispettivamente nel 98° percentile (alterazione alta) ed oltre il 98° percentile (alterazione molto alta). Il terzo anno è stato caratterizzato da un leggero miglioramento nei valori di contaminazione di entrambi i metalli: il Ferro è sceso al 90° percentile (naturalità/alterazione basse), mentre il Titanio al 95° percentile (alterazione media).

Il **Mercurio** e il **Nichel** nell'arco del triennio hanno avuto un andamento simile, con livelli di contaminazione che hanno oscillato fra il 75° (naturalità media) ed il 50° percentile (naturalità alta). Nell'area di Ghigiano la contaminazione di questo elemento, pericoloso per l'uomo, non raggiunge comunque livelli preoccupanti.

Il Nichel è presente in atmosfera soprattutto per l'utilizzo di combustibili fossili (Floccia *et al* 2003); nel terzo anno di indagine non sono stati rilevati valori medi preoccupanti ma localmente, in due stazioni (poste a Est e a Sud Ovest del cementificio), sono stati registrati valori ricadenti nel 90° percentile (naturalità/alterazione basse).

Il **Piombo** mostra un livello di alta naturalità (50° percentile) calcolato sulla media dei valori di tutte le stazioni, ma anche localmente la contaminazione nelle singole stazioni non raggiunge livelli eccessivamente elevati.

Per quanto riguarda il biomonitoraggio svolto nella città di Gubbio, i dati riguardanti il gruppo dei composti è stato confrontato con i dati relativi ai due cementifici, per verificare l'incidenza di questi

inquinanti sul centro cittadino. Per i metalli, invece, è stata utilizzata la scala di naturalità/alterazione.

I **Cloruri**, i **Fluoruri** e i **Solfati solubili**, nel primo anno hanno avuto una concentrazione media inferiore a quella riscontrata nei due cementifici, mentre nel secondo anno è stata riscontrata una concentrazione media molto simile a quella rilevata nelle aree circostanti gli impianti; mostrando come l'area cittadina può essere interessata dalla dispersione di questi inquinanti.

In generale i metalli indagati, sia nel primo che nel secondo anno, non hanno mostrato livelli di alterazione preoccupanti.

Le concentrazioni medie dell'**Alluminio**, dell'**Arsenico**, del **Cadmio** e del **Nichel**, si sono attestate intorno al 20° percentile (naturalità molto alta), mentre i valori medi del **Cromo**, del **Ferro**, del **Mercurio**, del **Piombo** e del **Vanadio**, sono ricadute nel 50° percentile (naturalità alta). Nel caso del Piombo, localmente, si assiste alla presenza di due picchi elevati che risultano essere piuttosto anomali in quanto al momento non riconducibili a possibili emissioni in atmosfera, né ad eventuali trend migratori provenienti dai cementifici.

Il **Rame** ed il **Titanio** sono gli unici contaminanti inquadrati nel 75° percentile (naturalità media) ma nella gran parte delle singole stazioni, tuttavia, non sono state rilevate concentrazioni elevate. Solamente il Titanio risulta avere un picco di 133 ppm localizzato nella stazione S3G, in località Bottaccione; la sua origine risulta principalmente terrigena, come confermato da un altro elemento terrigeno (il Ferro) che sempre nella stessa stazione presenta il valore più elevato riscontrato.

L'area cittadina di Gubbio, in conclusione, presenta alcune criticità che andrebbero insistentemente monitorate, come le concentrazioni dei Cloruri, dei Fluoruri e dei Solfati solubili; per il gruppo dei metalli, al momento, i dati rilevati non presentano livelli di contaminazione preoccupanti.

## **RINGRAZIAMENTI**

Ringraziamo sentitamente Katia Mariani, Roberta Burzigotti e tutti i loro collaboratori dell'Assessorato all'Ambiente.

Un ringraziamento speciale va a Nicola Palmieri.

## BIBLIOGRAFIA

- Adriano D.C., 1986** – Trace elements in the Terrestrial Environment. Springer, New York, 553 pp.
- 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.
- 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.
- Bargagli R., Massari G., Ravera S. 2000.** “*Biomonitoraggio di elementi in tracce con il lichene Xanthoria Parietina in Umbria*” Biologi Italiani, 8: 42-54.
- Floccia M., Gisotti G & Sanna M., 2003.** Dizionario dell'inquinamento: cause, effetti, rimedi e normativa. Carocci Editore, pp. 797.
- Gasparo D., Castello M. & Bargagli R., 1989.** Biomonitoraggio dell'inquinamento atmosferico tramite licheni. Studio presso un inceneritore (Macerata). Studia Geobot., 9: 153-250.
- Magnani T., 1998.** Bioaccumulo di metalli pesanti in licheni epifiti nell'area del Destra Secchia, ASL di Mantova, PMIP di Mantova, IV U.O. Fisica e Tutela dell'Ambiente.
- Nimis P.L., 1999.** Linee guida per la bioindicazione degli effetti dell'inquinamento tramite la biodiversità di licheni epifiti. Atti Workshop “*Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale*”. ANPA – Serie Atti, Roma 26-27 novembre: pp. 267-277.
- 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*”. ANPA, Serie Atti, Roma 26-27 Novembre, 2: 279-287.
- Nimis P.L., Skert N., Castello M., 1999.** “*Biomonitoraggio di metalli in traccia tramite licheni in aree a rischio del Friuli-Venezia Giulia*”. Studia Geobot, 18: 3-49.
- Nimis, P.L., Nimis P.L., Lazzarin G., Lazzarin A., Skert N., 2000.** “*Biomonitoring of trace elements with lichens in Veneto*” SCI Total Environ, 255: 97-111.
- Nriagu J.O., 1989.** A global assessment of natural sources of atmospheric trace metals. Nature 338: 47-49.
- Scherp H.W., Church C.F., 1937.** Neurotoxic action of aluminium salts. Proc. Soc. Exper. And Biol. Med. 36: 851-856.
- Schmidt J.A., Andren A.W., 1980.** The atmospheric chemistry of nickel. “*Nikel in the Environment*” ed. Nriagu J.O., John Wiley & Sons, New York.
- Tretiach M., Baruffo P. (2001).** “*Deposizione di metalli nella pedemontana pordenonese*”. Provincia di Pordenone.