

**TERZA FASE: GESTIONE VI° ANNO**

**PROGETTAZIONE, REALIZZAZIONE E GESTIONE DI  
UNA RETE DI STAZIONI PER IL MONITORAGGIO  
BIOLOGICO INTEGRATO DA UTILIZZARSI PER IL  
CONTROLLO DELLA QUALITÀ DELL'AMBIENTE  
DELL'AREA CIRCOSTANTE LA CENTRALE**

**CENTRALE TERMOELETTRICA DI ROSSANO CALABRO**

**ENEL S.p.A.**

## INDICE

Pag. 4	1 - INTRODUZIONE
Pag. 5	2 - TABELLA SINOTTICA DEI PERIODI DI CAMPIONAMENTO
Pag. 6	3 - CAMPIONAMENTO – CONSERVAZIONE – PREPARAZIONE
Pag. 6	3.1 - Campionamento del biosensore erbaceo attivo <i>Lolium italicum</i>
Pag. 6	3.2 - Studio del biosensore erbaceo attivo <i>Trifolium repens</i>
Pag. 6	3.3 – Valutazione del danno e della biomassa fogliare
Pag. 7	3.4 – Siti d'indagine
Pag. 7	3.5 - Campionamento dei biosensori passivi erbacei ed arborei
Pag. 7	3.6 – Campionamento del terreno
Pag. 8	3.7 - Metodologia utilizzata per la conservazione e la preparazione dei campioni
Pag. 8	3.8 - Sintesi delle metodologie utilizzate
Pag. 8	3.8.1 - Metodologia prevista per le foglie: <i>Aghifoglie</i>
Pag. 8	3.8.2 – <i>Latifoglie</i>
Pag. 8	3.8.3 - <i>Specie erbacee</i>
Pag. 8	3.8.4 – <i>Terreno</i>
Pag. 8	3.9 - Metodologie utilizzate per le analisi di elementi in traccia
Pag. 9	3.10 - Tecniche analitiche
Pag. 10	3.10.1 - <i>Azoto (N) e Zolfo (S) totale, organico e inorganico</i>
Pag. 10	4 - RISULTATI DELLE ANALISI CHIMICHE
Pag. 10	4.1 - Risultati delle analisi chimiche dei biosensori vegetali
Pag. 14	4.2 - Risultati delle analisi chimiche del terreno
Pag. 14	5 - ELABORAZIONE ED INTERPRETAZIONI DEI RISULTATI
Pag. 15	5.1 - Procedura seguita

6 - **BIOSENSORE ERBACEO ATTIVO *LOLIUM ITALICUM*** Pag. 16

6.1 - Introduzione al tipo di statistica impiegata Pag. 16

6.2 - Interpretazione dei dati Pag. 17

7 - **BIOSENSORE ERBACEO ATTIVO *TRIFOLIUM REPENS*** Pag. 25

7.1 - Le fasi metodologiche Pag. 25

7.2 - Interpretazione dei dati Pag. 25

8 - **BIOSENSORI PASSIVI** Pag. 36

8.1 - Introduzione al tipo di statistica impiegata Pag. 36

8.2 - Analisi delle distribuzioni semplici – interpretazione dei dati Pag. 37

8.3 - Analisi statistica ANOVA matrici di correlazione Pag. 42

9 - **TERRENO** Pag. 49

9.1 - Interpretazione delle analisi del terreno Pag. 49

10 - **CONCLUSIONI** Pag. 50

**BIBLIOGRAFIA** Pag. 52

**TAVOLE DELLE STAZIONI E DELLE DISPERSIONI** Pag. 56

## ALLEGATI

Allegato 1: Sistema di Qualità;

Allegato 2: Relazione del Controllo di Qualità;

Allegato 3: Mappe di dispersione degli elementi;

## I - INTRODUZIONE

Il presente documento espone i risultati delle attività relative alla gestione del 2003 della Rete di Biomonitoraggio, realizzata nel 1995 e attivata nel 1996, nel territorio circostante la Centrale E.N.E.L. di Rossano Calabro. La Gestione relativa a questo settimo anno di esercizio della Rete, è stata effettuata sulla base delle indicazioni fornite dall'apposita Specifica Tecnica (Documento N° RO2003EAS01) e dal Contratto di Servizio N. 3000033691 del 17 luglio 2003 (Prot. 1663 del 27/07/03).

Come previsto dalla suddetta Specifica Tecnica, le metodiche impiegate e i biosensori utilizzati nel settimo anno di Gestione della Rete, risultano essere:

- Bioaccumulo: biosensore erbaceo passivo utilizzato *Verbascum thapsus* (25 stazioni);
- Bioaccumulo: biosensore arboreo passivo utilizzato *Olea europea* (10 stazioni);
- Bioaccumulo: biosensore arboreo passivo utilizzato *Pinus* spp. (15 stazioni);
- Bioaccumulo: biosensore erbaceo attivo utilizzato *Lolium italicum* (5 stazioni);
- Bioindicazione: biosensore erbaceo attivo utilizzato *Trifolium repens* (5 stazioni).

E' stato, inoltre, effettuato un campionamento per la tipizzazione del terreno in venticinque stazioni; la tavola I in allegato mostra i punti di campionamento individuati.

Come per i precedenti anni di Gestione, la verifica della presenza di un'eventuale influenza della Centrale Termoelettrica sul territorio, è stata effettuata attraverso l'esame (*cross-examination*) delle informazioni ottenute dai singoli biosensori impiegati.

E' importante notare che le peculiari condizioni climatiche della passata stagione (temperature superiori alle medie stagionali, mancanza pressoché totale di piogge, perturbazioni nel regime dei venti) hanno indotto una situazione climatica particolare che si è manifestata con:

- aumento delle reazioni fotochimiche nell'aria;
- mancanza di dilavamento del terreno;
- anomala diffusione delle polveri in atmosfera.

Il fenomeno probabilmente ha causato la variazione di alcuni valori di concentrazione rilevati rispetto alle medie degli anni precedenti.

Su richiesta dell'Enel Produzione, nella Rete è stato introdotto anche il biomonitoraggio per il controllo dell'ozono troposferico. L'ozono viene generato da una serie di reazioni fotochimiche degli ossidi di azoto e degli idrocarburi reattivi (Allegrini, 1995). Poiché i precursori vengono emessi essenzialmente dal traffico automobilistico e la catena di reazioni chimiche viene favorita dalla presenza di radiazioni solari, il problema dell'ozono è uno dei tipici aspetti dell'inquinamento atmosferico delle aree metropolitane del Mediterraneo nel periodo estivo. Numerose ricerche, infatti, hanno mostrato, nell'Area Mediterranea, la presenza di eventi stagionali di smog fotochimico con elevate concentrazioni di ozono troposferico.

La costituzione di una rete adatta anche al controllo dell'ozono ( $O_3$ ) ha permesso di verificare, in maniera puntuale l'effetto delle particolari condizioni meteorologiche presenti nell'area durante la scorsa stagione.

Un importante aspetto per la valutazione delle problematiche connesse all'ozono troposferico è l'influenza dei composti organici volatili biogenici (BVOCs) che vengono emessi da alcune specie vegetali (Owen et al., 1997). I BVOCs reagiscono in breve tempo con le sostanze presenti nell'atmosfera determinando la formazione di nuovi composti, in particolare, essi rappresentano una potenziale causa nei processi di formazione dell'ozono troposferico (Allegrini, 1991).

## 2 - TABELLA SINOTTICA DEI PERIODI DI CAMPIONAMENTO

I campionamenti effettuati nell'arco dell'anno sono stati nel totale 7.

In particolare come già menzionato sono stati presi in combinazione 4 biosensori di cui 3 passivi e 1 attivo.

Arboreo passivo <i>Olea europaea</i> (10 stazioni)	Arboreo passivo <i>Pinus</i> sp. (15 stazioni)	Erbaresco passivo <i>Verbascum</i> <i>thapsus</i> (25 stazioni)	Erbaresco attivo <i>Trifolium</i> <i>Repens</i> (5 stazioni)	Erbaresco attivo <i>Lolium</i> <i>italicum</i> (5 stazioni)	Terreno (15 stazioni +3)
dal 2 al 7 settembre	dal 2 al 7 settembre		7 settembre		
			14 agosto	14 agosto	
			14 agosto	15 luglio	
dal 7 al 14 giugno	dal 7 al 14 giugno	dal 7 al 14 giugno	15 luglio	14 giugno	dal 7 al 14 giugno
			14 giugno	15 maggio	
			15 maggio	14 aprile	

Tab. 1 - Periodi di campionamento relativi ai singoli biosensori impiegati nella rete di biomonitoraggio

### 3 - CAMPIONAMENTO, CONSERVAZIONE E PREPARAZIONE DEL MATERIALE

Per il campionamento la conservazione e la preparazione del materiale sono state seguite metodiche standard di intervento.

Si riportano di seguito le metodologie seguite per il prelievo dei campioni vegetali e di terreno, per la loro conservazione nonché la relativa preparazione per le analisi chimiche.

#### 3.1 - Campionamento del biosensore erbaceo attivo *Lolium italicum*

E' stata utilizzata la metodologia prevista da Guideline VDI 3792 (vedi allegato8): le colture a *Lolium italicum* sono state esposte all'aria per 14 giorni, ad un'altezza di 1,5 m dal terreno, in ambienti scoperti da ogni lato. La massa fogliare prodotta durante il periodo di esposizione è stata utilizzata come campione. Trascorso il periodo di esposizione è stata analizzata la parte esterna della pianta (individuando le caratteristiche delle foglie emesse, gli indebolimenti visibili macroscopicamente, gli eventuali danni di natura biotica e abiotica). Ad ogni campionamento il materiale raccolto è stato mescolato interamente così da ottenere un campione unico.

Le colture sono state tagliate a  $4 \div 5$  cm dal substrato (le parti della pianta che superavano i 14 giorni di crescita). Il taglio è stato effettuato, manualmente, con forbici inox, per un totale di 10 grammi di s.s. analizzabile.

#### 3.2 - Studio del biosensore erbaceo attivo *Trifolium repens*

Sono state opportunamente coltivate talee di *Trifolium repens* L. cv. Regal appartenenti a due cloni, uno sensibile all'ozono NC-S ed uno resistente all'ozono NC-R. In particolare, seguendo il protocollo sperimentale dell'ICP-Vegetation (UN/ECE ICP-Vegetation, 2003), le talee sono state piantate in vasi da 1 litro contenenti torba e sono state poste in camere di crescita climatiche. Circa 11 giorni dopo le piantule, sono state fertilizzate con una soluzione di N-P-K (14:14:14). A circa 4 settimane dall'inizio dell'allevamento, 20 piantule per ogni clone sono state trapiantate in vasi da 15 litri contenenti una mistura di terra, sabbia e torba nel rapporto 1:1:1 con 60g di fertilizzante (N-P-K). In seguito i 40 vasi sono stati collocati all'esterno nell'area romana per un periodo di circa tre mesi e successivamente sono stati trasportati e integrati nella rete di biomonitoraggio di Rossano Calabro per monitorare la risposta all'ozono nel periodo Luglio-Settembre 2003.

#### 3.3 - Valutazione del danno e della biomassa fogliare

Nel periodo sperimentale Giugno-Ottobre, ad intervalli di circa 28-30 giorni, sono state effettuate le raccolte per la stima del danno fogliare e della biomassa epigea prodotta dalle piante di trifoglio.

Le foglie, i fiori e gli stolonii, tagliati a circa 7 cm dal livello del terreno, sono stati successivamente posti in una stufa ed essiccati a 70°C fino al raggiungimento di un peso costante.

### 3.4 - Siti d'indagine

I siti dove sono state posizionate le piante per condurre lo studio pilota del trifoglio sono le stesse impiegate per il loglio:

- Stazione 6: PIRAGINETTI (S7; R12)
- Stazione 8: CASINO MARTUCCI (S1)
- Stazione 21: CUGNALE ALBANESE (S10)
- Stazione 30: PIANA DEI VENTI (S4)
- Stazione 47: MIRTO CROSA (S12; R4)

Per ognuno di essi è stato indicato anche il numero del vaso con a fianco la sigla S se riferita al clone sensibile, R se riferita al clone resistente.

### 3.5 - Campionamento dei biosensori passivi erbacei ed arborei

E' stata utilizzata la metodologia prevista da Guideline VDI 3792 parte 5 (vedi allegato 8): le specie *decidue* sono state campionate poco prima del cambiamento di colore delle foglie. Il materiale presentava la medesima età. I rami da cui sono state raccolte le foglie si trovano ad un'altezza uniforme dal suolo. Le foglie raccolte erano manifestamente le più vecchie.

Le *conifere* sono state campionate due volte l'anno (dal 7 al 14 giugno, dell'inizio della stagione della crescita, e dal 2 al 7 settembre). I rami da cui sono stati raccolti gli aghi erano situati ad un'altezza uniforme dal suolo (i campioni sono raccolti tra il VI ed il VIII verticillo fogliare del ramo, a partire dalla sommità).

Le specie *erbacee* sono state campionate una volta l'anno, in giugno. Il periodo di campionamento è stato il più breve possibile, non sono state superate tre settimane. Le misure prese in periodi diversi vanno riferite a foglie con condizioni fisiologiche comparabili. I campioni raccolti sono risultati rappresentativi essendo costituiti da almeno 10 g di sostanza secca, da utilizzare per le analisi (vedi Cap. 4).

### 3.6 - Campionamento del terreno

Il terreno è stato campionato, nei punti previsti e replicando i prelievi in tre punti a caso al fine di ridurre l'errore statistico, con un carotatore specifico fino ad una profondità di 10 cm e al di fuori dell'area coperta dalla chioma dei biosensori arborei presenti nelle Stazioni (vedi Cap. 4).

### 3.7 - Metodologia utilizzata per la conservazione e la preparazione dei campioni

E' stata utilizzata la metodologia prevista da Guideline VDI 3792 parte 5 (vedi allegato 8): i campioni freschi delle specie arboree ed erbacee e del terreno sono stati trasportati in laboratorio in contenitori di polietilene e preparati nello stesso giorno Ad ogni passaggio dalla raccolta all'analisi è stata evitata ogni tipo di contaminazione. Le analisi sono state effettuate su campioni tal quale (vedi Cap. 4).

### 3.8 - Sintesi delle metodologie utilizzate

#### 3.8.1 - Metodologia prevista per le foglie: Aghifoglie:

Prelevamento effettuato al 6°-8° verticillo dall'apice, con forbice, togliendo gli aghi manualmente, per un totale di 10 gr di s.s. analizzabile.  
a) Conservazione in sacchetti di polietilene, tenuti a 4 °C o a -15 °C.  
c) Essiccamento a 50 °C.  
d) Macinazione e conservazione in contenitori di polietilene.

#### 3.8.2 - Latifoglie:

a) Rami prelevati alla stessa altezza dal suolo, campionamento delle foglie più vecchie, per un totale di 10 g di s.s. analizzata.

b) c) d): Cfr. aghifoglie

#### 3.8.3 - Specie erbacee:

a) Prelevamento effettuato manualmente con forbici inox, per un totale di 10 gr di s.s. analizzata.

b) c) d): Cfr. aghifoglie.

#### 3.8.4 - Terreno:

Prelevamento effettuato con carotatore, ad una profondità di circa 10 cm.

### 3.9 - Metodologie utilizzate per le analisi di elementi in traccia

Per quanto riguarda la preparazione dei campioni utilizzati per le analisi degli elementi in traccia, sono state effettuate le seguenti operazioni:



- pesatura di 0,5 g di campione, accuratamente macinato, direttamente negli appositi contenitori, per mineralizzatori a microonde;
- aggiunta di 6 ml di HNO<sub>3</sub> concentrato, 1 ml di H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30 % e 0,2 ml di HF 40 %;
- chiusura dei contenitori ed inserimento nel mineralizzatore a microonde per il programma di trattamento;
- raffreddamento al termine della mineralizzazione;
- apertura dei contenitori di mineralizzazione e aggiunta di 1 ml di soluzione satura di acido borico H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>;
- diluizione della soluzione al volume di 50 ml in matraccio tarato, con acqua demineralizzata (Sistema Milli-Q). Al fine di ottenere una prova "in bianco", 10 ml di acqua demineralizzata (Sistema Milli-Q) hanno subito lo stesso trattamento del campione."

*Le fasi del programma di mineralizzazione sono state le seguenti:*

Fase	Tempo (minuti)	Potenza (watt)
1	2	250
2	2	0
3	6	250
4	5	400
5	5	600

Si sottolinea che la mineralizzazione, con l'aggiunta di HF, comporta una maggiore efficienza di solubilizzazione delle forme minerali dei metalli analizzati (tipiche dei suoli e del particolato terrigeno aerotrasportato). Tale fattore è stato comunque considerato nell'interpretazione dei risultati.

### 3.10 - Tecniche analitiche

I campioni così preparati sono stati analizzati secondo le seguenti tecniche analitiche:

Elemento	Tecnica analitica
Al	ICP - AES
As	AA-GTA
Cd	AA-GTA
Pb	AA-GTA
Ni	AA-GTA/ICP-AES
V	ICP-AES

Legenda:

AA = Assorbimento Atomico;

ICP - AES = Spettrometria di emissione atomica con eccitazione a plasma ad induzione;

GTA = Atomizzazione in tubo di grafite;

**3.10.1 - Azoto (N) e Zolfo (S) totale, organico e inorganico**

I campioni macinati sono stati analizzati con un analizzatore elementare.

La determinazione dello zolfo totale è stata effettuata sul campione tal quale, mentre per la distinzione fra zolfo organico e zolfo inorganico, si è proceduto secondo la metodica proposta dal

Prof. A. Jäger.

Tale metodologia prevede:

- un primo trattamento del campione in muffola per allontanare lo zolfo organico come SO<sub>2</sub>;
- la successiva determinazione dello zolfo rimasto (razione inorganica) in analizzatore elementare;
- la quantificazione dello zolfo organico per differenza tra il totale e l'inorganico.

**4 - RISULTATI DELLE ANALISI CHIMICHE**

Si riportano, di seguito, i risultati delle analisi chimiche distinte per singolo biosensore e le tabelle dei risultati delle analisi chimiche dei campioni analizzati. Si precisa che le tabelle sono state chiamate con una lettera (che indica l'iniziale del genere del biosensore) seguita da un numero (che indica il mese di campionamento). Pertanto la lettera L sta per *Lolium*, P per *Pinus*, O per *Olea*, V per *Verbascum* e T per terreno.

**4.1 - Risultati delle analisi chimiche dei biosensori vegetali**

Nelle tabelle L4, L5, L6, L7, L8, O9, P6, P9, V6 e T6 si riportano, rispettivamente, i risultati delle analisi chimiche dei campioni di *Lolium italicum*, *Olea europaea*, *Pinus* spp., *Verbascum thapsus* e del terreno (i risultati delle analisi chimiche sono riportati come previsto dalla Specifica Tecnica – doc. n. RO2003EAS01).

STAZIONE	mg/Kg				%	mg/Kg	%	mg/Kg				
	Al	As	Cd	NI				N	Pb	S tot	S in	S org
6	100	< 0,1	0,02	5,3	3,99	0,3	0,224	0,091	0,133	0,21		
8	121	< 0,1	0,03	3,2	1,56	0,4	0,181	0,090	0,091	0,29		
21	134	< 0,1	0,03	3,9	2,13	0,7	0,186	0,102	0,084	0,23		
30	132	< 0,1	0,04	2,7	2,44	0,5	0,216	0,125	0,091	0,21		
47	129	> 0,1	0,02	3,9	2,01	0,6	0,220	0,091	0,129	0,34		

Tab. L4 - Risultati delle analisi chimiche del biosensore erbaceo attivo *Lolium italicum*.  
Data di campionamento: 14 aprile 2003

Tab. L5 - Risultati delle analisi chimiche del biosensore erbaceo attivo *Lolium italicum*.  
Data di campionamento: 15 maggio 2003

STAZIONE	mg/kg									%	mg/kg	%	mg/kg	V
	Al	As	Cd	NI	N	Pb	S tot	Sin	S org					
6	134	< 0,1	0,02	5,1	2,27	0,9	0,158	0,136	0,022	0,28	0,19			
8	123	< 0,1	0,02	4,6	1,91	0,9	0,149	0,135	0,014	0,27	0,41			
21	144	< 0,1	0,03	5,9	2,49	1,1	0,134	0,102	0,032	0,41	0,23			
30	111	< 0,1	0,03	4,8	2,42	0,7	0,096	0,094	0,002	0,23	0,19			
47	135	< 0,1	0,03	6,1	2,98	0,9	0,099	0,1	0,098	0,19	0,23			

Tab. L6 - Risultati delle analisi chimiche del biosensore erbaceo attivo *Lolium italicum*.  
Data di campionamento: 14 giugno 2003

STAZIONE	mg/kg									%	mg/kg	%	mg/kg	V
	Al	As	Cd	NI	N	Pb	S tot	Sin	S org					
6	132	< 0,1	0,03	3,2	2,97	0,7	0,281	0,047	0,234	0,26	0,29			
8	154	< 0,1	0,04	3,4	2,11	0,9	0,262	0,075	0,187	0,28	0,33			
21	111	< 0,1	0,02	3,7	2,01	1,2	0,158	0,039	0,119	0,33	0,34			
30	137	< 0,1	0,03	4,1	2,45	0,7	0,195	0,088	0,107	0,34	0,29			
47	181	< 0,1	0,03	5,1	3,12	1,1	0,281	0,082	0,199	0,29	0,29			

Tab. L7 - Risultati delle analisi chimiche del biosensore erbaceo attivo *Lolium italicum*.  
Data di campionamento: 15 luglio 2003

STAZIONE	mg/kg									%	mg/kg	%	mg/kg	V
	Al	As	Cd	NI	N	Pb	S tot	Sin	S org					
6	144	< 0,1	0,02	7,1	3,17	0,6	0,555	0,08	0,43	0,42	0,35			
8	132	< 0,1	0,02	8,3	2,89	1,1	0,321	0,26	0,054	0,31	0,35			
21	152	< 0,1	0,03	6,9	2,53	0,9	0,412	0,1	0,231	0,35	0,24			
30	136	< 0,1	0,02	9,5	2,81	0,9	0,521	0,32	0,201	0,24	0,35			
47	112	< 0,1	0,04	7,3	2,76	1,1	0,632	0,15	0,496	0,35	0,35			

Tab. L8 - Risultati delle analisi chimiche del biosensore erbaceo attivo *Lolium italicum*.  
Data di campionamento: 14 agosto 2003

STAZIONE	mg/kg									%	mg/kg	%	mg/kg	V
	Al	As	Cd	NI	N	Pb	S tot	Sin	S org					
6	123	< 0,1	0,03	8,1	4,21	0,7	0,564	0,081	0,483	0,34	0,41			
8	134	< 0,1	0,03	4,2	2,33	0,9	0,379	0,299	0,080	0,41	0,35			
21	132	< 0,1	0,02	5,4	3,21	0,6	0,450	0,114	0,336	0,35	0,31			
30	143	< 0,1	0,02	5,7	3,42	1,2	0,584	0,360	0,224	0,31	0,42			
47	141	< 0,1	0,03	6,1	3,02	1,2	0,660	0,158	0,502	0,42	0,42			

STAZIONE <i>Olea europaea</i>	mg/Kg							%			V
	Al	As	Cd	Ni	N	Pb	S tot	S in	S or		
2	623	< 0,1	0,21	0,9	4,87	2,1	0,186	0,092	0,093	0,47	
4	534	< 0,1	0,24	0,8	2,44	2,9	0,242	0,092	0,150	0,49	
6	234	< 0,1	0,33	0,9	6,11	2,9	0,152	0,078	0,074	0,53	
9	661	< 0,1	0,36	1,0	2,04	2,1	0,154	0,087	0,067	0,37	
10	311	< 0,1	0,24	0,9	5,33	2,5	0,197	0,093	0,105	0,51	
13	623	< 0,1	0,19	1,1	2,10	4,9	0,156	0,063	0,093	0,58	
15	721	< 0,1	0,23	0,8	4,99	4,1	0,192	0,063	0,129	0,49	
23	345	< 0,1	0,31	0,8	2,04	6,1	0,205	0,083	0,122	0,42	
32	421	< 0,1	0,14	1,2	5,78	4,7	0,238	0,139	0,099	0,61	
47	399	< 0,1	0,62	1,1	2,56	3,9	0,211	0,096	0,115	0,63	

Tab. O9 - Risultati delle analisi chimiche dei biosensori arboreo passivo *Olea europaea*  
Date di campionamento: dal 2 al 7 settembre 2003

STAZIONE <i>Pinus sp.</i>	mg/Kg							%			V
	Al	As	Cd	Ni	N	Pb	S tot	S in	S or		
18	312	< 0,1	0,16	2,3	7,21	1,9	0,156	0,063	0,093	0,54	
19	643	< 0,1	0,17	1,1	1,75	2,5	0,156	0,076	0,080	0,51	
20	367	< 0,1	0,15	0,8	1,30	2,6	0,197	0,125	0,072	0,45	
21	421	< 0,1	0,15	1,3	6,40	1,9	0,180	0,090	0,090	0,66	
22	511	< 0,1	0,13	1,1	2,21	1,8	0,219	0,147	0,072	0,31	
27	498	< 0,1	0,20	1,6	1,56	4,3	0,151	0,068	0,084	0,59	
29	324	< 0,1	0,17	0,9	2,11	3,9	0,158	0,077	0,081	0,44	
30	487	< 0,1	0,24	0,3	2,78	5,9	0,238	0,139	0,099	0,37	
31	671	< 0,1	0,18	0,9	1,81	4,6	0,211	0,096	0,115	0,65	
34	354	< 0,1	0,54	0,9	7,90	3,3	0,227	0,149	0,078	0,29	
36	721	< 0,1	0,27	1,0	6,80	2,1	0,186	0,092	0,093	0,35	
39	433	< 0,1	0,42	0,6	2,13	3,8	0,242	0,092	0,150	0,43	
41	675	< 0,1	0,14	0,9	2,01	1,9	0,152	0,078	0,074	0,28	
43	324	< 0,1	0,19	0,6	2,87	3,2	0,154	0,087	0,067	0,36	
45	654	< 0,1	0,34	0,7	2,56	3,4	0,197	0,093	0,105	0,45	

Tab. P6 - Risultati delle analisi chimiche del biosensore arboreo passivo *Pinus sp.*  
Date di campionamento: dal 7 al 14 giugno 2003

Tab. P9 - Risultati delle analisi chimiche del biosensore arboreo passivo *Pinus sp.*  
Date di campionamento: dal 2 al 7 settembre 2003

STAZIONE	mg/Kg				%	mg/Kg	%			mg/Kg
	Al	As	Cd	Ni			N	Pb	S tot	
18	399	< 0,1	0,21	1,9	2,01	2,1	0,156	0,063	0,093	0,65
19	733	< 0,1	0,24	1,6	2,11	2,9	0,192	0,063	0,129	0,53
20	401	< 0,1	0,33	1,1	7,30	2,9	0,205	0,083	0,122	0,49
21	567	< 0,1	0,36	1,8	2,54	2,1	0,148	0,059	0,089	0,71
22	546	< 0,1	0,24	1,5	6,90	2,5	0,107	0,066	0,042	0,39
27	735	< 0,1	0,19	1,9	2,23	4,9	0,151	0,068	0,084	0,61
29	456	< 0,1	0,23	2,1	7,80	4,1	0,189	0,090	0,099	0,46
30	541	< 0,1	0,31	1,9	8,10	6,1	0,124	0,077	0,047	0,39
31	564	< 0,1	0,14	1,4	2,18	4,7	0,128	0,068	0,060	0,72
34	301	< 0,1	0,62	1,5	2,20	3,9	0,131	0,051	0,079	0,35
36	699	< 0,1	0,33	1,1	2,19	2,5	0,089	0,060	0,029	0,39
39	543	< 0,1	0,47	0,9	2,13	4,4	0,157	0,047	0,110	0,51
41	555	< 0,1	0,19	1,3	6,60	2,1	0,138	0,040	0,098	0,38
43	421	< 0,1	0,21	0,9	3,01	3,7	0,143	0,057	0,086	0,39
45	512	< 0,1	0,43	1,1	7,30	3,8	0,092	0,051	0,040	0,49

Tab. V6 - Risultati delle analisi chimiche del biosensore *Verbascum thapsus*.  
Date di campionamento: dal 7 al 14 giugno 2003

Stazioni	mg/Kg				%	mg/Kg	%			mg/Kg
	Al	As	Cd	N			Ni	N	Pb	
2	931	< 0,1	0,03	5,34	3,40	1,4	0,288	0,071	0,217	0,33
4	634	< 0,1	0,08	2,01	2,90	1,2	0,416	0,204	0,212	0,34
6	721	< 0,1	0,04	2,31	2,20	1,8	0,158	0,063	0,095	0,54
9	299	< 0,1	0,06	5,11	3,41	1,6	0,125	0,002	0,123	0,12
10	334	< 0,1	0,06	1,97	2,80	2,1	0,112	0,085	0,027	0,99
13	324	< 0,1	0,08	2,40	2,60	1,4	0,173	0,136	0,038	0,67
15	724	< 0,1	0,01	7,11	3,40	2,3	0,145	0,101	0,044	0,74
18	278	< 0,1	0,07	2,10	3,50	1,6	0,325	0,251	0,074	0,53
19	444	< 0,1	0,08	2,70	4,10	1,2	0,133	0,102	0,031	0,99
20	321	< 0,1	0,05	6,32	4,30	1,1	0,127	0,067	0,06	0,23
21	234	< 0,1	0,06	1,24	2,80	1,3	0,121	0,101	0,02	0,54
22	735	< 0,1	0,03	6,54	3,60	1,4	0,119	0,039	0,080	0,76
23	344	< 0,1	0,04	2,77	3,40	1,9	0,099	0,035	0,064	0,87
27	423	< 0,1	0,03	4,53	3,60	1,8	0,070	0,010	0,061	0,96
29	312	< 0,1	0,07	7,20	2,70	1,0	0,120	0,059	0,062	1,01
30	776	< 0,1	0,03	3,99	2,90	0,8	0,122	0,053	0,069	0,43
31	981	< 0,1	0,04	6,23	1,90	0,1	0,116	0,031	0,084	0,37
32	333	< 0,1	0,02	1,69	2,70	0,9	0,168	0,055	0,113	0,53
34	789	< 0,1	0,01	6,33	3,20	0,2	0,186	0,065	0,121	0,43
36	898	< 0,1	0,02	2,53	1,40	0,3	0,072	0,018	0,054	0,37
39	399	< 0,1	0,03	1,99	1,70	0,7	0,085	0,037	0,048	0,81
41	544	< 0,1	0,04	6,61	2,30	0,4	0,084	0,047	0,037	0,72
43	675	< 0,1	0,06	5,98	3,20	1,3	0,078	0,067	0,011	0,97
45	345	< 0,1	0,06	2,01	1,90	1,9	0,124	0,012	0,112	1,12
47	987	< 0,1	0,04	4,98	2,10	1,3	0,265	0,060	0,205	0,44

4.2 - Risultati delle analisi chimiche del terreno

Nella Tab. T6 si riportano i risultati delle analisi chimiche dei campioni di terreno.

Terreno	Al	Cd	Ni	N	Pb	S tot	V
2	4,20	0,13	3,60	0,23	30,90	78,70	60,80
6	6,10	0,15	4,20	0,35	38,10	76,50	58,60
13	5,80	0,17	3,90	0,31	36,10	72,30	67,40
18	6,10	0,11	3,20	0,19	29,80	88,10	63,40
19	8,70	0,15	3,90	0,21	34,40	64,50	45,90
20	5,80	0,13	4,10	0,32	36,20	86,60	62,80
21	3,80	0,13	4,40	0,27	39,20	67,80	72,40
22	4,20	0,11	3,90	0,23	41,30	70,10	67,70
27	5,10	0,12	3,70	0,29	43,40	66,80	55,50
29	4,20	0,17	4,10	0,31	44,50	85,40	59,70
30	4,90	0,16	4,20	0,22	43,20	80,20	61,02
31	6,70	0,14	3,60	0,35	46,20	74,30	73,40
34	5,60	0,15	3,60	0,38	31,20	77,90	69,90
36	5,40	0,15	4,50	0,43	27,90	69,10	62,10
39	7,20	0,18	4,70	0,35	43,80	72,70	58,60
41	6,10	0,11	3,70	0,27	46,10	81,90	59,10
43	5,80	0,15	4,80	0,21	33,60	73,20	64,10
45	4,90	0,16	3,10	0,34	39,40	81,10	77,70

Tab. T6 - Risultati delle analisi chimiche dei campioni di terreno

5 - ELABORAZIONE ED INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Sulla base dei risultati effettuati dalle analisi chimiche, è stata effettuata un'elaborazione statistica dei dati raccolti, relativi alla misurazione dei livelli di concentrazione degli elementi chimici richiesti dalla specifica tecnica: Alluminio (Al), Arsenico (As), Cadmio (Cd), Azoto totale (N t), Nichel (Ni), Piombo (Pb), Zolfo inorganico (S i), Zolfo organico (S o), Zolfo totale (S t) e Vanadio (V).

La Gestione del 2003 della Rete di Biomonitoraggio è caratterizzata da un arricchimento delle metodiche di biomonitoraggio; si fa riferimento alla reintroduzione del *Lolium italicum* ed all'ingresso del *Trifolium repens* utilizzati come biosensori attivi. Non è stato utilizzato la

*Nicotiana tabacum* come biosensore erbaceo attivo, per le particolari condizioni climatiche, troppo aride e secche per la crescita e la sopravvivenza di questa pianta.

Al fine di ottimizzare il lavoro, si è scelto di utilizzare, per ogni tipologia di biosensore, lo strumento statistico più appropriato. È stato, inoltre, introdotto l'impiego delle tecniche GIS per l'analisi e lo studio del territorio. Tali tecniche permettono l'analisi del territorio a più livelli e forniscono una visione d'insieme più completa delle caratteristiche dell'area in esame, rispetto ai metodi tradizionali.

Il Sistema Informativo Territoriale (GIS) è il miglior strumento in grado di collegare tra loro le informazioni provenienti da diverse fonti, quali: la cartografia, la geologia, la geomorfologia, dal clima e le sorgenti di inquinamento. Le tecniche GIS consentono, inoltre, di integrare il quadro generale con la valutazione dei parametri che contribuiscono alla dispersione degli inquinanti nel territorio.

Il GIS permette di riferire ad un'unica Base Dati i diversi parametri: fisici, antropici, economici, ambientali, climatici, chimici, ecc. riguardanti una determinata zona e consente di ricondurre ad un unico processo di interrelazione tutte le procedure per lo studio, la modellizzazione e la rappresentazione della dispersione degli inquinanti in un'area.

Tutti i parametri vengono rappresentati su una comune base cartografica e permettono di individuare univocamente il dato, in posizione assoluta, sul territorio.

### 5.1 - Procedura seguita

- a) Progettazione della Banca dati e individuazione delle caratteristiche di riferimento (scale delle mappe, tipologie, dimensione delle stampe).
- b) Fase operativa di informatizzazione della cartografia e dei dati rilevati dal campionamento.
- c) Sviluppo delle procedure GIS previste per l'analisi geostatistica e tematica del territorio

Di seguito vengono elencati, in successione, le principali attività svolte:

1. Trattamento dei dati vettoriali e scansione, digitalizzazione, vettorializzazione, informatizzazione, validazione topologica (*raster*);

2. Georeferenziazione della cartografia di riferimento a diverse scale cartografiche;

3. Inserimento delle coordinate assolute nel sistema (UTM Datum WGS 84), georeferenziazione e individuazione delle stazioni, con l'attribuzione delle concentrazioni

degli elementi monitorati;

4. Interpolazione dei dati per la creazione delle mappe di dispersione degli inquinanti, attraverso l'uso di un Interpolatore Esatto (l'interpolatore IDW - *Inverse Distance Weighting*);

5. Analisi ed elaborazione statistica e geomatematica dei dati, con acquisizione delle informazioni derivate;

6. Produzione della cartografia di base e tematica e interpretazioni dei dati;

7. Produzione cartografica di base e tematica, a diverse scale.

Per l'interpretazione dei risultati come valori di riferimento sono stati considerati i dati riportati da Lindt T.J.\*\* e Riss A.\*\*\*\* per piante alimentari e da foraggio, relativi all'Europa del Nord e centrale, e i dati riportati da Market B\*\*\* per una "pianta ideale di riferimento".

Di seguito viene fornita l'elaborazione statistica e la relativa interpretazione dei dati ottenuti da:

- biosensore erbaceo attivo *Lolium italicum*;
- biosensore erbaceo attivo *Trifolium repens*;
- biosensori arboreo passivo: *Pinus* ssp;
- biosensori arboreo passivo *Olea europea*;
- biosensori erbacei passivo: *Verbascum thapsus*.

## 6 - BIOSENSORE ERBACEO ATTIVO *LOLIUM ITALICUM*

### 6.1 - Introduzione al tipo di statistica impiegata

L'elaborazione statistica riguarda le concentrazioni degli elementi nel biosensore *Lolium italicum* campionati in cinque diversi mesi dell'anno 2003. L'obiettivo di questo tipo di analisi statistica, è quello di mettere in evidenza le variazioni di concentrazione e il *trend* che gli elementi hanno subito nel corso dei cinque mesi di monitoraggio.

Si riporta, di seguito, l'andamento nel tempo mostrato dal biosensore erbaceo attivo. In particolare, sono state considerate, per ogni elemento, le concentrazioni medie mensili delle cinque diverse stazioni (6, 8, 21, 30, 47).



6.2 – Interpretazione dei dati

Si riporta, di seguito, l'interpretazione dei dati forniti dal biosensore erbaceo attivo *Lolium italicum*.

**CADMIO**

Nel corso dei cinque mesi di campionamento, questo elemento è stato caratterizzato da un trend decrescente, mostrando una diminuzione da aprile verso agosto, ma con un'inversione di tendenza nel mese di giugno (Fig.1).

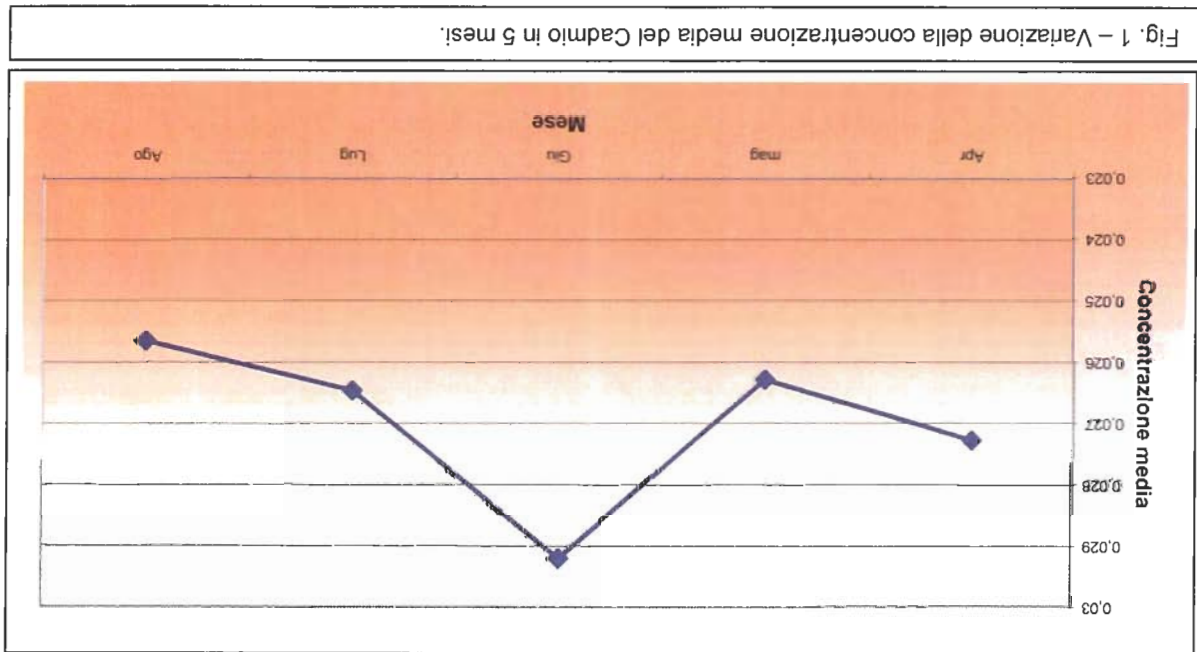


Fig. 1 – Variazione della concentrazione media del Cadmio in 5 mesi.

**NICHEL**

Le concentrazioni (Fig. 2) di questo elemento non mostrano trend modellabile, si evince, comunque, un comportamento inverso rispetto all'andamento del cadmio. Nel mese di agosto si nota una tendenza alla diminuzione di concentrazione.

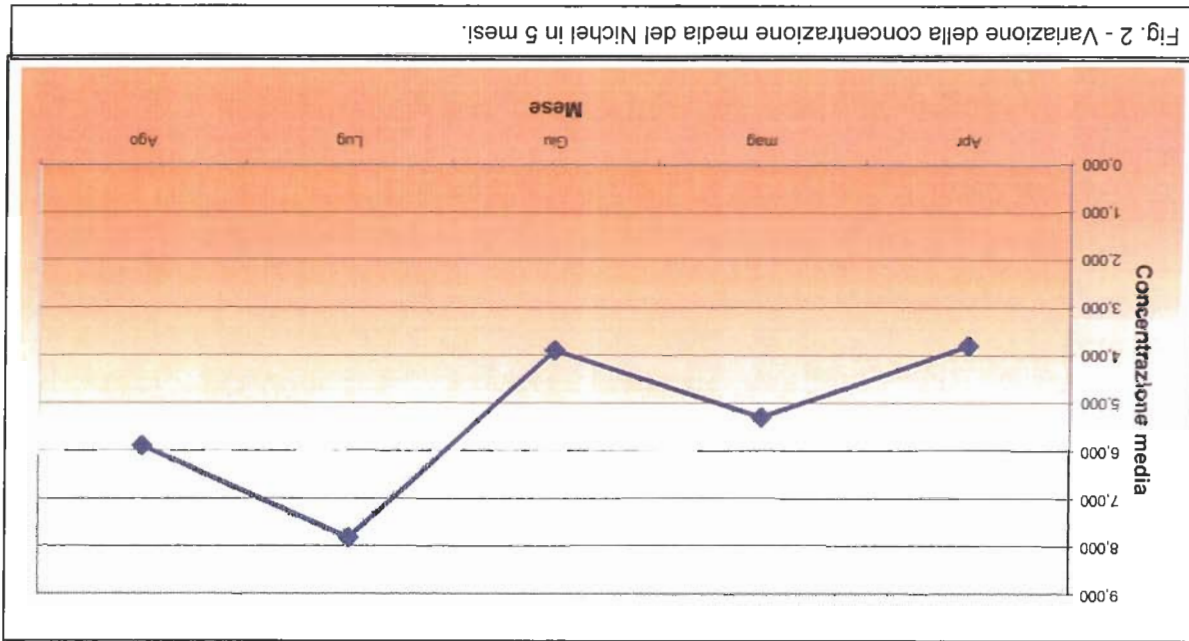


Fig. 2 - Variazione della concentrazione media del Nichel in 5 mesi.

**AZOTO**

L'azoto mostra un andamento quasi stazionario nei primi mesi del campionamento. Di contro, nei successivi mesi, si rileva una crescita costante, con un netto cambio di pendenza all'inizio dell'estate e per tutto il periodo caldo (vedi Conclusioni).

Il grafico (Fig. 3) suggerisce che, negli ultimi mesi, la crescita è rimasta costante.

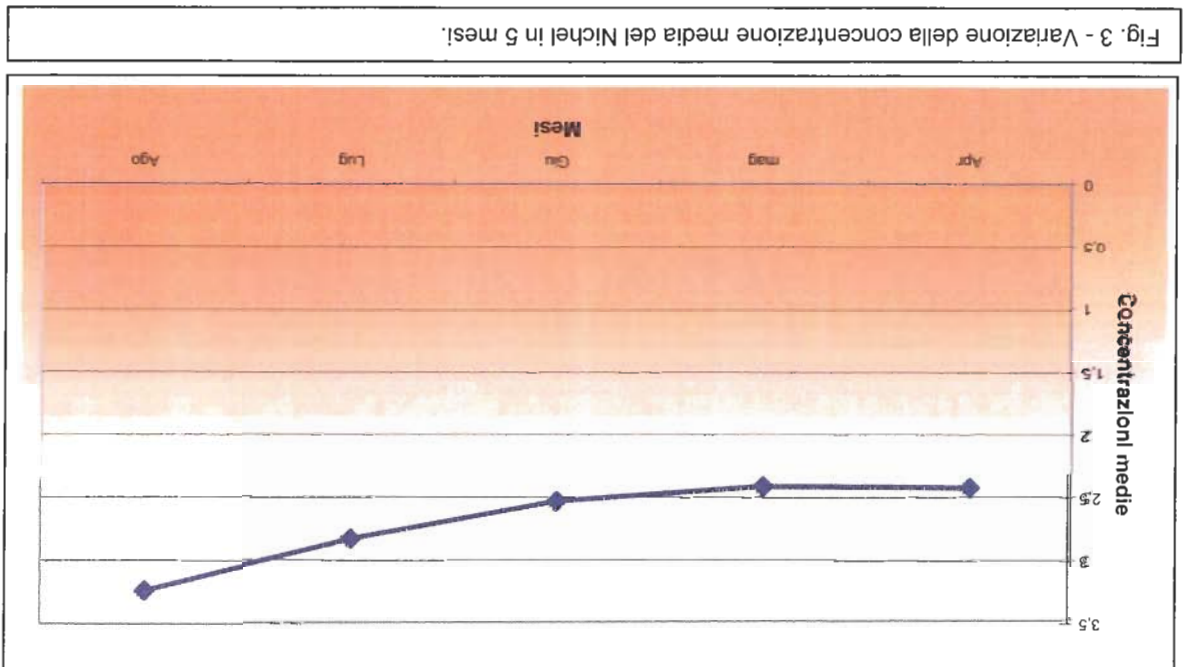


Fig. 3 - Variazione della concentrazione media del Nichel in 5 mesi.

**ALLUMINIO**

L'alluminio è un metallo prevalentemente di origine terrigena; la sua presenza fa ipotizzare una concentrazione nel tempo priva di un trend modellabile. La diversa concentrazione dell'elemento nei mesi deve essere ricercata in fattori esterni, come le condizioni climatiche, anemometriche e la natura del suolo (Fig. 4).

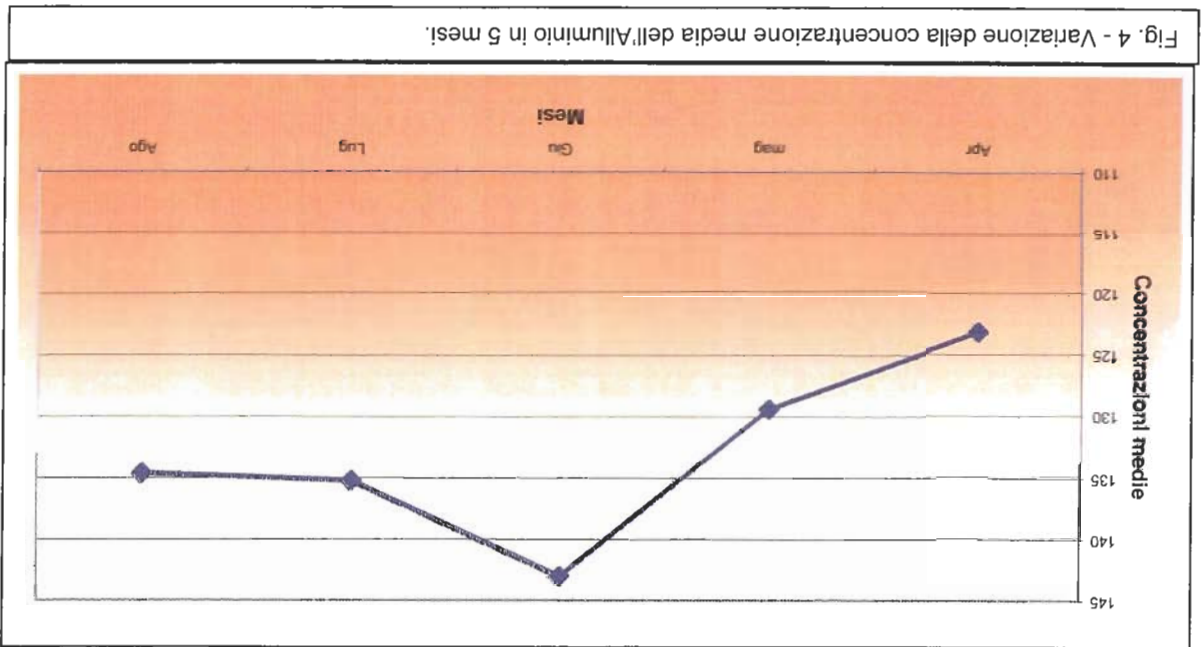


Fig. 4 - Variazione della concentrazione media dell'Alluminio in 5 mesi.

**PIOMBO**

La concentrazione del piombo mostra una crescita nel primo mese di campionamento, che si arresta a un livello costante in tutto il resto del periodo (Fig. 5).

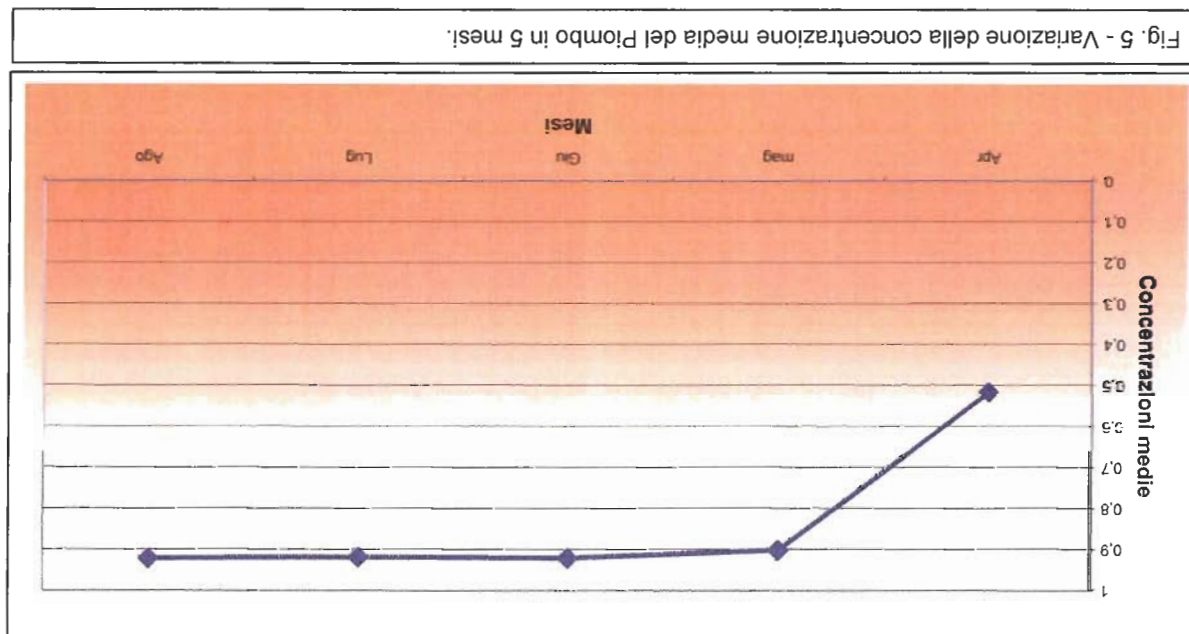


Fig. 5 - Variazione della concentrazione media del Piombo in 5 mesi.

**VANADIO**

Il vanadio mostra un andamento lievemente crescente e, seppure con valori nettamente inferiori rispetto alle misurazioni effettuate negli anni precedenti, registra una tendenza alla crescita per tutto il periodo di campionamento (Fig. 6).

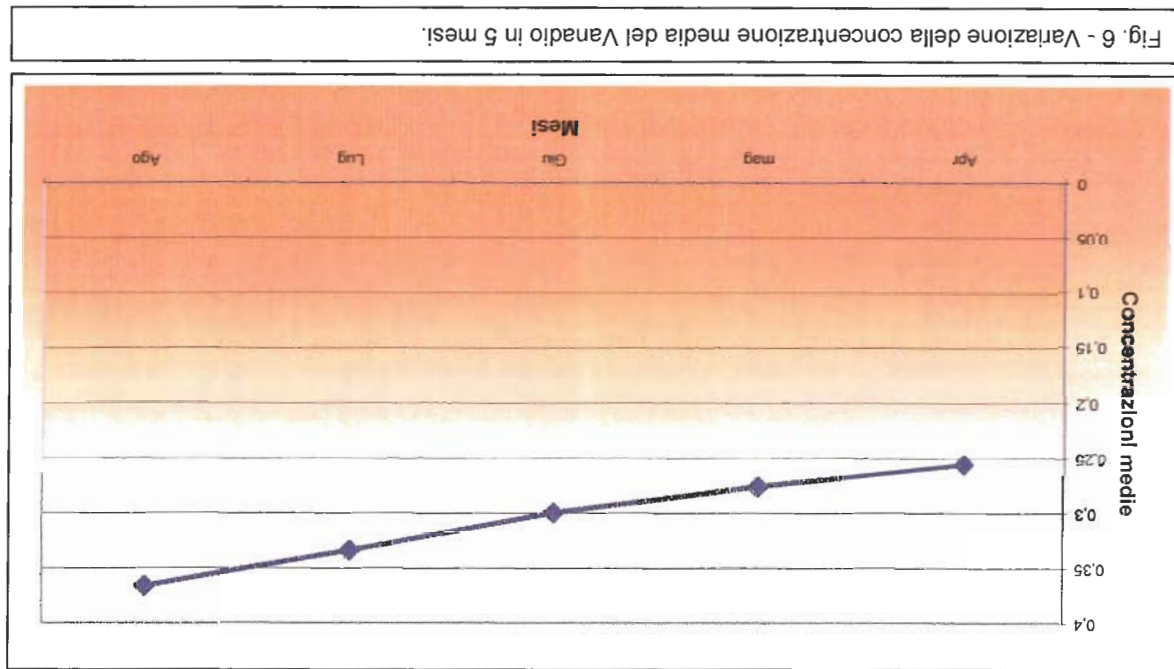


Fig. 6 - Variazione della concentrazione media del Vanadio in 5 mesi.

**ZOLFO ORGANICO, INORGANICO E TOTALE.**

Le concentrazioni dello zolfo mostrano un andamento simile per la componente organica e per quella inorganica, con una decrescita iniziale a cui segue una rapida ascesa (Fig. 7). Lo zolfo inorganico presenta un stato stazionario nel primo mese di campionamento. È da notare come all'inizio del campionamento, le concentrazioni di zolfo inorganico e organico sono simili. Successivamente lo zolfo organico raggiunge valori di concentrazione maggiore rispetto allo zolfo inorganico.

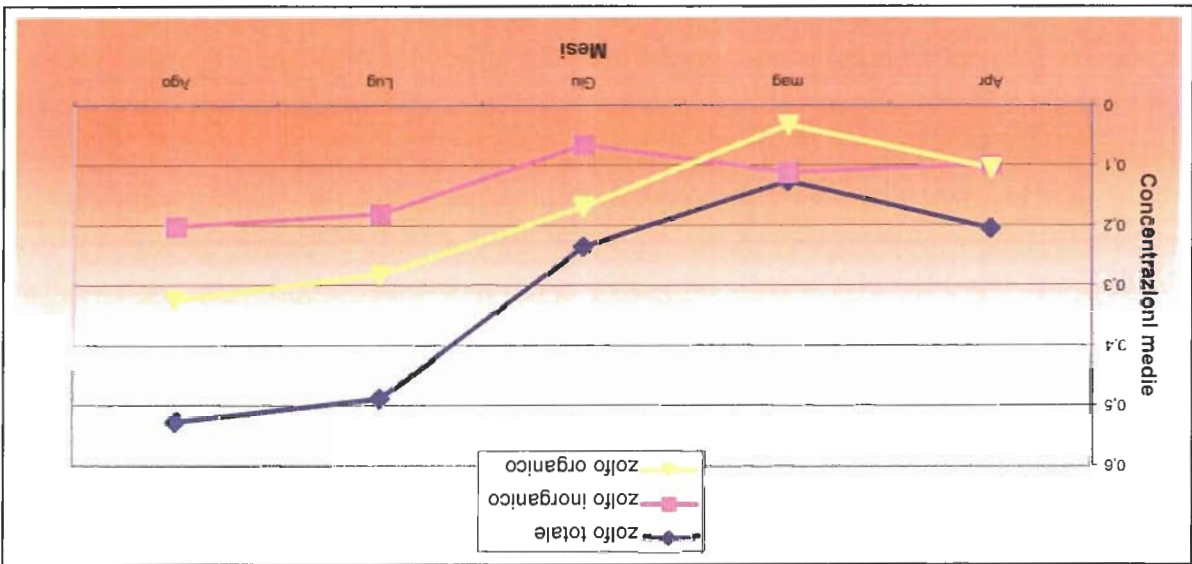


Fig. 7 - Variazione della concentrazione media degli Zolfi in 5 mesi.

Si riporta, nelle figure di seguito, l'andamento nello spazio degli elementi indagati per il *Lolium italicum*.

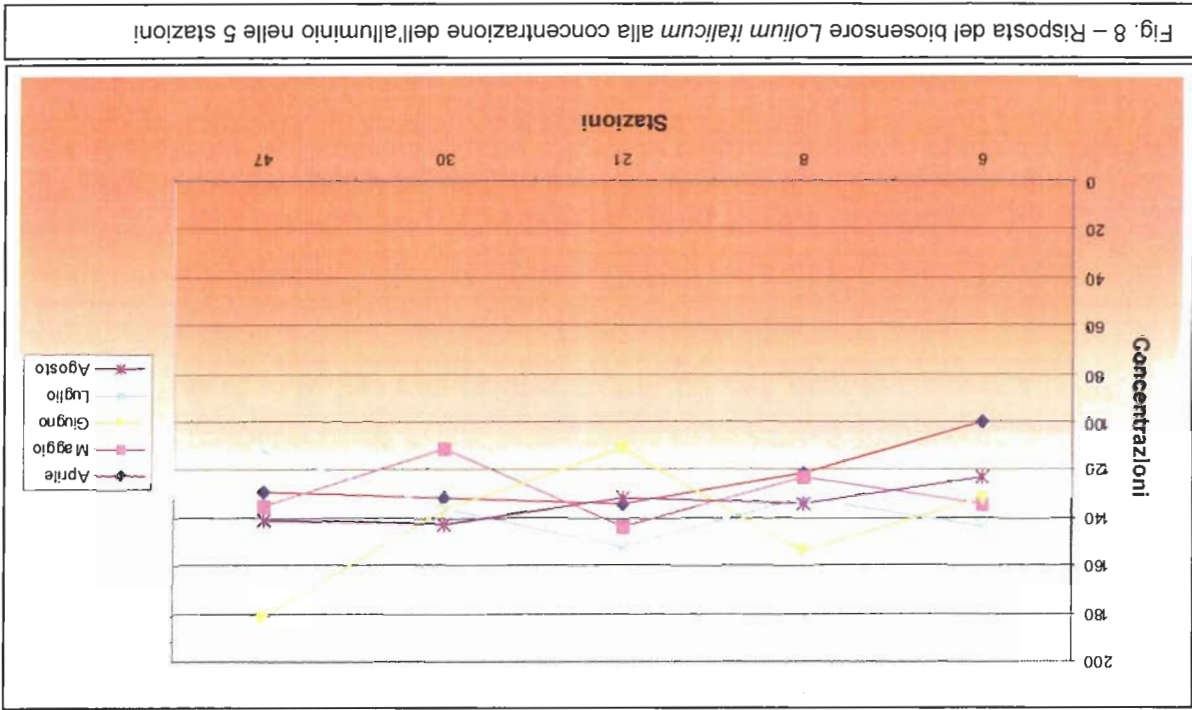


Fig. 8 - Risposta del biosensore *Lolium italicum* alla concentrazione dell'alluminio nelle 5 stazioni.

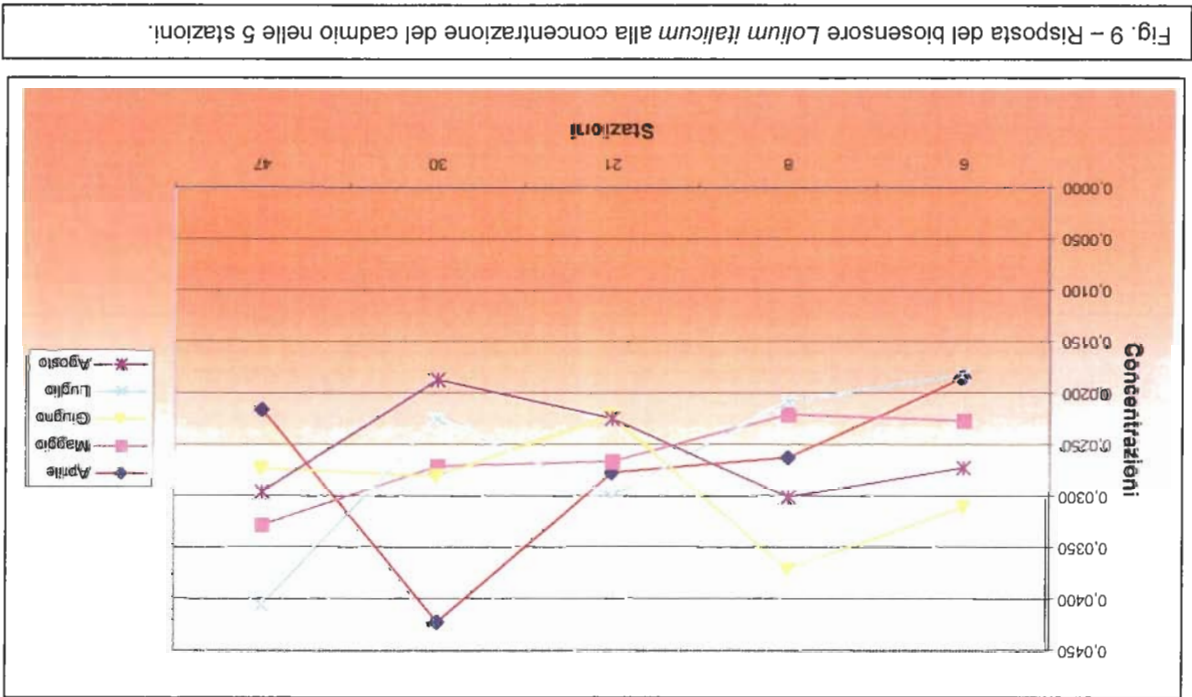


Fig. 9 – Risposta del biosensore *Lolium italicum* alla concentrazione del cadmio nelle 5 stazioni.

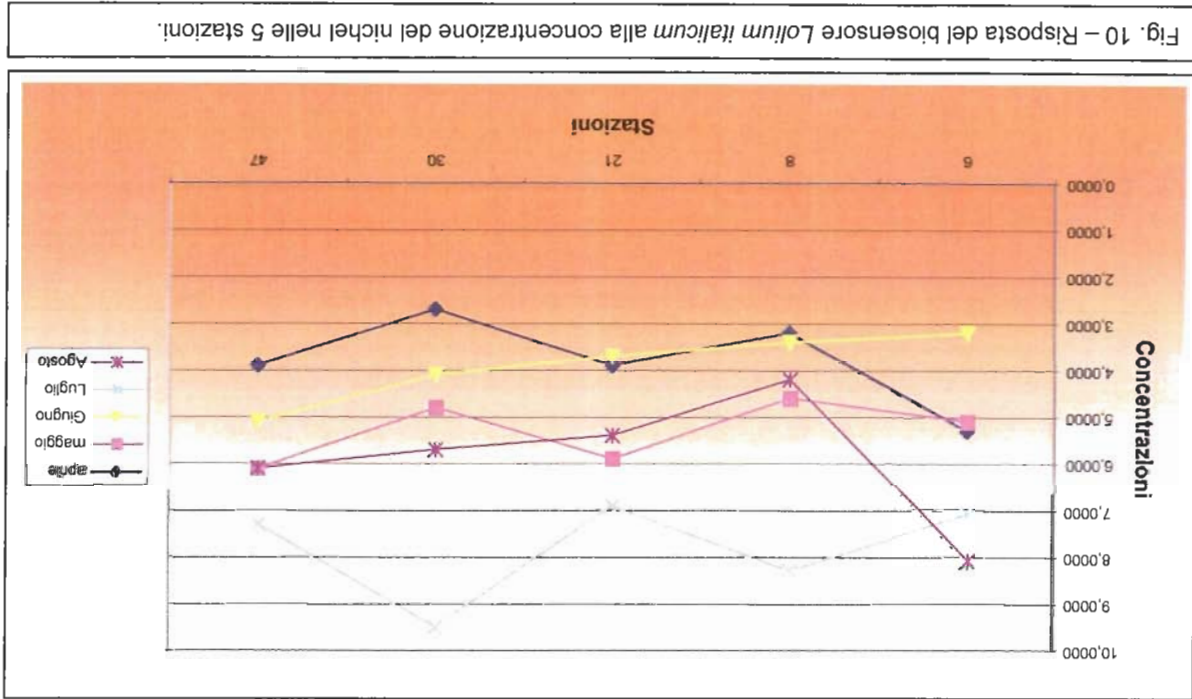


Fig. 10 – Risposta del biosensore *Lolium italicum* alla concentrazione del nichel nelle 5 stazioni.

Fig. 11 – Risposta del biosensore *Lolium italicum* alla concentrazione dell'azoto nelle 5 stazioni.

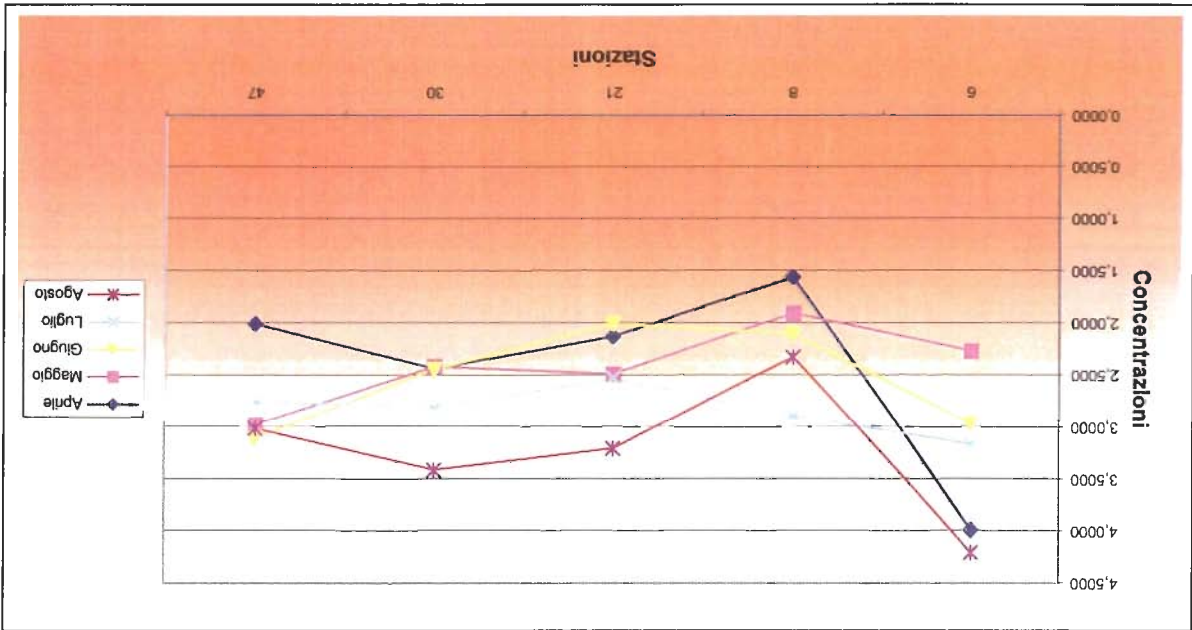
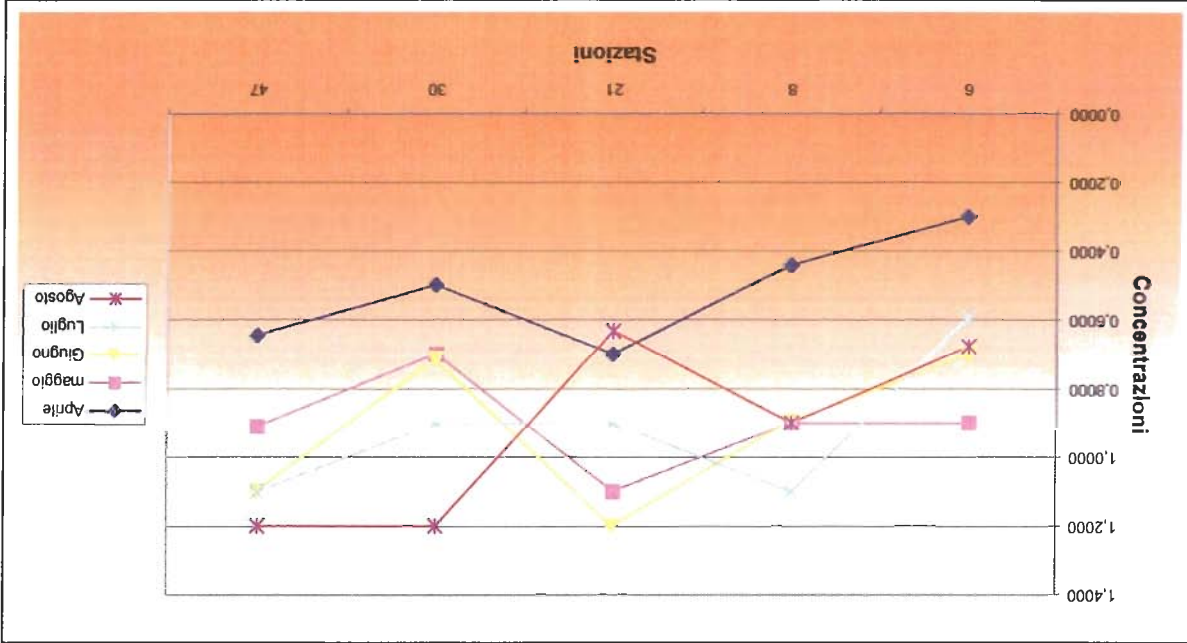
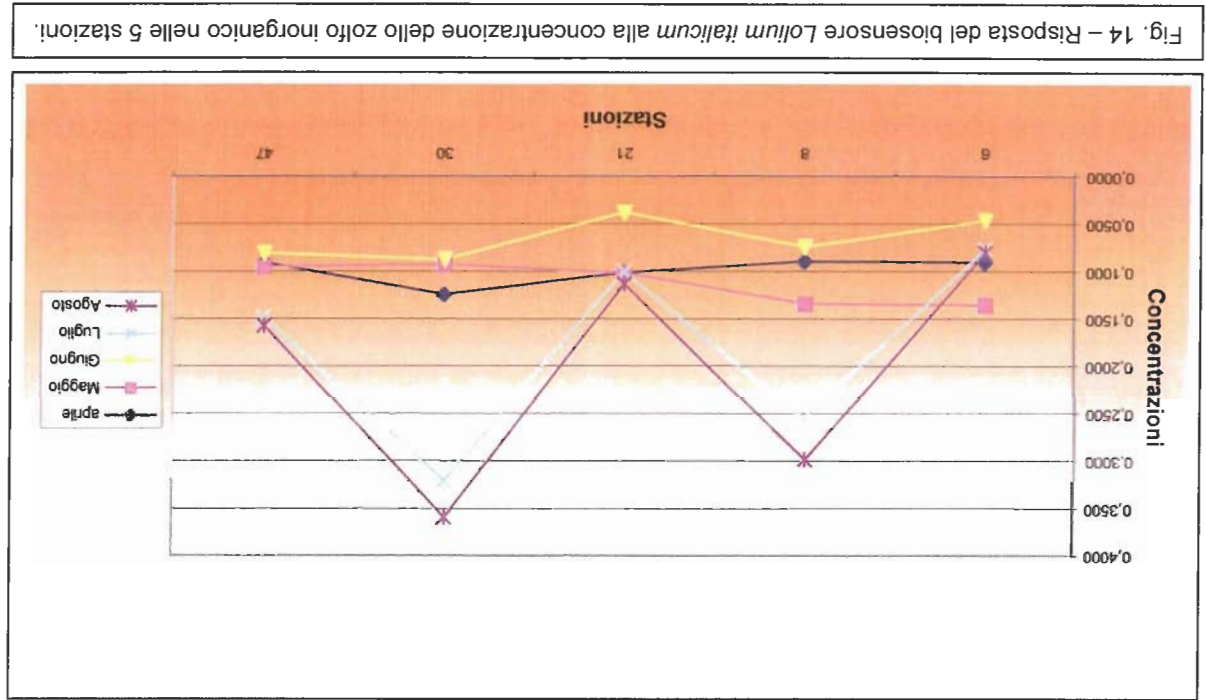
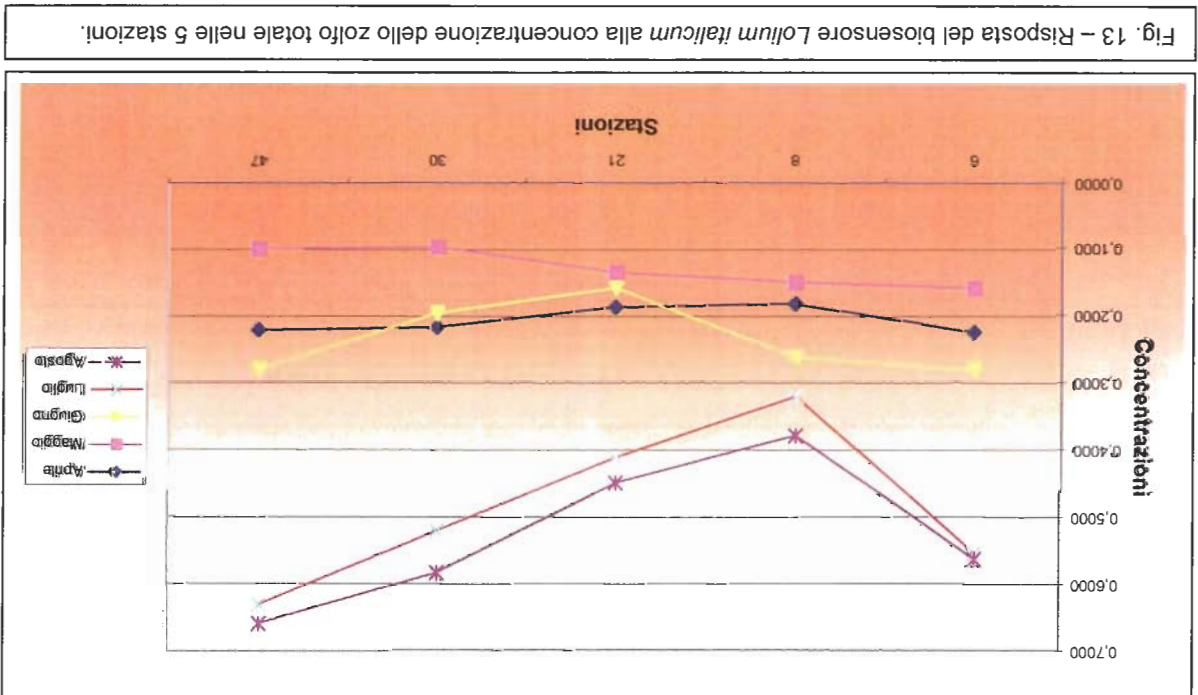


Fig. 12 – Risposta del biosensore *Lolium italicum* alla concentrazione del piombo nelle 5 stazioni.





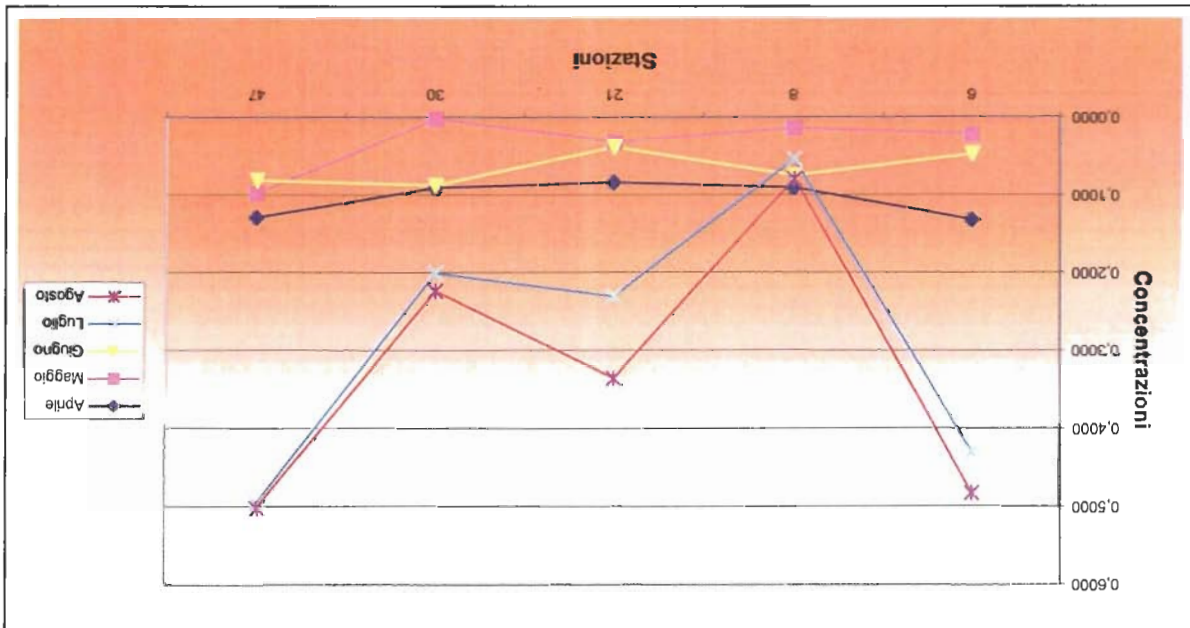


Fig. 15 – Risposta del biosensore *Lolium italicum* alla concentrazione dello zolfo organico nelle 5 stazioni.

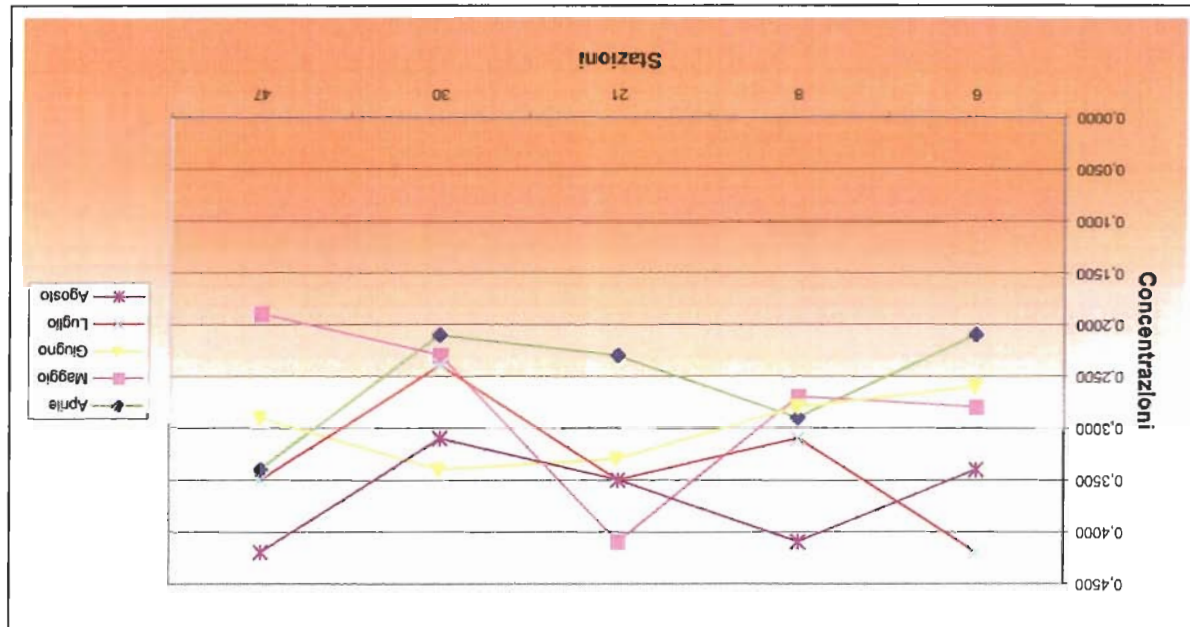


Fig. 16 – Risposta del biosensore *Lolium italicum* alla concentrazione del vanadio organico nelle 5 stazioni.



## 7 - BIOSENSORE ERBACEO ATTIVO TRIFOLIUM REPENS

Diverse piante evidenziano, in seguito ad esposizione prolungata all'ozono, danni fogliari più o meno rilevanti e possono perciò essere impiegate come utili indicatori biologici nel monitoraggio dei livelli di ozono troposferico. Per il monitoraggio biologico dell'ozono, che consiste nel rilevamento del danno subito dalle foglie delle piante in seguito ad esposizione di questo inquinante e alla stima della biomassa delle stesse, è stato utilizzato il biosensore *Trifolium repens*.

### 7.1 – Le fasi metodologiche

Prima di ogni raccolta sono state effettuate stime del danno fogliare e stata rilevata la percentuale delle foglie danneggiate per pianta, ed è stata effettuata una suddivisione in classi di danno (Tab. 2) (UN/ECE ICP-Vegetation, 2003). In allegato 5 vengono riportati alcuni esempi di danno fogliare.

CLASSE DI DANNO	PERCENTUALE DI DANNO
0	Nessun tipo di danno
1	Danno molto lieve; presenza dei primi sintomi
2	Danno lieve; 1-5% di foglie danneggiate
3	Danno moderato; 5-25% di foglie danneggiate
4	Danno intenso; 25-50% di foglie danneggiate
5	Danno molto intenso; 50-90% di foglie danneggiate
6	Danno totale; 90-100% di foglie danneggiate

Tab. 2 - Suddivisione in classi di danno.

### 7.2 – Interpretazione dei dati

Si riporta, di seguito, l'interpretazione dei dati forniti dal biosensore erbaceo attivo *Trifolium repens* In Tab. 3 sono riportati i valori delle classi di danno stimate per ogni sito sulle piante di trifoglio sensibili e, ove presenti, anche su quelle resistenti. Ogni periodo di raccolta durato circa 30 giorni a partire dal mese di maggio 2003.

È interessante notare come, in generale, il valore del danno risulti differente tra le piante resistenti e quelle sensibili e, come atteso, maggiore per queste ultime; con il procedere del periodo di

esposizione si riscontra un generale aumento della classe di danno in entrambi i cloni passando dalla prima alla quarta settimana.

Nelle Tabelle di seguito riportate viene espresso il danno fogliare (espresso seguendo le classi sopra specificate), stimato nei 5 periodi di raccolta nei diversi siti di campionamento. Le 5 stazioni campionate sono state la 6, 8, 21, 30 e la 47. Quest'ultima come la 6 e la 8 si trovano vicino a grandi reti viarie, potendo risentire in alcuni casi della forte antropizzazione, principalmente per ciò che riguarda i cloni resistenti.

### Stazione 6

S7	1°sett.	2°sett.	3°sett.	4°sett.
1°RACC	0	0	0	3
2°RACC	5	3	5	5
3°RACC	0	5	6	6
4°RACC		4		5
5°RACC				3

Tab.3 – Danno fogliare relativo al clone sensibile S contenuto nel vaso 7.

RI2	1°sett.	2°sett.	3°sett.	4°sett.
1°RACC	0	0	0	0
2°RACC	0	1	2	1
3°RACC	0	0	2	1
4°RACC		2		1
5°RACC				

Tab.4 – Danno fogliare relativo al clone resistente R contenuto nel vaso 12.

**Stazione 8**

S1	1°sett.	2°sett.	3°sett.	4°sett.
1°RACC	0	0	0	2
2°RACC	4	4	4	3
3°RACC	0	5	5	6
4°RACC		2		3
5°RACC				3

Tab.5 – Danno fogliare relativo al clone sensibile **S** contenuto nel vaso **1**.

**Stazione 21**

S10	1°sett.	2°sett.	3°sett.	4°sett.
1°RACC	0	0	0	3
2°RACC	3	4	4	4
3°RACC	0	5	6	6
4°RACC		5		6
5°RACC				

Tab.6 – Danno fogliare relativo al clone sensibile **S** contenuto nel vaso **10**.

**Stazione 30**

S4	1°sett.	2°sett.	3°sett.	4°sett.
1°RACC	0	0	0	3
2°RACC	4	4	5	5
3°RACC	0	5	6	6
4°RACC		4		3
5°RACC				4

Tab.7 - Danno fogliare relativo al clone sensibile S contenuto nel vaso 4.

**Stazione 47**

S12	1°sett.	2°sett.	3°sett.	4°sett.
1°RACC	0	0	0	2
2°RACC	4	3	4	4
3°RACC	0	5	5	6
4°RACC		4		4
5°RACC				4

Tab.8 - Danno fogliare relativo al clone sensibile S contenuto nel vaso 12.

Nelle Tabelle riportate di seguito vengono elencati i dati di biomassa (gr) prodotta in ogni vaso alla fine dei periodi di raccolta nei diversi siti; i campionamenti corrispondenti alla 2°, 3° e 4° raccolta, rappresentano, in genere, i migliori dati di riferimento per il sistema di biomonitoraggio che riguarda il danno sulla produzione vegetale dovuto ad ozono troposferico in assenza di altri fattori di stress naturali e/o di origine antropica.

I grafici a torta rappresentano invece l'analisi dettagliata, per stazione e per biosensore, delle misurazioni di biomassa effettuata. Sono grafici unicamente quantitativi che mettono subito in evidenza grafica e numerica i dati grezzi della biomassa misurata su ogni stazione.

Questo andamento relativo al danno fogliare, si riscontra in maniera più evidente nelle piante sensibili che, generalmente, alla quarta settimana raggiungono i valori più elevati della classe di danno. Occorre sottolineare come sia presente un generale miglioramento nei valori della classe di danno passando dal sito di esposizione collocato nell'area romana (1°-3° Raccolta) a quelli posti in Calabria (4°-5° Raccolta).

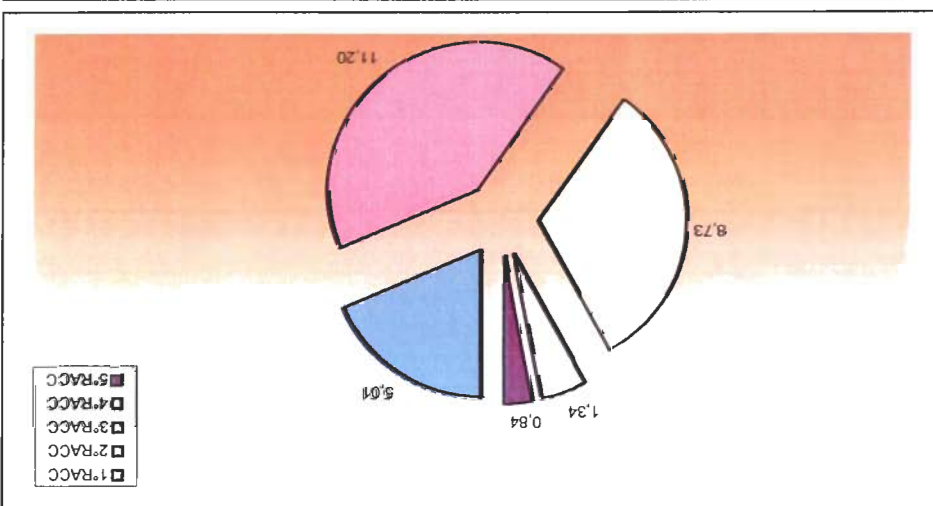
E' comunque possibile effettuare una prima valutazione degli effetti dell'ozono su tali piante bioindicatori nei cinque siti di esposizione. In particolare, il sito che presenta maggior danno è la Stazione 21 mentre quello che presenta la classe inferiore di danno risulta essere la Stazione 8. Tra i due estremi si collocano, con valori decrescenti di danno, le Stazioni 6, 47 e 30.

Tab.9 – Danno fogliare relativo al clone resistente R contenuto nel vaso 4.				
R4	1°sett.	2°sett.	3°sett.	4°sett.
1°RACC	0	0	0	0
2°RACC	0	0	0	1
3°RACC	0	0	2	4
4°RACC		0		2
5°RACC				0

**Stazione 6**

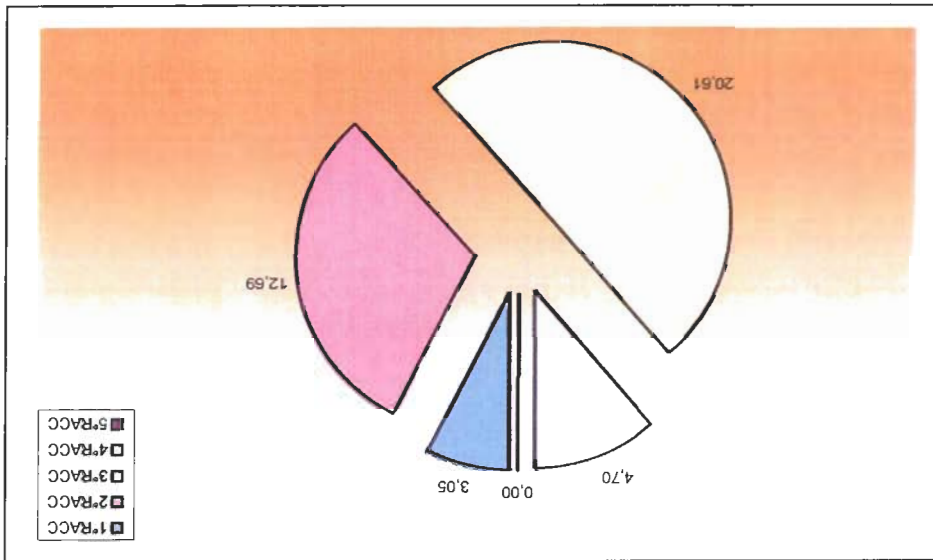
**Biosensore S7**

1°RACC	5,01g
2°RACC	11,2g
3°RACC	8,73g
4°RACC	1,34g
5°RACC	0,84g



**Biosensore R12**

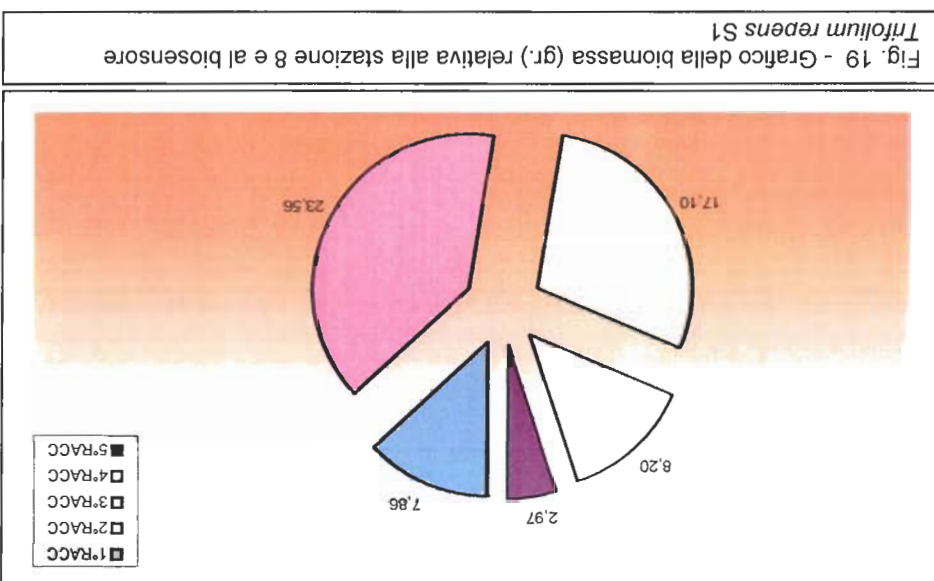
1°RACC	3,05g
2°RACC	12,69g
3°RACC	20,61g
4°RACC	4,7g
5°RACC	



**Stazione 8**

**Biosensore S1**

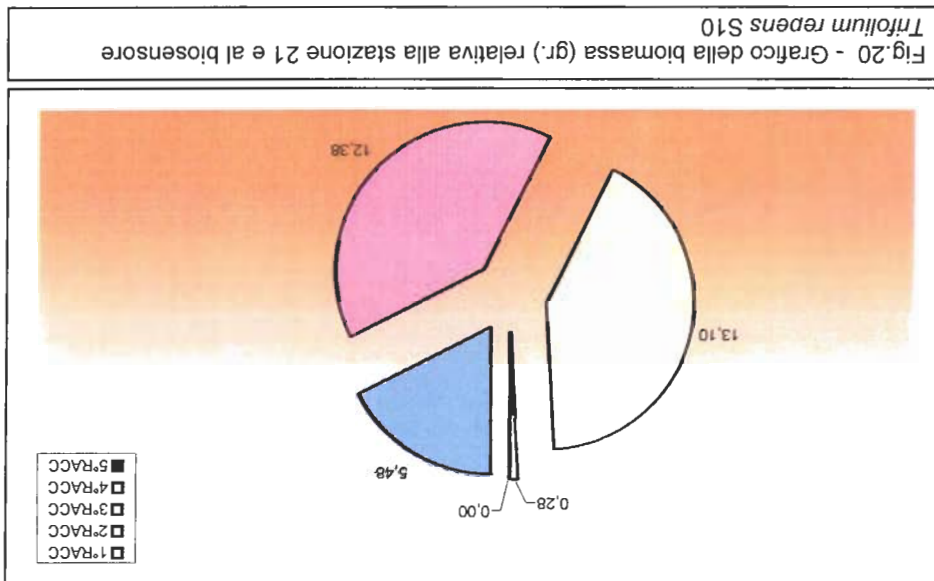
1°RACC	7,86g
2°RACC	23,56g
3°RACC	17,1g
4°RACC	8,20g
5°RACC	2,97g



**Stazione 21**

**Biosensore S10**

1°RACC	5,48g
2°RACC	12,38g
3°RACC	13,10g
4°RACC	0,28g
5°RACC	

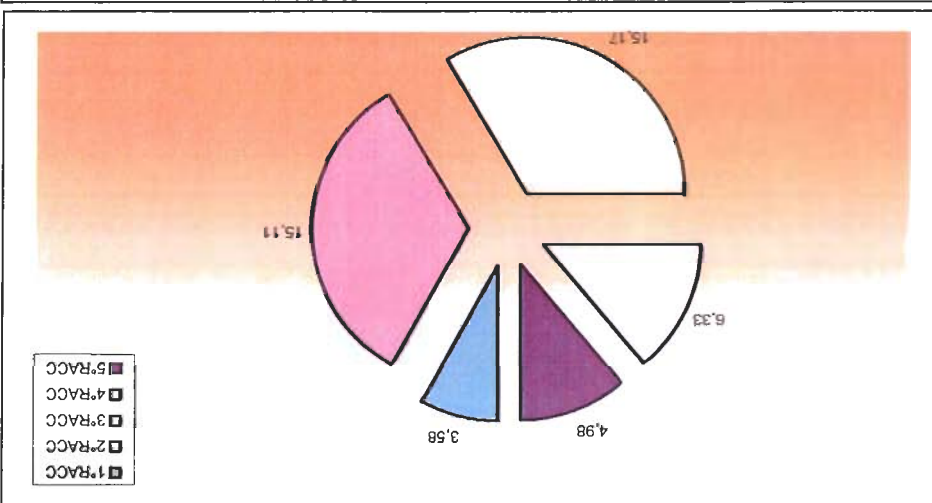


**Stazione 30**

**Biosensore S4**

1°RACC	3,58g
2°RACC	15,11g
3°RACC	15,17
4°RACC	6,33g
5°RACC	4,98g

Fig. 21 - Grafico della biomassa (gr.) relativa alla stazione 30 e al biosensore *Trifolium repens* S4

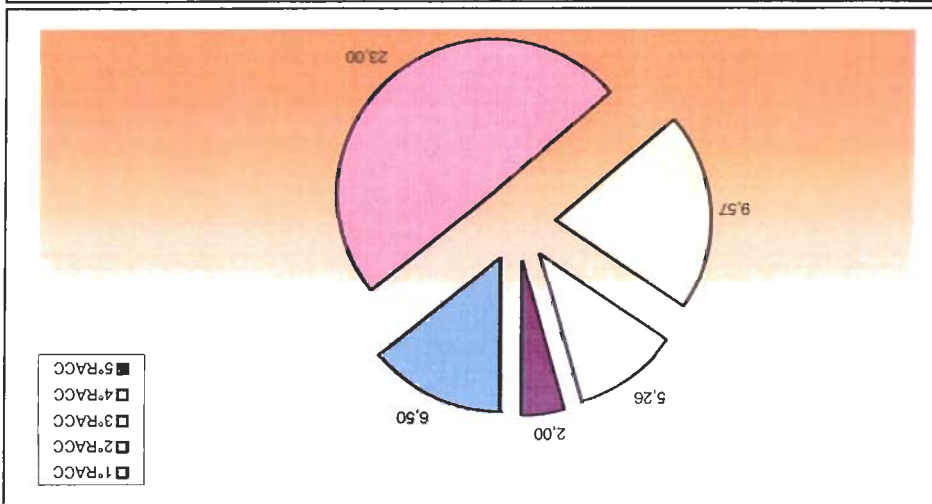


**Stazione 47**

**Biosensore S12**

1°RACC	6,50g
2°RACC	23g
3°RACC	9,57g
4°RACC	5,26g
5°RACC	2g

Fig. 22 - Grafico della biomassa (gr.) relativa alla stazione 47 e al biosensore *Trifolium repens* S12

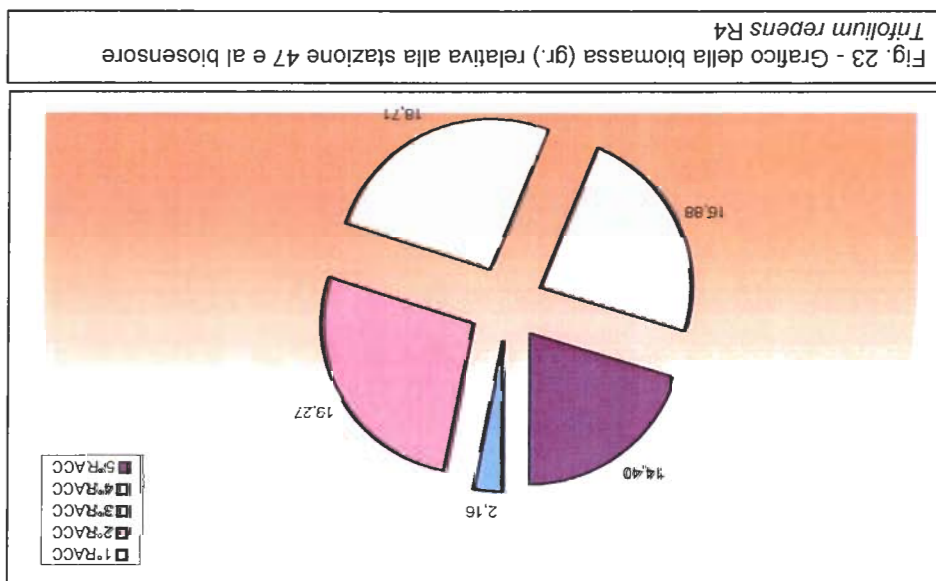




**Stazione 47**

**Biosensore R4**

1°RACC	2,16g
2°RACC	19,27g
3°RACC	18,71g
4°RACC	16,88g
5°RACC	14,40g



E' interessante notare come i dati di biomassa confermino per la Stazione 21 una condizione di maggiore stress giustificata dalla drastica riduzione di biomassa misurata nella quarta raccolta e dalla completa morte della pianta alla fine del quinto periodo di esposizione. Concordemente all'analisi effettuata sul danno, anche per tale indicatore, alla Stazione 21 segue la 6 mentre, per quanto riguarda le Stazioni 8, 30 e 47 si determina uno scambio di posizioni con una minor riduzione della produzione per la Stazione 47.

La Fig. 24 rappresenta un grafico di sintesi descrittiva che evidenzia in quale clone si è registrata la maggiore biomassa tra le diverse raccolte. Nella fattispecie i cloni S1, S4, S12 e R4, sono stati quelli che meglio hanno risposto alle misure. Questi mostrano infatti una media rispettivamente di 11.94, 9.03, 9.27 e 14.28 grammi. I cloni S7 ed S10 sono quelli su cui si sono riscontrate le misure minori con medie di 5.42 e 6.25 grammi.

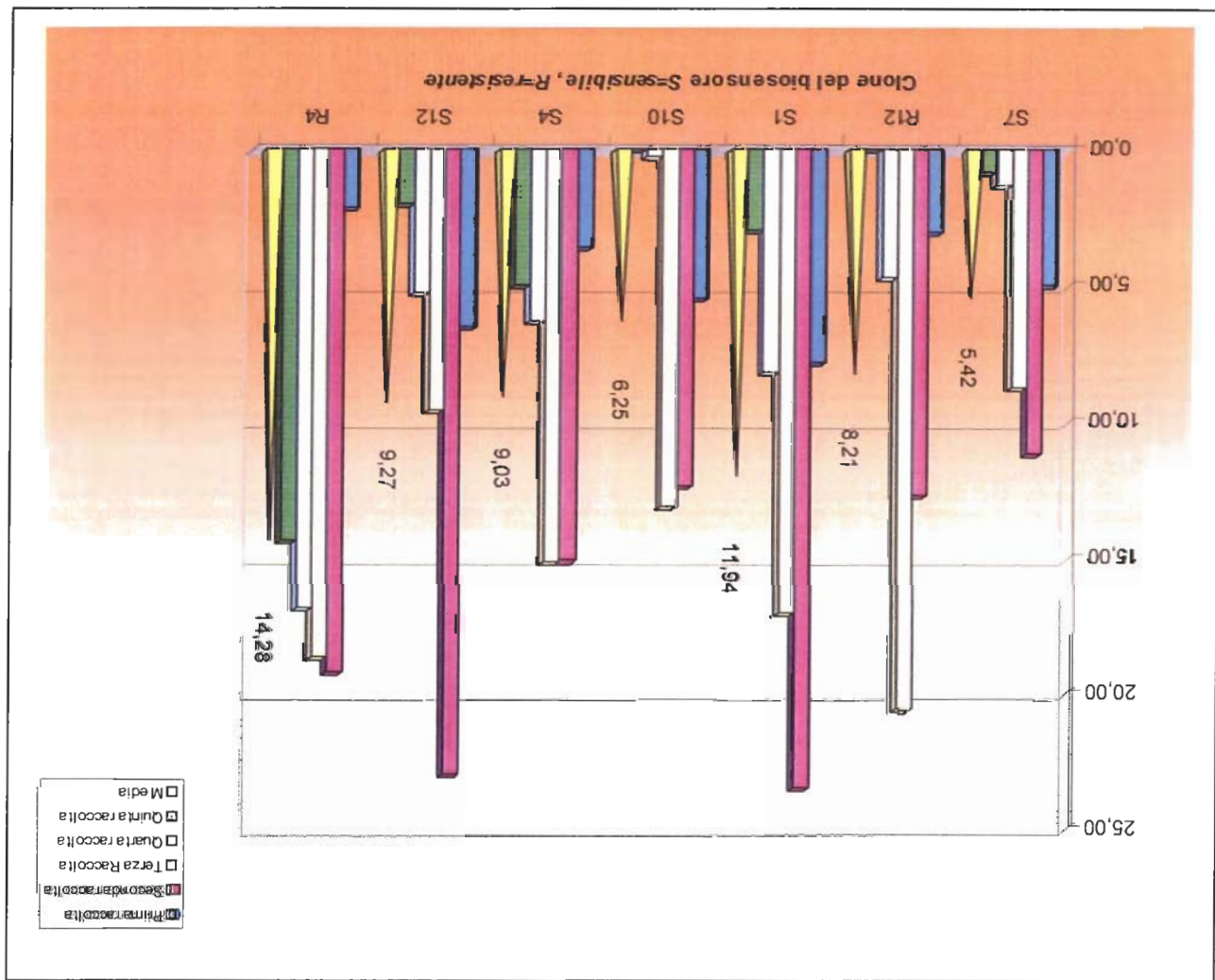


Fig. 24 - Relazione tra biomassa (gr) del biosensore *Trifolium repens* e la media divisa per clone e per periodo di raccolta

La Fig. 25 rappresenta un grafico di sintesi descrittiva che mostra il quantitativo di biomassa misurato per stazione, per biosensore (clone resistente e clone sensibile) e per periodo di raccolta. Dal grafico si evince che le maggiori biomasse misurate corrispondono alla seconda e terza raccolta, con una media di 16.74 gr e 14.71 gr. La media diminuisce sensibilmente nella quinta ed ultima raccolta portandosi a valori di 3.60 gr che sono anche i valori più bassi registrati in tutta la campagna di campionamento.

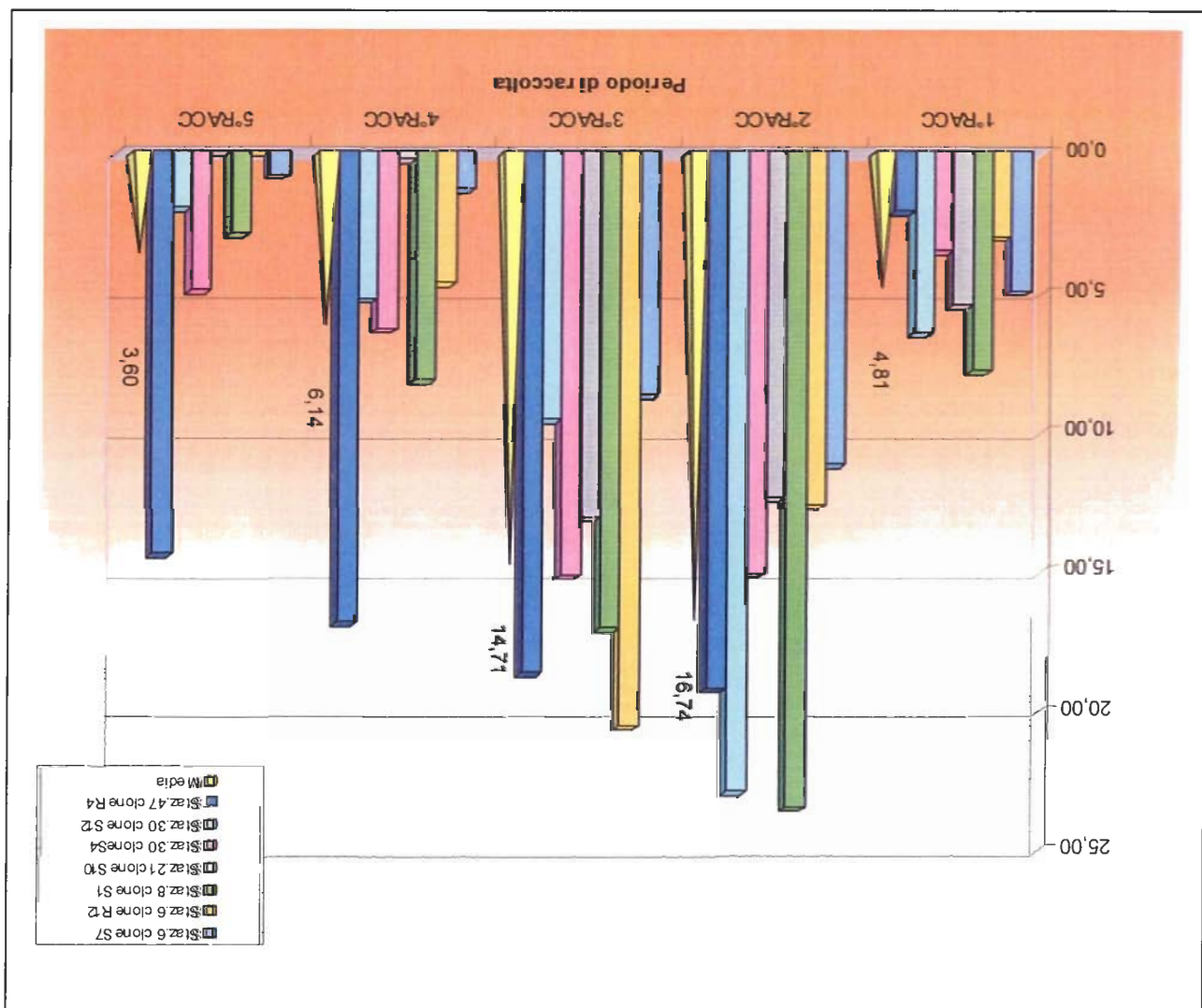


Fig. 25 - Quantitativi di biomassa (gr) del biosensore *Trifolium repens* con media in relazione a periodo di raccolta e al clone

Il grafico riportato in Fig. 26 è stato elaborato per evidenziare il quantitativo di biomassa di *Trifolium repens* misurato nelle stazioni e nelle diverse raccolte con la distanza lineare tra le stazioni e la Centrale (linea verde tratteggiata), che aumenta da sinistra verso destra ed è espressa in km come si evince dall'asse y di destra. Dal grafico si deduce che non esiste una relazione netta tra la distanza delle stazioni dalla centrale e la biomassa misurata. Infatti il grafico esibisce un andamento in cui, nella stazione 8 (molto prossima alla centrale 3,31 Km) la biomassa del *Trifolium repens* è maggiore in tutte le raccolte fatte, mentre man mano che ci si allontana dalla centrale (stazioni 21 e 30 distanza rispettivamente di 7 e 8 Km circa) diminuisce o comunque mostra un andamento non modellabile nelle diverse raccolte. Da questa analisi si ribadisce il concetto che la presenza dell'ozono nell'area monitorata non è particolarmente influenzata dalla presenza della centrale.

## 8 - BIOSENSORI PASSIVI

### 8.1 - Introduzione al tipo di statistica impiegata

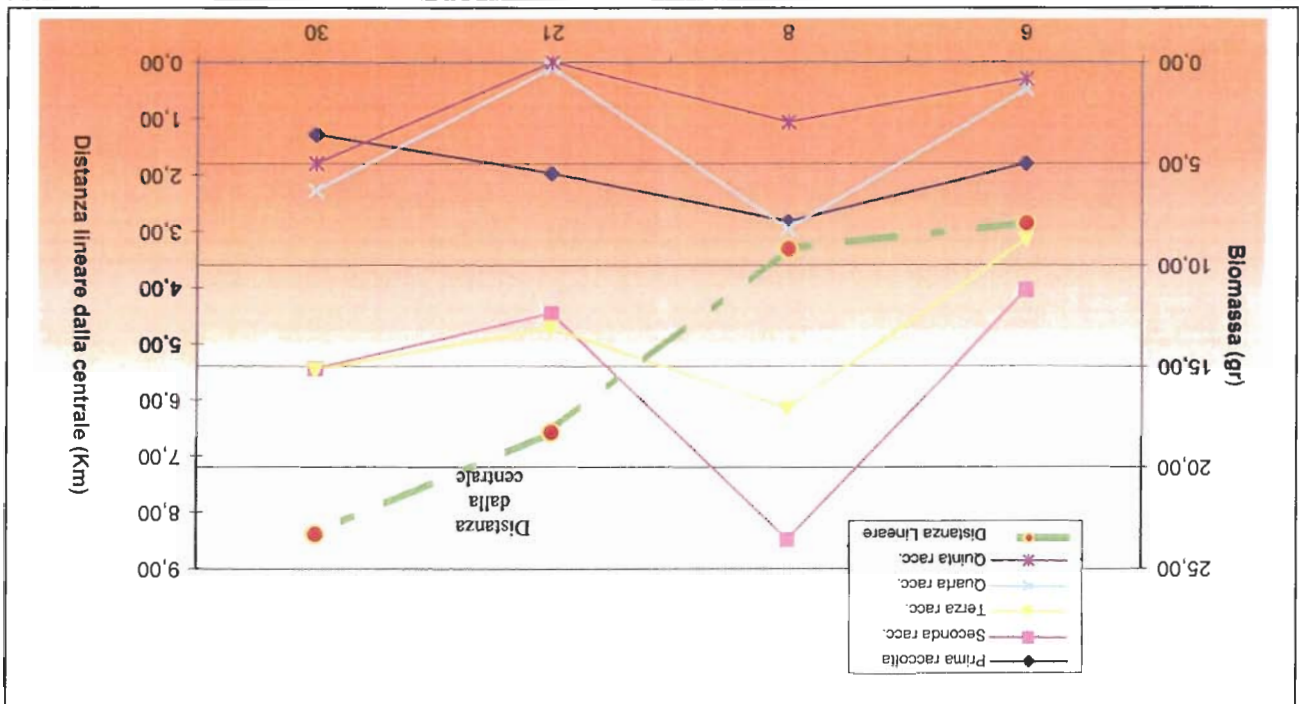
Le elaborazioni sono state effettuate (come previsto dal Progetto Esecutivo, consegnato ed approvato dalla Committenza) con il package SAS. In particolare sono state utilizzate la procedura UNIVARIATE, per le statistiche descrittive, e la procedura ANOVA, per l'analisi della varianza.

L'analisi è stata sviluppata effettuando, dapprima, una serie di controlli per verificare l'attendibilità dei dati a disposizione, successivamente è stata calcolata una serie di parametri propri della statistica descrittiva (Media, Mediana, Deviazione Standard, Coefficiente di Variazione, primo

Quartile, terzo Quartile, Massimo, Minimo ed Indice di Asimmetria).

Sono stati determinati tali parametri in quanto permettono di individuare la forma distributiva dei valori di concentrazione degli elementi chimici analizzati rispetto ai biosensori vegetali nelle diverse Stazioni di rilevamento. Per confrontare fra di loro valori misurati con scale diverse sono state standardizzate le variabili oggetto. La standardizzazione dei dati viene effettuata tramite l'applicazione della formula  $Vis = (Vi - Media) / STD$ , con Vis il valore iesimo standard, Vi il valore iesimo, M la media, STD la Deviazione Standard. Il metodo, portando a zero la media di ogni distribuzione ed ad un valore uguale ad uno per la Deviazione Standard, permette, infatti, di

Fig. 26 - Relazione tra la biomassa (gr.) misurata di *Trifolium repens* e la distanza lineare delle stazioni dalla centrale



confrontare i valori presi in esame annullando gli effetti delle varie scale di misura. Questo metodo è stato usato per confrontare i valori nei grafici. Anche nel caso del coefficiente di variazione dividere la Deviazione Standard per la media annulla gli effetti della scala di misura e permette di confrontare le diverse Deviazione Standard<sup>1</sup>.

L'utilizzo dell'Analisi della Varianza (ANOVA) consente di determinare se la differenza tra la concentrazione media di un dato elemento (ad esempio l'Alluminio) all'interno delle Stazioni di monitoraggio è significativamente diversa dalla concentrazione media generale. Se tale differenza è statisticamente significativa si può dedurre che esiste un "comportamento" complessivo disomogeneo rispetto alle Stazioni considerate. In altri termini, esiste una diversa distribuzione del fenomeno "concentrazione di un dato elemento" nelle Stazioni di monitoraggio (Cfr. bibliografia).

## 8.2 - Analisi delle distribuzioni semplici – interpretazione dei dati

Nel paragrafo sono riportate le distribuzioni semplici della concentrazione degli elementi presenti nei biosensori analizzati nelle diverse Stazioni di monitoraggio.

### Alluminio

Biosensore	Media	STD	CV*100	Minimo	1°quartile	Mediana	3°quartile	Massimo	Asimm.
Verbasco	551,422	244,351	44,313	234,000	333,000	444,000	333,000	735,000	0,439
Olea	487,200	167,160	34,310	234,000	358,500	487,200	623,000	721,000	-0,072
Pinus giu	493,009	146,242	29,663	312,131	360,500	487,000	648,500	721,000	0,269
Pinus sett	531,533	125,180	23,551	301,000	438,500	543,000	565,500	735,000	0,118

Tab. A1 – Parametri delle distribuzioni delle misurazioni dell'alluminio secondo i biosensori utilizzati.

<sup>1</sup> **Mediana:** È quel valore per cui metà dei dati è superiore ad esso e metà è inferiore. Da un'indicazione di quale siano i valori al "centro dei dati" dividono in quattro parti uguali. **Quartile:** è una misura di posizione. In una distribuzione che deve essere ordinata in modo crescente o decrescente, ci sono tre quartili che la primo quartile ha sotto di sé il 25% dei casi; il secondo coincide con la mediana e ha sotto di sé la metà dei casi e il terzo il 75% dei casi. Vengono spesso utilizzati nelle indagini di mercato e nei dati statistici per suddividere le popolazioni in gruppi, nel biomonitoraggio vengono utilizzati per suddividere le concentrazioni delle diverse stazioni in popolazioni. **Deviazione standard:** è una misura che indica quanto i valori si discostano dal valore medio (la media). Da sostanzialmente una misura del raggio dell'intervallo intorno alla media in cui cade la maggior parte dei valori. **Correlazione:** Per sapere se esiste un legame tra due caratteri quantitativi (nel biomonitoraggio la concentrazione degli elementi), e cioè se uno di essi esercita influenza sull'altro, ad esempio il peso delle persone e la loro altezza, si utilizzano gli indici di correlazione. Questi riescono a dare anche una misura del legame tra le due variabili considerate. Quando la dipendenza tra due variabili è lineare si parla di correlazione lineare. Per  $r = 1$  si ha il massimo di correlazione diretta, per  $r = -1$  si ha il massimo di correlazione inversa, per  $r = 0$  non si ha correlazione. Una correlazione positiva o negativa indica che più il valore di una variabile aumenta, più il valore dell'altra variabile tenderà ad aumentare a sua volta. Se invece la correlazione è negativa o sia tendente a  $-1$ , significa che con l'aumento del valore della variabile A, il valore della variabile B tenderà a diminuire. **Asimmetria:** Una distribuzione con asimmetria positiva presenta la "coda" destra della distribuzione stessa più allungata rispetto alla "coda" sinistra Viceversa possiamo definire una curva con asimmetria negativa. L'indice utilizzato è positivo in presenza di asimmetria positiva e negativo nel caso opposto. L'indice è pari a zero in assenza di asimmetria. L'indice qui proposto è pari al rapporto tra il triplo della differenza tra media e mediana e lo scarto quadratico medio. L'asimmetria positiva indica che quasi tutti i valori risultano relativamente elevati rispetto allo zero, o meglio al valore minimo. L'asimmetria negativa, invece, indica che quasi tutte le misure risultano omogenee, vicino al valore minimo, ma sono presenti anche alcuni valori particolarmente elevati rispetto agli altri.

L'andamento spaziale delle concentrazioni di alluminio determinate analiticamente in tutti i biosensori analizzati è riportato nelle tavole in appendice (II, III, IV).

Tali mappe, dunque, permettono di osservare l'andamento complessivo determinato per l'alluminio, in riferimento alle Stazioni di campionamento ed al tipo di biosensore analizzato.

#### Arsenico

Le concentrazioni di arsenico determinate nei campioni risultano quasi sempre inferiori alla soglia di rilevanza e quindi risultano essere molto al di sotto del valore naturale (corrispondente a 1,5 mg/Kg, secondo Lindt T.J.\*), in tutte le Stazioni, tranne in sporadici casi. Si è ritenuto, dunque, superfluo effettuare una qualsiasi elaborazione statistica al riguardo. Si può ritenere non presente sul territorio un inquinamento da arsenico.

#### Azoto

Biosensore	Media	STD	CV*100	Minimo	1°quartile	Mediana	3°quartile	Massimo	Astimm.
Verbasco	4,080	2,004	49,126	1,240	2,100	3,990	2,100	6,230	0,176
Olea	3,826	1,720	44,954	2,040	2,185	3,826	5,245	6,110	0,116
Pinus giu	3,427	2,335	68,154	1,300	1,910	2,210	4,635	7,900	1,120
Pinus sett	4,306	2,590	60,139	2,010	2,185	2,540	7,100	8,100	0,485

Tab. N – Parametri delle distribuzioni delle misurazioni dell'azoto secondo i biosensori utilizzati.

L'andamento spaziale delle concentrazioni di azoto determinate analiticamente in tutti i biosensori analizzati è riportato nelle tavole in appendice (II, III, IV).

Da queste si può osservare l'andamento complessivo determinato per l'azoto, in riferimento alle Stazioni di campionamento ed al tipo di biosensore analizzato.

Le concentrazioni medie di azoto, determinate nei biosensori passivi, sono risultate, come in precedenza, leggermente superiori ai limiti considerati naturali (corrispondente a 2,5 mg/Kg secondo Markert B.\*\*\*) per i biosensori studiati.

L'andamento spaziale delle concentrazioni di nichel determinate analiticamente in tutti i biosensori analizzati è riportato nelle tavole in appendice (II, III, IV).  
Da queste si può osservare l'andamento complessivo determinato per il nichel, in riferimento alle Stazioni di campionamento ed al tipo di biosensore analizzato.

In tutti i biosensori arborei considerati i valori, medi, si confermano fortemente inferiori rispetto al valore (di 2,5 mg/kg), considerato "normale nei territori non inquinati", secondo Lindt T.J.\*\*; mentre nel verbasco risultano, leggermente, superiori.

Biosensore	Media	STD	CV*100	Minimo	1° quartile	Mediana	3° quartile	Massimo	Asimm.
Verbasco	2,880	0,729	25,313	1,400	2,300	2,900	2,300	3,400	-0,165
Olea	0,950	0,143	15,092	0,800	0,825	0,950	1,075	1,200	0,566
Pinus giu	1,000	0,474	47,359	0,300	0,750	0,900	1,100	2,300	1,499
Pinus sett	1,467	0,394	26,864	0,900	1,100	1,500	1,850	2,100	0,028

### Nichel

L'andamento spaziale delle concentrazioni di cadmio determinate analiticamente in tutti i biosensori analizzati è riportato nelle tavole in appendice (II, III, IV).  
Da queste si può osservare l'andamento complessivo determinato per il cadmio, in riferimento alle Stazioni di campionamento ed al tipo di biosensore analizzato.

Le concentrazioni medie di cadmio, determinate nei campioni dei biosensori vegetali passivi, risultano al di sotto del valore naturale (corrispondente a 1,5 mg/Kg secondo Lindt T.J.\*\*).  
Non è presente, quindi, nel territorio, un inquinamento da cadmio nell'aria.

Biosensore	Media	STD	CV*100	Minimo	1° quartile	Mediana	3° quartile	Massimo	Asimm.
Verbasco	0,046	0,021	45,912	0,010	0,030	0,040	0,030	0,060	0,055
Olea	0,287	0,135	46,921	0,140	0,215	0,287	0,325	0,620	1,847
Pinus giu	0,229	0,119	51,731	0,126	0,157	0,176	0,254	0,540	1,721
Pinus sett	0,300	0,129	42,892	0,140	0,210	0,240	0,345	0,620	1,205

### Cadmio

**Piombo**

Tab. Pb – Parametri delle distribuzioni delle misurazioni del piombo secondo i biosensori utilizzati.										
<b>Piombo</b>	Media	1,240	0,578	0,100	0,900	1,300	0,900	1,600	Asimm.	-0,324
<b>Verbasco</b>	Media	3,620	1,341	2,100	2,600	3,620	4,550	6,100	Massimo	0,551
<b>Olea</b>	Media	3,140	1,207	1,800	2,000	3,200	3,850	5,900	Massimo	0,786
<b>Pinus giu</b>	Media	3,513	1,202	2,100	2,500	3,700	4,250	6,100	Massimo	0,552
<b>Pinus sett</b>	Media	34,204	38,440	1,800	2,000	3,200	3,700	4,250	Massimo	0,552
	STD	CV*100	Minimo	1° quartile	Mediana	3° quartile	Massimo	Asimm.		

L'andamento spaziale delle concentrazioni di piombo determinate analiticamente in tutti i biosensori analizzati è riportato nelle tabelle in appendice (II, III, IV).

Queste permettono di osservare l'andamento complessivo determinato per il piombo, in riferimento alle Stazioni di campionamento ed al tipo di biosensore analizzato.

Le concentrazioni medie di piombo, nei biosensori analizzati, risultano inferiori ai valori (5 mg/Kg) riportati da Riss A.\*\*\*\*.

Non è presente, quindi, nel territorio, un inquinamento da piombo nell'aria.

**Zolfo**

Le Tabelle S.o., S.i. e S.tot mostrano i parametri relativi al carico di zolfo, rispettivamente, organico, inorganico e totale.

La presenza media calcolata rispetto ai biosensori, mostra differenze non apprezzabili tra le tipologie di zolfo. Anche gli altri parametri non mostrano differenze apprezzabili.

Tab. S.o. – Parametri delle distribuzioni dello zolfo organico secondo i biosensori utilizzati.										
<b>Biosensore</b>	Media	0,082	0,056	0,011	0,044	0,064	0,044	0,112	Asimm.	1,278
<b>Verbasco</b>	Media	0,105	0,025	0,067	0,093	0,105	0,120	0,150	Massimo	0,264
<b>Olea</b>	Media	0,090	0,021	0,067	0,076	0,084	0,096	0,150	Massimo	1,735
<b>Pinus giu</b>	Media	0,081	0,031	0,029	0,054	0,086	0,098	0,129	Massimo	-0,217
<b>Pinus sett</b>	Media	38,023	23,616	0,029	0,054	0,086	0,098	0,129	Massimo	-0,217
	STD	CV*100	Minimo	1° quartile	Mediana	3° quartile	Massimo	Asimm.		

Tab. S.i. – Parametri delle distribuzioni dello zolfo inorganico secondo i biosensori utilizzati.										
<b>Biosensore</b>	Media	0,071	0,056	0,002	0,037	0,060	0,037	0,085	Asimm.	1,800
<b>Verbasco</b>	Media	0,089	0,021	0,063	0,079	0,089	0,092	0,139	Massimo	1,342
<b>Olea</b>	Media	0,098	0,028	0,063	0,077	0,092	0,111	0,149	Massimo	0,853
<b>Pinus giu</b>	Media	21,212	28,822	0,040	0,054	0,063	0,068	0,090	Massimo	0,417
<b>Pinus sett</b>	Media	21,212	28,822	0,040	0,054	0,063	0,068	0,090	Massimo	0,417
	STD	CV*100	Minimo	1° quartile	Mediana	3° quartile	Massimo	Asimm.		



Biosensore	Media	STD	CV*100	Minimo	1°quartile	Mediana	3°quartile	Massimo	Asimm.
Verbasco	0,153	0,083	54,213	0,070	0,112	0,124	0,112	0,168	1,809
Olea	0,193	0,033	16,857	0,152	0,163	0,193	0,209	0,242	0,125
Pinus giu	0,188	0,033	17,634	0,151	0,156	0,186	0,215	0,242	0,330
Pinus sett	0,143	0,034	23,861	0,089	0,126	0,143	0,156	0,205	0,189

Tab. S.tot - Parametri delle distribuzioni dello zolfo totale secondo i biosensori utilizzati.

Sempre tenendo presente la tipologia di zolfo misurato, si possono evidenziare alcune differenze, seppur di lieve entità, tra il tipo di distribuzioni delle misurazioni rispetto al tipo di biosensore utilizzato.

Le concentrazioni medie di zolfo determinate nei campioni risultano al di sotto del valore naturale (corrispondente rispettivamente a 0,3 mg/Kg per Lindt T.J.\*\* ed a 0,3 mg/Kg per Markert B.\*\*\*).

Non si rileva, quindi, nel territorio un inquinamento da zolfo.

L'andamento spaziale delle concentrazioni di zolfo determinate analiticamente in tutti i biosensori analizzati è riportato nelle tavole in appendice (II, III, IV).

Da queste si può osservare l'andamento complessivo determinato per lo zolfo, in riferimento alle Stazioni di campionamento ed al tipo di biosensore analizzato.

### Vanadio

Biosensore	Media	STD	CV*100	Minimo	1°quartile	Mediana	3°quartile	Massimo	Asimm.
Verbasco	0,632	0,274	43,346	0,120	0,430	0,540	0,430	0,870	0,087
Olea	0,510	0,082	15,983	0,370	0,475	0,510	0,568	0,630	-0,122
Pinus giu	0,445	0,124	27,774	0,280	0,355	0,440	0,525	0,660	0,433
Pinus sett	0,497	0,124	24,923	0,350	0,390	0,490	0,570	0,720	0,687

Tab. V - Parametri delle distribuzioni del vanadio secondo i biosensori utilizzati.

L'andamento spaziale delle concentrazioni di vanadio determinate analiticamente in tutti i biosensori analizzati è riportato nelle tavole in appendice (II, III, IV).  
 E' evidente che le concentrazioni medie di vanadio determinate nei campioni sono molto inferiori al valore naturale (corrispondente a 10 mg/Kg, per Lindt T.J.\*\*).

Non è presente, quindi, nel territorio un inquinamento da vanadio.

### 8.3 - Analisi statistica ANOVA matrici di correlazione

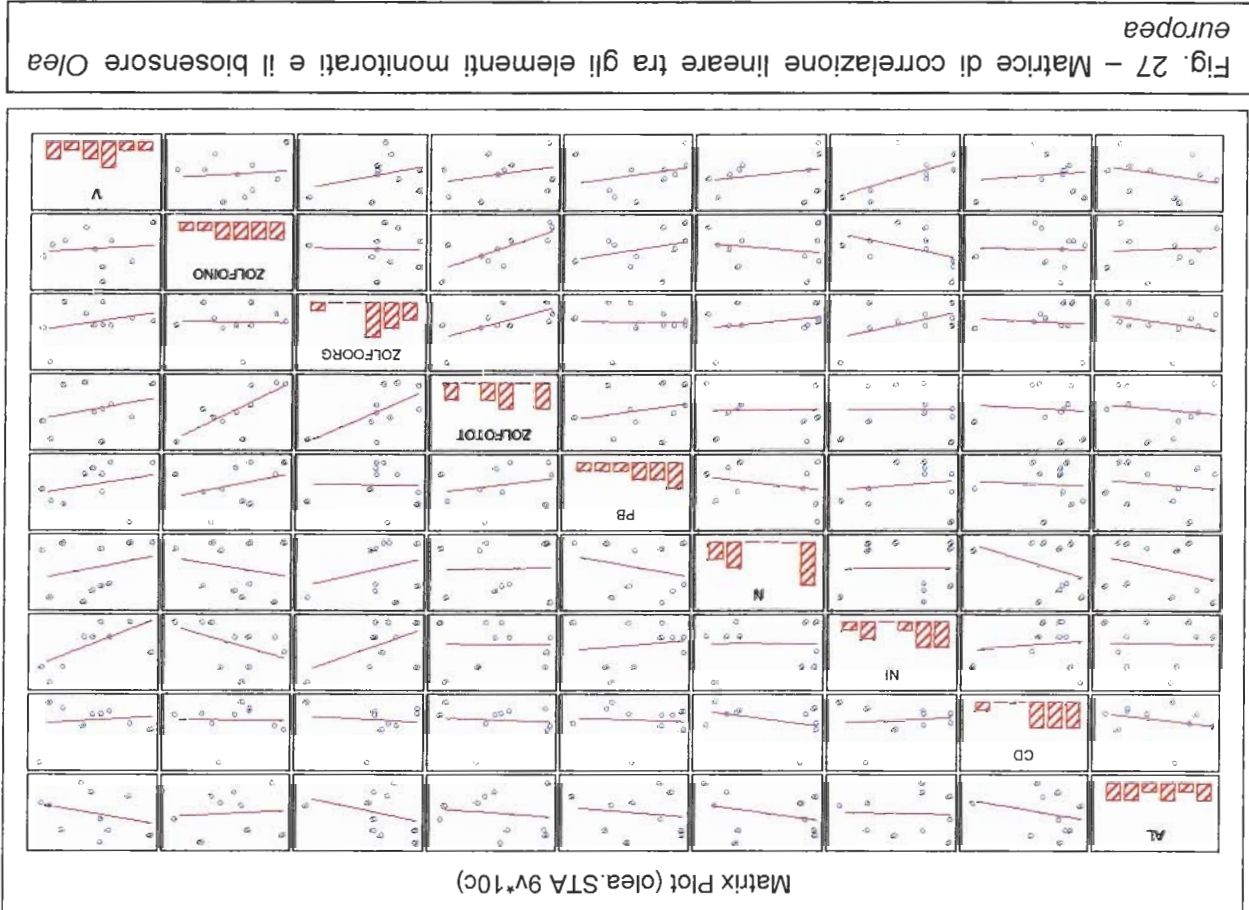
Il livello dell'Associazione lineare fra due variabili quantitative (es. Al, Pb) è analizzato con il Coefficiente di Correlazione lineare di Pearson ( $r$ ). Il valore di  $r$  può variare fra  $-1$  e  $+1$  (associazione assoluta). Lo  $0$  rappresenta la mancanza di associazione. Nei grafici non viene riportato il valore, ma la retta di correlazione, che può variare la sua posizione da  $+45^\circ$  ( $r = +1$ ) a  $-45^\circ$  ( $r = -1$ ), quando la retta si trova sull'orizzontale il valore della  $r$  è uguale a zero.

1. Con  $r = +1$  la correlazione tra due variabili è massima, significa che al variare di una, varia con la stessa intensità anche l'altra, es. se l'alluminio aumenta, anche il piombo aumenta con la stessa intensità.

2. Con  $r = -1$  la correlazione tra due variabili è massima ma inversa, esprime che al variare di una variabile l'altra varia con la stessa intensità ma in modo opposto. Es. all'aumentare dell'alluminio il piombo varia con la stessa intensità ma in segno opposto cioè diminuisce.

3. Con  $r = 0$  le variabili sono totalmente non correlate tra loro, ovvero al variare di una l'altra si comporta in modo indipendente e non prevedibile.

Per ragioni di semplicità viene omessa la procedura di costruzione della matrice di correlazione. Nei grafici vengono riportate le relazioni sotto forma di matrice, nelle tabelle si è voluta riportare l'interpretazione delle stesse, indicando con le  $X$  le correlazioni dirette significative, con gli  $O$  sono state indicate le correlazione inverse (sempre molto significative). Gli spazi vuoti indicano mancanza di correlazione. La matrice di correlazione è sempre simmetrica, e sulla diagonale principale riporta valori sempre unitari.

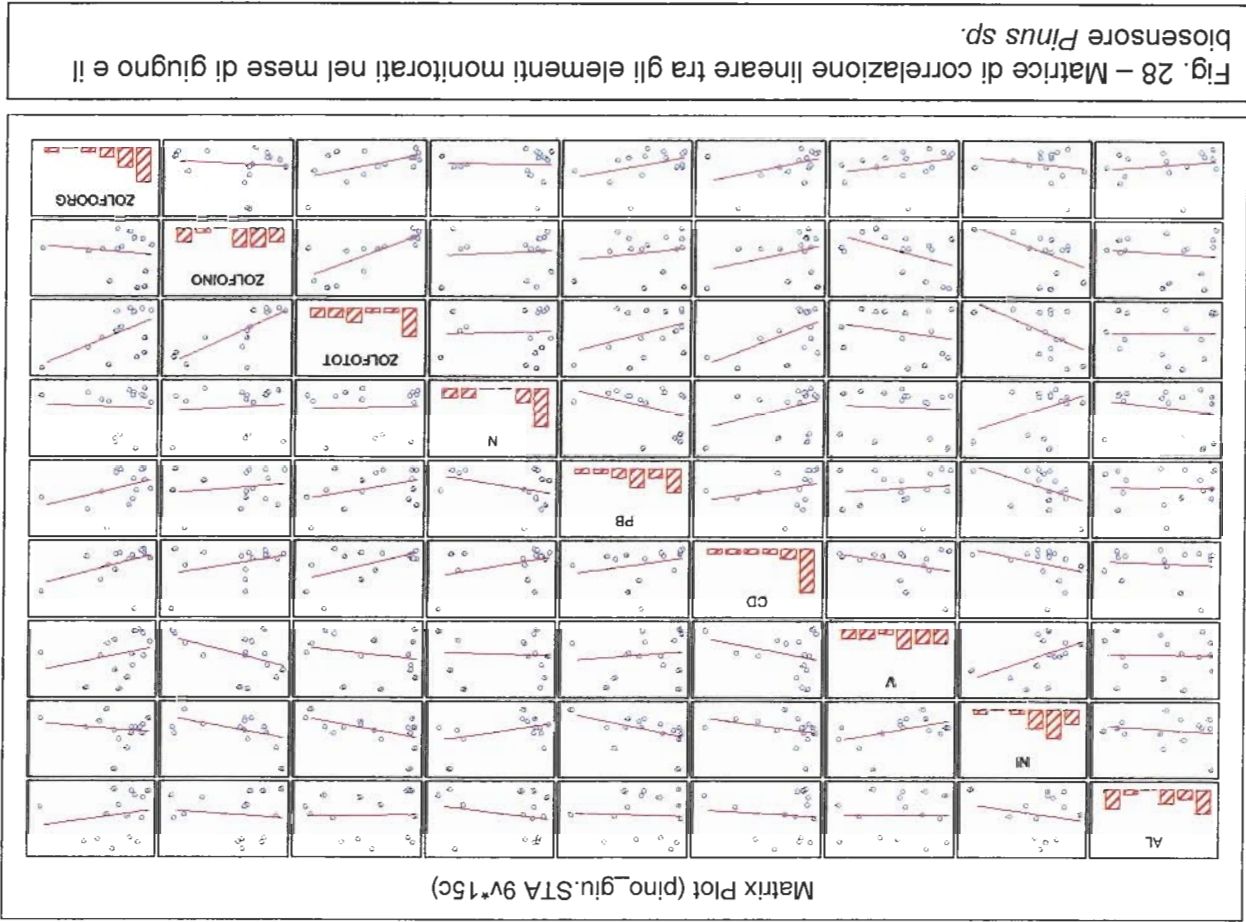


Ottima correlazione diretta

	Al	Cd	NI	N	Pb	St	So	SI	V
Al	I								
Cd		I							
NI			I						
N				I					
Pb					I				
St						I			
So							I		
SI								I	
V									I

Ottima correlazione inversa

	Al	Cd	Ni	N	Pb	St	So	Si	V
Al	I								
Cd	O	I							
Ni			I						
N				I					
Pb					I				
St						I			
So							I		
Si								I	
V									I

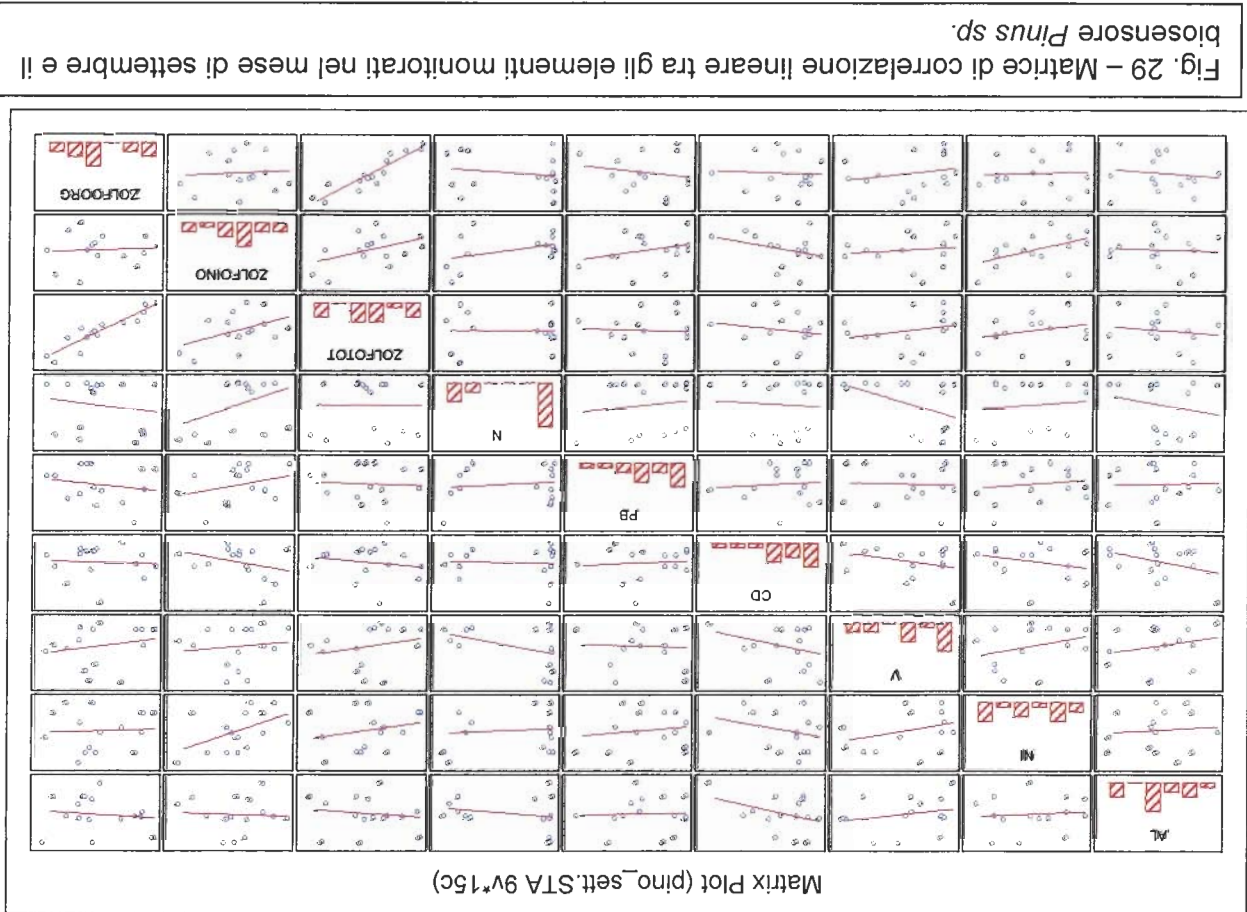


	AI	NI	V	Cd	Pb	N	St	SI	So
AI	1								
NI		1							
V			1						
Cd				1					
Pb					1				
N						1			
St							1		
SI								1	
So									1

Ottima correlazione inversa

	AI	NI	V	Cd	Pb	N	St	SI	So
AI	1								
NI		1							
V			1						
Cd				1					
Pb					1				
N						1			
St							1		
SI								1	
So									1

Ottima correlazione diretta

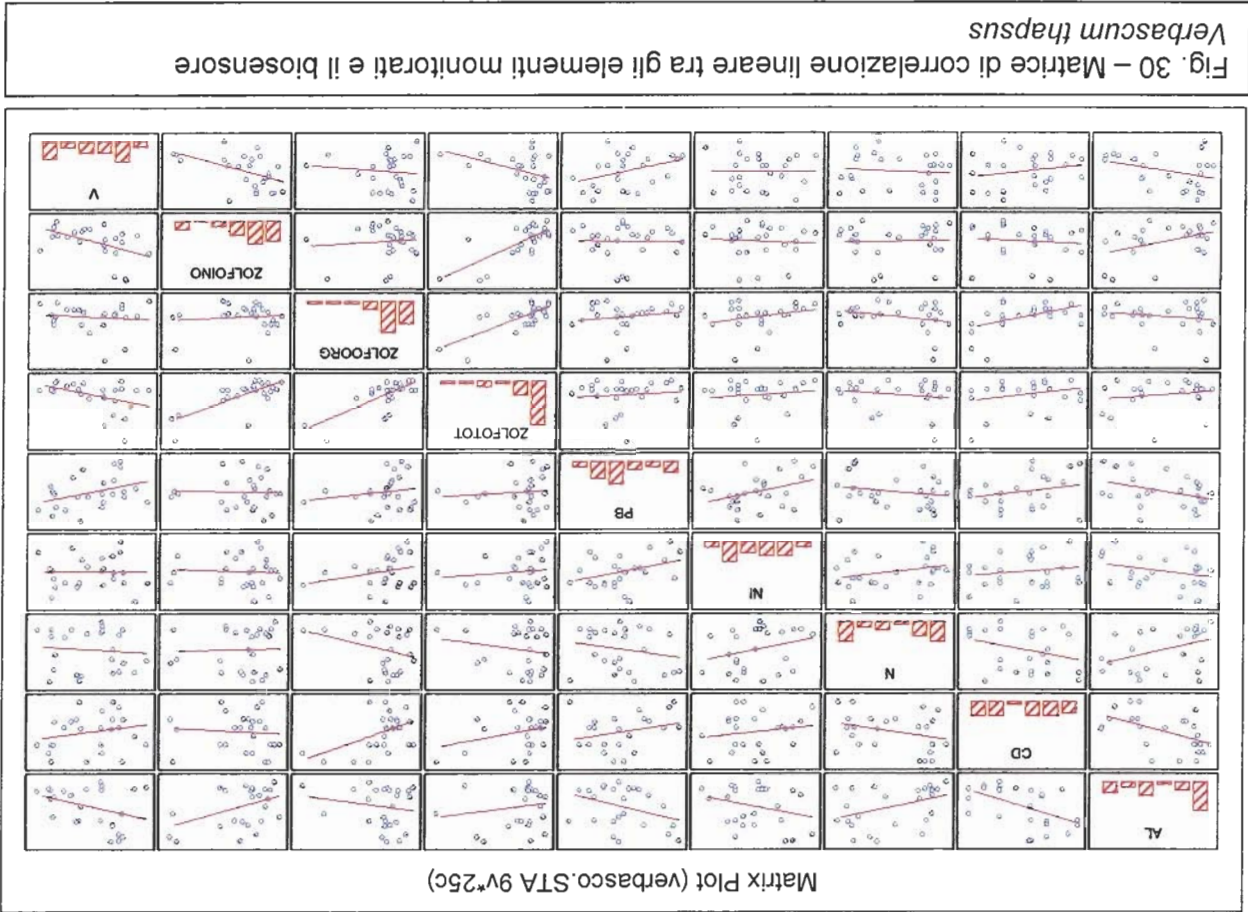


Ottima correlazione diretta

	Al	N	V	CD	Pb	N	St	Si	So
Al	1								
N		1							
V			1						
CD				1					
Pb					1				
N						1			
St							1		
Si								1	
So									1

**Optima correlazione inversa**

	Al	Ni	V	Cd	Pb	N	St	Si	So	
Al	I									
Ni		I								
V			I							
Cd				O	I					
Pb						I				
N							I			
St								I		
Si									I	
So										I



**Ottima correlazione diretta**

	Al	Cd	N	Ni	Pb	St	So	Si	V
Al	1								
Cd		1							
N			1						
Ni				1					
Pb					1				
St						1			
So							1		
Si								1	
V									1

**Ottima correlazione inversa**

	Al	Cd	N	Ni	Pb	St	So	Si	V
Al	1								
Cd		1							
N			1						
Ni				1					
Pb					1				
St						1			
So							1		
Si								1	
V									1

I grafici sopra riportati rappresentano in sintesi le relazioni tra gli elementi, ed evidenziano con i

punti la distribuzione delle concentrazioni di due singoli elementi lungo i 2 assi cartesiani, e con la retta la relazione esistente. Vengono letti sull'incrocio della verticale di un elemento e l'orizzontale

dell'altro.

Il vanadio in tutti i biosensori campionati ha mostrato una stretta correlazione con il piombo, come deve essere per ragioni legate alla chimica di questi elementi. Infatti la r di Pearson ha sempre



assunto un valore positivo prossimo al +1, stesso comportamento hanno assunto tra loro lo zolfo totale, lo zolfo organico e lo zolfo inorganico, mostrano una buona correlazione anche lo zolfo con il piombo e lo zolfo con il vanadio.

Il nichel ha mostrato una buona correlazione con il piombo, lo zolfo ed il vanadio.

Per questi elementi si può affermare che i biosensori hanno risposto allo stesso modo.

L'azoto ed il cadmio non hanno mostrato delle correlazioni significative, né tra loro né con gli altri elementi, quindi la loro distribuzione sul territorio non può essere correlata con gli altri elementi, il motivo è da ricercare nella loro propensione al trasporto, alla ricaduta al peso ed alle altre caratteristiche chimico-fisiche.

Come era prevedibile non esiste alcuna correlazione tra l'alluminio e gli altri elementi, infatti essendo tale elemento un metallo di origine terrigena, la sua distribuzione è legata, principalmente, alla natura del terreno ed all'uso del suolo.

Da questa analisi si è evinto che la metodologia ha risposto coerentemente alla dispersione degli elementi sul territorio.

## 9 - TERRENO

### 9.1 - Interpretazione delle analisi del terreno

Si ricorda che, nella fase di realizzazione della Rete, sono state effettuate delle analisi chimiche preliminari su terreno, e che sono state ripetute nel sesto anno di Gestione. In particolare il terreno è stato prelevato in 15 Stazioni + 3 stazioni di confronto. Le 3 stazioni di confronto (2, 6, 13) sono state scelte lungo un transetto che va dalla centrale verso sud incrociando le effettive stazioni di campionamento. L'obiettivo del confronto è quello di conoscere la composizione del terreno su tutta l'area in esame, sia in prossimità della Centrale che nelle zone marginali della rete.

Le analisi chimico, fisico-meccaniche sono state effettuate allo scopo di creare una Banca dati per avere delle informazioni da poter utilizzare in caso di valori di allarme o anomali (ad esempio correlazioni statistiche tra i dati ottenuti dalle foglie e quelli forniti dal terreno che permettono di determinare l'influenza dovuta all'assorbimento radicale, nella concentrazione di un certo elemento rilevata a livello fogliare). I dati ottenuti rientrano nella norma ed, inoltre, la situazione risulta simile a quella osservata negli anni precedenti. Infine, non essendo emersi dallo studio dati anomali

o allarmanti è risultato superfluo effettuare correlazioni statistiche tra i dati ottenuti dai biosensori e quelli forniti dal terreno.

## 10 - CONCLUSIONI

Sulla base delle informazioni ottenute dal monitoraggio biologico si può affermare che l'andamento della qualità dell'aria nel territorio circostante la Centrale Termoelettrica E.N.E.L. di Rossano Calabro non mostra sostanziali mutamenti rispetto agli anni passati con un miglioramento globale dell'ambiente circostante.

In generale durante tutti gli anni di monitoraggio, la maggior parte degli elementi chimici controllati attraverso la Rete di biomonitoraggio sono risultati in quantità inferiori ai valori di riferimento naturali e, solo in taluni casi, leggermente superiori. In particolare, i valori dei tre elementi, alluminio, azoto, nichel, che nell'anno 2002 erano rientrati nei limiti naturali, sono risultati leggermente fuori norma: l'azoto, in tutti i biosensori, mentre il nichel solo nel verbasco. Si ricorda comunque che quest'ultimo elemento ha presentato negli ultimi quattro anni di indagine una diminuzione significativa con un rientro dei valori di concentrazione nella norma.

E' importante notare che le peculiari condizioni climatiche della passata stagione (temperature superiori alle medie stagionali, insolazione massima, pressoché assenza di piogge per sei mesi, perturbazione nel regime dei venti sia locali che prevalenti) hanno determinato situazioni climatiche che si scostano anche in misura notevole dalla normale condizione, determinando:

- aumento delle reazioni fotochimiche;
- mancanza di dilavamento del suolo;
- anormale diffusione delle polveri nell'aria;

che sicuramente hanno influito anche sulle risposte biologiche degli indicatori. Peraltro, nelle stazioni di monitoraggio presenti nelle aree di colture agricole intensive (agrumeti, oliveti, ecc.) si sono determinate condizioni di emissione di composti azotati (dovuti alle concimazioni) e conseguenti alle azioni fotochimiche, assai superiori agli anni passati.

Si sottolinea, infine, che le analisi del terreno, che sono state effettuate in tutte le Stazioni con biosensori basati sul *Pinus sp*, hanno confermato, come nello scorso anno di studio, una situazione locale nella norma, molto simile a quella determinata in fase progettuale. Non essendoci dati anormali appare superfluo effettuare correlazioni foglia/terreno.

Dall'esame delle mappe prodotte, inoltre, appare opportuno tenere sotto controllo, nonostante vi sia una diminuzione rispetto agli scorsi anni e risultati quantitativamente nella norma, la distribuzione del vanadio.

Il bioindicatore *Olea europaea*, mostra una significativa concentrazione di azoto nelle stazioni n. 6, 10 e 32, ed infine, il *Pinus sp* conferma, come tutti gli altri biosensori, una maggiore presenza dello zolfo (seppure sempre contenuta nella norma) nelle stazioni n. 19 e 20 che, come già detto, potrebbe ascrivere alla presenza di elevate concentrazioni di fertilizzanti del terreno.

Per quanto riguarda i dati forniti dal nuovo biosensore attivo inserito nella Rete, il *Trifolium repens*, emerge che tale sistema di biomonitoraggio si è rivelato utile per evidenziare la presenza di concentrazioni di ozono troposferico. Infatti l'utilizzo contemporaneo di piante resistenti e sensibili ha permesso, in base al diverso danno evidenziato e alla diversa biomassa prodotta, di rilevare con un buon livello di attendibilità, la presenza di concentrazioni di ozono nell'area di interesse. In particolare, è emerso, nelle cinque Stazioni analizzate, un differente impatto dovuto a tale elemento: la Stazione 21 (CUGNALE ALBANESE), posta a circa 350 metri sul livello del mare, nella parte sommitale di una collina, in zona ventilata ed esposta alla dinamica delle brezze costiere, ha presentato le condizioni di maggior alterazione sia per quanto concerne il danno macroscopico a livello fogliare, che per quanto riguarda la produzione di biomassa. Inoltre, all'estremo opposto si collocano la Stazione 8 (CASINO MARTUCCI) e la Stazione 47 (MIRTO CROSA), poste, rispettivamente, ad 80 e 20 metri sul livello del mare, anch'esse in ambiti aperti e soleggiati come la Stazione 21, ma senz'altro meno soggette all'impatto degli inquinanti gassosi trasportati dai venti dopo i processi fotochimici che interessano gli inquinanti primari nello strato mixing dell'atmosfera.

Graficamente è stato dimostrato che non esiste un relazione evidente tra la distanza delle stazioni dalla centrale e la biomassa misurata; questo dimostra che la presenza dell'ozono nell'area di studio può essere attribuita ai diversi aspetti del territorio.

Sarà valutata l'opportunità di estendere eventualmente l'indagine al fine di poter inquadrare meglio le condizioni di qualità ambientale del territorio esaminato.

Si precisa, infine, che la diffusione su larga scala degli elementi indagati ed il loro tipico andamento altalenante nel tempo (per ogni biosensore e tra i diversi biosensori), conferma la presenza di diverse fonti di emissioni, naturali od antropiche.

Si fa notare che anche il comparto agroindustriale ha subito l'influenza del clima sfavorevole che ha determinato una diminuzione delle fitopatologie e un rallentamento della germinazione delle infestanti. Nel contempo l'uso dei concimi azotati ha determinato uno squilibrio nel ciclo dell'azoto come evidenziato chiaramente dalle risposte rilevate dagli indicatori presenti nelle stazioni più tipicamente "agricole".

## **Bibliografia**

ALLEGRI I., 1991. Qualità e caratteristiche dell'atmosfera. In: Deposizioni acide; i precursori; l'iterazione con l'ambiente e i materiali. A cura di Morseili L., Maggioni editore, Rimini.  
ALLEGRI I., 1995. L'inquinamento dell'atmosfera nei centri urbani ed industriali: problemi e prospettive.

ARMITAGE P. (1971), *Statistical Methods in Medical Research*, Blackwell Scientific Publications.  
COLBECK I., MACKENZIE A.R., 1994. Air pollution by photochemical oxidants. Elsevier, Amsterdam.

DERWENT R.G., APLING A. J., ASHMORE M.R., BALL D.J., CLARK P., COCKS A.T., COX R.A., FOWLER D., GAY M., HARRISON M.R., JENKINS G.J., KAY P.J.A., LAXEN D.P.H., MARTIN A., MCKENNA D., PENKETT S.A., WILLIAMS M.L., WOODS P.T., 1987. Ozone in the United Kingdom. Department of Environment & Department of Transport, London.

HECK W.W., TAYLOR O.C., TINGEY D.T., 1988. Assessment of crop loss from air pollution. London: Elsevier Applied Science.

KRUPA S. V., GRUNHANGE L., JAGER H.-J., NOSAL M., MANNING W.J., LEGGE A. H., HANEWALD K., 1995. Ambient ozone (O<sub>3</sub>) and adverse crop response: a unified view of cause and effect. *Environmental Pollution* 87: 119-126.

FREEDMAN D., PISANI R., PURVES R., MCGRAW-HILL, Statistica, Milano, 1998  
FUHRER J., GRANDJEAN GRIMM A., TSCHANNEN W., SHARIAT-MADARI H., 1992. The response of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) to ozone at higher elevations. II. Changes in yield, yield components and grain quality in response to ozone flux. *New Phytol.* 121: 211-219.

FUMAGALLI I., GIMENO B. S., VELLISSARIOU D., DE TEMMERMAN L., MILLS G., 2001. Evidence of ozone-induced adverse effects on crops in the Mediterranean region. *Atmospheric Environment* 35: 2583-2587.

GIMENO B.S., BERMEJO V., REINERT R.A., ZHENG Y., BARNES J.D., 1999a. Adverse effects of ambient ozone on watermelon yield and physiology at a rural site in Eastern Spain. *New Phytologist* 144, 245-260.

GRAYBILL, F.A. (1976), *Theory and Applications of the Linear Model*, North Scituate, MA: Duxbury Press.

JOHN, P. (1971) *Statistical Design and Analysis of Experiments*, New York: Mac Millan Publishing Co.

LINDT T.J.\*\*\*, T.J., Fuhrer, J. & Stadelmann, F.X. (1990): Kriterien zur Beurteilung einiger Schadstoffgehalte von Nahrungs- und Futterpflanzen. *Schriftenreihe der FAC Nr. 8*. Liebfeld-Bern: Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökonomie und Umwelthygiene.

LORENZINI G., 1996. Effetti dell'ozono sulla vegetazione. *Biologi Italiani (Organo ufficiale dell'Ordine Nazionale dei Biologi)* 26(3):11-16.

LORENZINI G., SCHENONE G., 1995. The process of setting air quality standards for atmospheric ozone to protect the vegetation. *Response of plants to air pollution. Agricoltura Mediterranea, speciale volume: pp.346-350.*

MARKKERT B.\*\*\* (1992) Presence and significance of naturally occurring chemical elements of the periodic system in the organic plant, and consequences for future investigation of inorganic environmental chemistry in ecosystems. *Vegetatio* 130, p: 1-30.

MARKKERT B. (1992) Establishing a "reference plant" for inorganic characterization of different plant species by chemical fingerprinting. *Water Air Soil Pollut.*, 64: 533 – 538.

MARKKERT B. (1993) Plants as biomonitors – Indicators for heavy metals in the terrestrial environment. *VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim.*

MC DOWALL F.D.H., VICKERY L.S., RUNNELLES V.C., PATRICK Z.A., 1963. Ozone damage to tobacco in Canada. *Can. Plat Dis. Survey*, 43:131-151.

- MONHEN V.A., 1991. Il problema delle piogge acide. Le scienze, quaderni, no.58.
- OJAMPERA K., PATSIKKA E., YLARANTA T., 1998. Effects of low ozone exposure of spring wheat on net CO<sub>2</sub> uptake, Rubisco, leaf and hypocotyl. Plant and Cell Physiology 37: 790-799.
- OWEN S., BOISSARD C., STREET R. A., DUCKHAM S.C., CSIKY O. AND HEWITT C.N., 1997. Screening of 18 mediterranean plant species for volatile organic compound emissions. Atmospheric Environment, 31 (SI): 101-117.
- PARKER R. Introduzione alla statistica per la Biologia Ed. Edagricole, Bologna, 1990
- PROTOCOLLO ICP Vegetation UN/ECE 2003.
- REICH P.B., 1987. Quantifying plant response to ozone: a unifying theory. Tree Physiology, 3:63,91.
- RISS A.\*\*\*, A., Schwarz, S., Benetka, E. & Rebler, R. (1990): Schwermetalle und Grünlandaufwuchs in der Umgebung einer Kupferhütte in Brixlegg/Tirol. in: Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.): Wirkungen von Luftverunreinigungen auf Böden. Einträge, Bewertung, Regelungen. Düsseldorf: VDI Berichte 837, 209-223.
- SCHENONE G., FUMAGALLI I., MIGNANEGO L., MONTINARO F., SOLDATINI G. F., 1994. Effects of ambient air pollution in open-top chambers on bean (*Phaseolus vulgaris* L.). New Phytol. 126:309-315.
- SIEGEL S., Castellani N.J. Jr. (1988), Non Parametric Statistics for the Behavioural Sciences, McGraw Hill.
- SOFIEV M. & TUOVINEN J-P., 2001. Factors determining the robustness of AOT40 and other ozone exposure indices. Atmospheric Environment 35, 3521-3528.

TRESHOW M. & ANDERSON F.K., 1991. Plant Stress from Air Pollution. John Wiley & Sons, Chichester.

WANTA R.C., MORELAND W.B., HEGGESTAD H.E., 1961. Tropospheric ozone: An air pollution problem arising in the Washington D.C. metropolitan area. Monthly Weather Rev., 89: 289-296.

WIRTH VOLKMAR, Oekologische Kennzeichnung und Bestimmung der Flechten Suedwestdeutschlands und angrenzender Gebiete. UTB ULMER, Stuttgart, 1980, pp. 552.

## **TAVOLE DELLE STAZIONI E DELLE DISPERSIONI**



DISPOSIZIONI RELATIVE ALLA VERIFICA DELLE ATTIVITÀ  
SVOLTE PER IL VII ANNO DI GESTIONE

**SISTEMA QUALITÀ**

**ALLEGATO 1**

***TERZA FASE: GESTIONE VII ANNO***

**PROGETTAZIONE, REALIZZAZIONE E  
GESTIONE DI UNA RETE DI STAZIONI PER IL  
MONITORAGGIO BIOLOGICO INTEGRATO DA  
UTILIZZARSI PER IL CONTROLLO DELLA  
QUALITÀ DELL'AMBIENTE DELL'AREA  
CIRCOSTANTE LA CENTRALE**

**CENTRALE TERMOELETTRICA DI ROSSANO CALABRO**

**ENEL S.p.A.**

## INDICE

1) Oggetto	Pag. 3
2) Disposizioni	Pag. 3
3) Piano di Qualità del settimo anno di gestione	Pag. 4

## 1 - Oggetto

Il presente documento, con riferimento al "Manuale del Sistema Qualità" della Ditta Strategie Ambientali S.r.l., tratta delle disposizioni relative alle attività del settimo anno di gestione della Rete di Monitoraggio Biologico Integrato, per il controllo della qualità dell'ambiente dell'area circostante la Centrale ENEL di Rossano Calabro (dal Contratto di Servizio N. 3000033691 del 17\07\03 (Prot. 1663 del 27\07\03).

Il Manuale del Sistema di Qualità, prevede la stesura del Piano di Qualità per il settimo anno di gestione. Il responsabile del "Controllo di Qualità" deve verificare che tutte le attività siano state eseguite secondo quanto previsto dal Piano di Qualità secondo le disposizioni e norme, indicate nella "Specifica Tecnica" del cliente e descritte, nel dettaglio, nelle relazioni delle precedenti gestioni.

## 2 - Disposizioni

Per le disposizioni qui applicabili vedi:

- Specifica Tecnica (Documento N° RO2003EAS01) relativa al Contratto di Servizio N. 3000033691);
- la Relazione di Gestione del I°, II° III°, IV°, IV°, IV° e VI° anno;
- Piano di Qualità per la gestione del VII anno
- le Norme VDI n. 3799 parte 1 e 2; 3792 parte 2 e 5; 3786 parte 2, 3, 4, 5, 7, allegate al "Progetto Esecutivo".

### 3 - Piano di Qualità del settimo anno di gestione

Secondo quanto contenuto nel Piano di Qualità del settimo anno di gestione, al termine del settimo anno di gestione il Responsabile del Controllo di Qualità dovrà procedere alla verifica delle evidenze relative alle attività svolte nell'ambito della gestione della rete di stazioni per il monitoraggio biologico nell'area di Rossano calabro. Qui di seguito sono elencate le principali verifiche sulle evidenze, che emergono da quanto riportato nella Specifica Tecnica.

- verifica della tipologia e della quantità di biosensori campionati;
- verifica della metodologia seguita per il campionamento dei biosensori;
- verifica della metodologia seguita per la conservazione e la preparazione dei campioni;
- verifica della quantità e della tipologia di elementi chimici ricercati;
- verifica delle metodologie utilizzate per le analisi chimiche;
- verifica delle metodologie utilizzate per le analisi statistiche;
- verifica della tempistica;
- verifica dell'immissione dei dati nel PC.

*Strategie Ambientali S.r.l.*

RELAZIONE DEL CONTROLLO DI QUALITÀ

ALLEGATO 2

TERZA FASE: GESTIONE VII ANNO

**PROGETTAZIONE, REALIZZAZIONE E  
GESTIONE DI UNA RETE DI STAZIONI PER IL  
MONITORAGGIO BIOLOGICO INTEGRATO DA  
UTILIZZARSI PER IL CONTROLLO DELLA  
QUALITÀ DELL'AMBIENTE DELL'AREA  
CIRCOSTANTE LA CENTRALE**

**CENTRALE TERMOELETTRICA DI ROSSANO CALABRO**

**ENEL S.p.A.**

INDICE

Pag. 3	1 - INTRODUZIONE
Pag. 3	2 - VERIFICA DELLA TIPOLOGIA DEI BIOSENSORI CAMPIONATI
Pag. 3	3 - VERIFICA DELLA QUANTITÀ DEI BIOSENSORI CAMPIONATI
Pag. 4	4 - VERIFICA DELLA METODOLOGIA SEGUITA PER IL CAMPIONAMENTO DEI BIOSENSORI
Pag. 5	5 - VERIFICA DELLA METODOLOGIA SEGUITA PER LA CONSERVAZIONE E PREPARAZIONE DEI CAMPIONI
Pag. 5	6 - VERIFICA DELLA QUANTITÀ E TIPOLOGIA DEGLI ELEMENTI RICERCATI
Pag. 6	7 - VERIFICA DELLE METODOLOGIE UTILIZZATE PER LE ANALISI CHIMICHE
Pag. 7	8 - VERIFICA DELLA METODOLOGIA SEGUITA PER LE ANALISI STATISTICHE DEI RISULTATI DELLE ANALISI CHIMICHE
Pag. 7	9 - VERIFICA DELLA TEMPSTICA

## 1 - INTRODUZIONE

La verifica delle operazioni effettuate durante il settimo anno di gestione della Rete di Biomonitoraggio dell'area di Rossano Calabro è stata realizzata sulla base del Piano di Qualità per il settimo anno di gestione. Il controllo della conformità delle attività svolte alle indicazioni fornite dall'apposita Specifica Tecnica (Documento N° RO2003EAS01) e dal Contratto di Servizio N. 3000033691 del 17/07/03 (Prot. 1663 del 27/07/03) è stato effettuato sulle evidenze risultanti dalle attività svolte. Tali attività sono descritte, nel dettaglio, nei documenti di riferimento, indicati dalla Specifica stessa: "Relazione di Realizzazione" e "Relazioni di Gestione".

## 2 - VERIFICA DELLA TIPOLOGIA DEI BIOSENSORI CAMPIONATI

Si certifica che, dalle evidenze raccolte, i biosensori utilizzati nel settimo anno di gestione risultano, come tipologia, quelli previsti dalla Specifica Tecnica. Risultano campionate, infatti, le foglie dei biosensori arborei passivi *Pinus* spp., *Olea europaea*, del biosensore erbaceo passivo *Verbascum thapsus*, del biosensore erbaceo attivo *Lolium italicum*, del terreno ed è stato effettuato lo studio del biosensore erbaceo attivo *Trifolium repens*.

## 3 - VERIFICA DELLA QUANTITÀ DEI BIOSENSORI CAMPIONATI

Si certifica che, dalle evidenze raccolte, i biosensori campionati risultano, come quantità, quelli previsti dalla Specifica Tecnica:

- **30 campioni** di *Pinus* spp.: si tratta delle Stazioni 18, 19, 20, 21, 22, 27, 29, 30, 31, 34, 36, 39, 41, 43 e 45 (15 Stazioni x 2 campionamenti).
- **10 campioni** di *Olea europaea*: si tratta delle Stazioni 2, 4, 6, 9, 10, 13, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 27, 29, 30, 31, 32, 34, 36, 39, 41, 43, 45 e 47.
- **25 campioni** di *Verbascum thapsus*: 2, 4, 6, 9, 10, 13, 15, 23, 32 e 47.
- **25 campioni** di *Lolium italicum*: si tratta delle Stazioni 6, 8, 21, 30 e 47 ( 5 Stazioni per 5 campionamenti).
- **25 campioni** di *Trifolium repens*: si tratta delle Stazioni 6, 8, 21, 30 e 47 ( 5 Stazioni per 5 campionamenti).

➤ **18 campioni di terreno:** si tratta delle Stazioni 18, 19, 20, 21, 22, 23, 29, 30, 31, 34, 36, 39, 41, 43, 45 più tre stazioni di controllo (2, 6, 13)

#### 4 - VERIFICA DELLA METODOLOGIA SEGUITA PER IL CAMPIONAMENTO DEI BIOSENSORI

Si certifica che, dalle evidenze raccolte, la metodologia seguita per il campionamento dei vari biosensori risulta conforme alla Specifica Tecnica ed alle relazioni di gestione dei primi anni (indicate come riferimento per le metodologie da utilizzare anche per il settimo anno di gestione della Rete). Si riportano, di seguito, le verifiche effettuate per singolo biosensore.

- Campionamento del biosensore erbaceo passivo *Verbascum thapsus*

Il campionamento del biosensore erbaceo passivo *Verbascum thapsus* è stato eseguito secondo la metodologia prevista dalla Specifica Tecnica, descritta, nel dettaglio, nelle relazioni dei precedenti anni di Gestione della Rete (basate su Guideline 3792, parte 5): il *Verbascum thapsus* è stato raccolto una volta l'anno, in giugno, e sono state prelevate le foglie alte, mai quelle a contatto con il terreno. Il periodo di campionamento è durato il più breve possibile, non ha superato le tre settimane. I campioni raccolti hanno sempre fornito un peso di almeno 10 g di sostanza secca. Si nota che è stato prelevato un solo campione per Stazione, a causa dell'assenza di materiale sufficiente a comporre tre campioni separati, di quantità eguale.

- Campionamento delle specie *décidue*

Il campionamento dei biosensori arborei passivi *Olea europaea* e *Quercus* spp. è stato eseguito secondo la metodologia indicata dalla Specifica Tecnica (descritta nelle Relazioni dei primi anni di Gestione della Rete, come da Guideline VDI 3792, parte 5): le specie *décidue* sono state campionate al momento del cambiamento di colore delle foglie (una volta l'anno, a Settembre). Il materiale presentava la medesima età. I rami da cui sono state raccolte le foglie erano situati ad un'altezza uniforme dal terreno. Sono state raccolte le foglie più vecchie (in quanto sono quelle esposte all'aria durante l'intera stagione di crescita).

- Campionamento del biosensore arboreo passivo *Pinus* spp.

Il campionamento del biosensore arboreo passivo *Pinus* spp. è stato eseguito facendo riferimento alla Specifica Tecnica ed alle relazioni dei primi anni di gestione della Rete (basate su Guideline 3792-95): le *conifère* sono state campionate due volte, a Giugno (prima dell'inizio della stagione di crescita) ed a Settembre. I rami da cui sono stati raccolti gli aghi erano situati ad un'altezza uniforme dal terreno (i campioni sono stati raccolti tra il VI ed il VIII verticillo fogliare del ramo a partire dalla sommità).

- Campionamento del biosensore erbaceo attivo *Lotium italicum*



Si certifica che, dalle evidenze raccolte, gli elementi analizzati corrispondono, a quanto previsto dalla Specifica Tecnica, e, precisamente, si tratta di: Al, As, Cd, N, Ni, Pb, S organico, S inorganico, S totale e V.

## 6 - VERIFICA DELLA QUANTITÀ E TIPOLOGIA DEGLI ELEMENTI CHIMICI RICERCATI

a), b) e c): Cfr. agnifoglie

Specie erbacee:

a), b) e c): Cfr. agnifoglie

Latifoglie:

c) Macinazione e conservazione in contenitori di polietilene

b) Essiccamento a 50 ° C

a) Conservazione in sacchetti di polietilene ed eventualmente tenuti a 4 ° C o a -15 ° C.

Agnifoglie:

Metodologia prevista ed effettuata:

stati macinati e conservati in contenitori di polietilene.

materiale è stato essiccato con un essiccatore ad aria, rivoltandolo diverse volte. In seguito i campioni sono nel frigo (a circa 4° C) comunque non più di 3 o 4 giorni. Sono stati utilizzati campioni non lavati. Il sono stati trasportati in laboratorio in contenitori di polietilene e preparati nello stesso giorno, o conservati metodologia prevista da Guideline VDI 3792 parte 1: i campioni freschi delle specie arboree ed erbacee gestione della Rete (riportate nelle singole "Relazioni di Gestione"). E' stata, quindi, utilizzata la eseguite secondo i dettami della Specifica Tecnica, dunque, secondo le norme utilizzate nei primi anni di Si certifica che, dalle evidenze raccolte la conservazione e la preparazione dei campioni vegetali sono state

## 5 - VERIFICA DELLA METODOLOGIA SEGUITA PER LA CONSERVAZIONE E PREPARAZIONE DEI CAMPIONI

Il terreno è stato campionato, come previsto dalla Normativa VDI, prelevando il materiale in tre punti a caso, per ridurre l'errore statistico, al di fuori dell'area coperta dalla chioma dei biosensori arborei presenti nelle Stazioni, con un carotatore specifico, fino ad una profondità di 10 cm circa.

- Campionamento del terreno

E' stata utilizzata la metodologia prevista da Guideline VDI 3792 parte 1: le colture a *Lolium italicum* sono state esposte all'aria per 14 giorni, ad un'altezza di 1,5 m dal terreno, le colture sono state tagliate a 4 ÷ 5 cm dal substrato (le parti della pianta che superano i 14 giorni di crescita). Il taglio è stato effettuato, manualmente, con forbici inox, per un totale di 10 grammi di s.s. analizzabile.

7 - VERIFICA DELLE METODOLOGIE UTILIZZATE PER LE ANALISI CHIMICHE

Si certifica che, dalle evidenze raccolte le metodologie seguite per effettuare le analisi chimiche di laboratorio (per gli elementi: Al, As, Cd, N, Ni, Pb, S in e V) sono quelle stabilite nella Specifica Tecnica, dettagliatamente descritte nelle relazioni delle precedenti gestioni e riportate qui di seguito.

Per quanto riguarda la preparazione dei campioni, utilizzati per le analisi degli elementi in traccia, si certifica che (dalle evidenze raccolte) sono state effettuate le seguenti operazioni:

- pesatura di 0,5 g di campione, accuratamente macinato, direttamente negli appositi contenitori, per mineralizzatori a microonde;

- aggiunta di 6 ml di HNO<sub>3</sub> concentrato, 1 ml di H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30 % e 0,2 ml di HF 40 %;

- chiusura dei contenitori ed inserimento nel mineralizzatore a microonde per il programma di trattamento;

- raffreddamento al termine della mineralizzazione;

- apertura dei contenitori di mineralizzazione e aggiunta di 1 ml di soluzione satura di acido bórico H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>;

- diluizione della soluzione al volume di 50 ml in matraccio tarato, con acqua demineralizzata (Sistema Milli-Q). Al fine di ottenere una prova "in bianco", 10 ml di acqua demineralizzata (Sistema Milli-Q) hanno subito lo stesso trattamento del campione."

I campioni così preparati sono stati analizzati secondo le seguenti tecniche analitiche:

Elemento	Tecnica analitica
Al	ICP - AES
As	AA-GTA
Cd	AA-GTA
Pb	AA-GTA
Ni	AA-GTAVICP-AES
V	ICP-AES

Analisi N e S

I campioni macinati sono stati analizzati con analizzatore elementare. Per la distinzione tra zolfo organico e zolfo inorganico si è proceduto ad un primo trattamento del campione in muffola, per allontanare lo zolfo organico, come SO<sub>2</sub>, la determinazione dello zolfo rimasto (frazione inorganica) è stata determinata in analizzatore elementare, la quantificazione dello zolfo organico, infine, è stata determinata per differenza tra il totale e l'inorganico.

## 8 - VERIFICA DELLA METODOLOGIA SEGUITA PER LE ANALISI STATISTICHE DEI RISULTATI DELLE ANALISI CHIMICHE

Si certifica che, dalle evidenze raccolte, le analisi statistiche dei risultati analitici dei campioni vegetali sono state effettuate secondo quanto stabilito nella Specifica Tecnica (descritto anche nelle relazioni delle precedenti gestioni): le analisi statistiche sono state svolte con il SAS. Il metodo dipende dalla struttura dell'insieme dei dati (metrica o ordinata). Se l'insieme dei dati possiede una normale distribuzione vengono utilizzate procedure statistiche parametriche, altrimenti procedure non parametriche.

## 9 - VERIFICA DELLA TEMPSTICA

Si certifica, dalle evidenze raccolte, che :

Il campionamento del biosensore erbaceo passivo *Verbascum thapsus* è stato eseguito secondo le previsioni della Specifica Tecnica, riportate nelle relazioni degli anni precedenti: una volta all'anno, in Giugno.

Il campionamento del biosensore arboreo passivo *Olea europaea* è stato eseguito, secondo le direttive della Specifica Tecnica, riportate nelle relazioni di gestione: una volta all'anno, in Settembre, prima del cambiamento di colore delle foglie. Il biosensore *Pinus* spp. è stato campionato, come previsto dalla Specifica Tecnica, in due periodi dell'anno: a Giugno ed a Settembre.

Il campionamento del biosensore erbaceo attivo *Lolium italicum* è stato eseguito secondo le previsioni della Specifica Tecnica, cinque volte all'anno, da aprile\maggio ad agosto\settembre.

Lo studio del biosensore erbaceo attivo *Trifolium repens* è stato eseguito secondo le previsioni della Specifica Tecnica: nel periodo sperimentale Maggio-Settembre, ad intervalli di circa 28-30 giorni, sono state effettuate cinque raccolte per la stima del danno fogliare e della biomassa epigica prodotta dalle piante di trifoglio.

Il campionamento del terreno è stato eseguito secondo le previsioni della Specifica Tecnica, una volta all'anno, a giugno.

MAPPE DI DISPERSIONE DEGLI ELEMENTI

### **ALLEGATO 3**

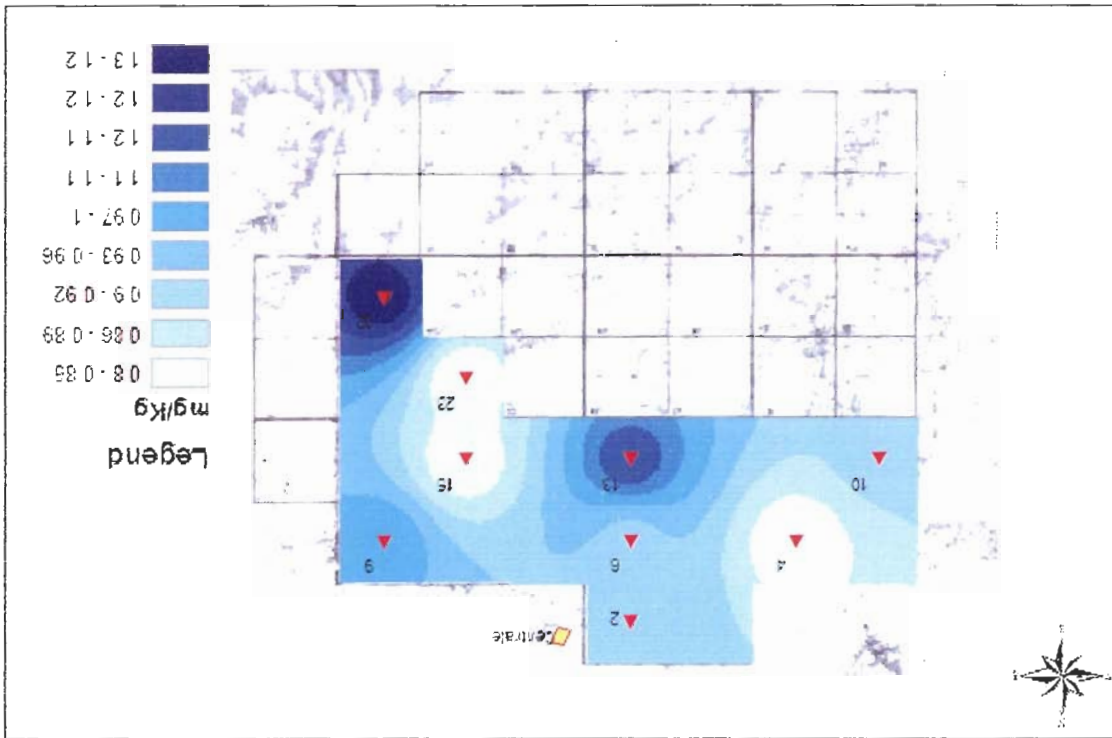
TERZA FASE: GESTIONE VI° ANNO

PROGETTAZIONE, REALIZZAZIONE E GESTIONE DI  
UNA RETE DI STAZIONI PER IL MONITORAGGIO  
BIOLOGICO INTEGRATO DA UTILIZZARSI PER IL  
CONTROLLO DELLA QUALITÀ DELL'AMBIENTE  
DELL'AREA CIRCOSTANTE LA CENTRALE

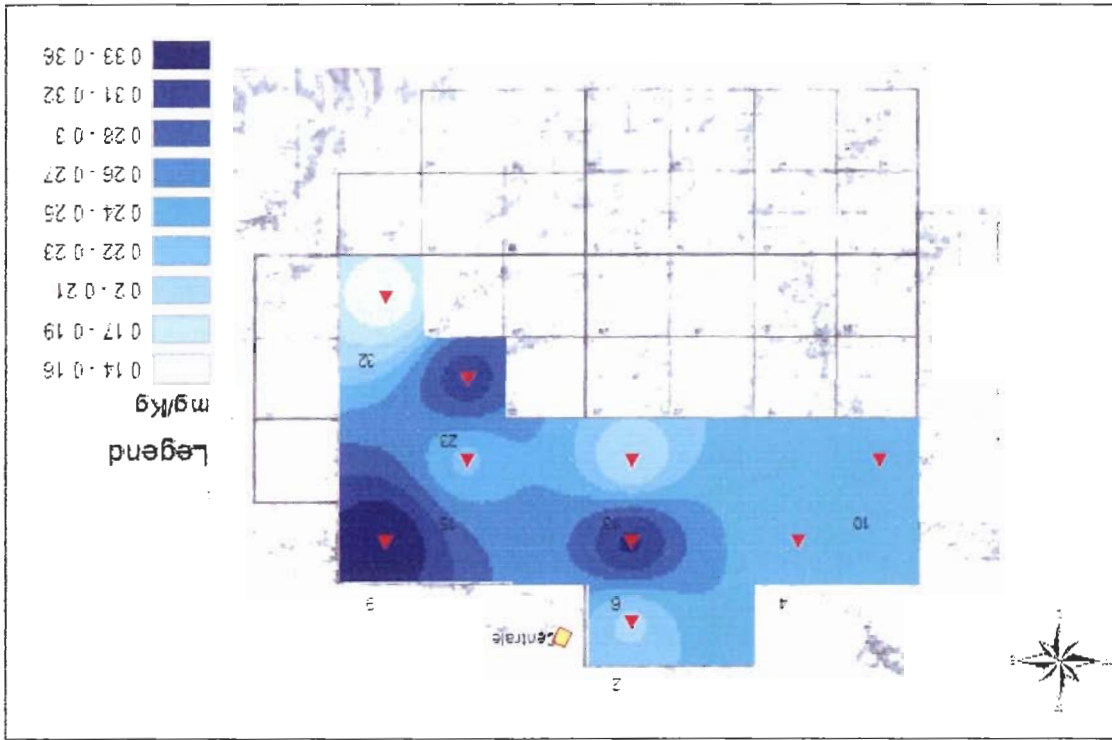
**CENTRALE TERMOELETTRICA DI ROSSANO CALABRO**

**ENEL S.p.A.**

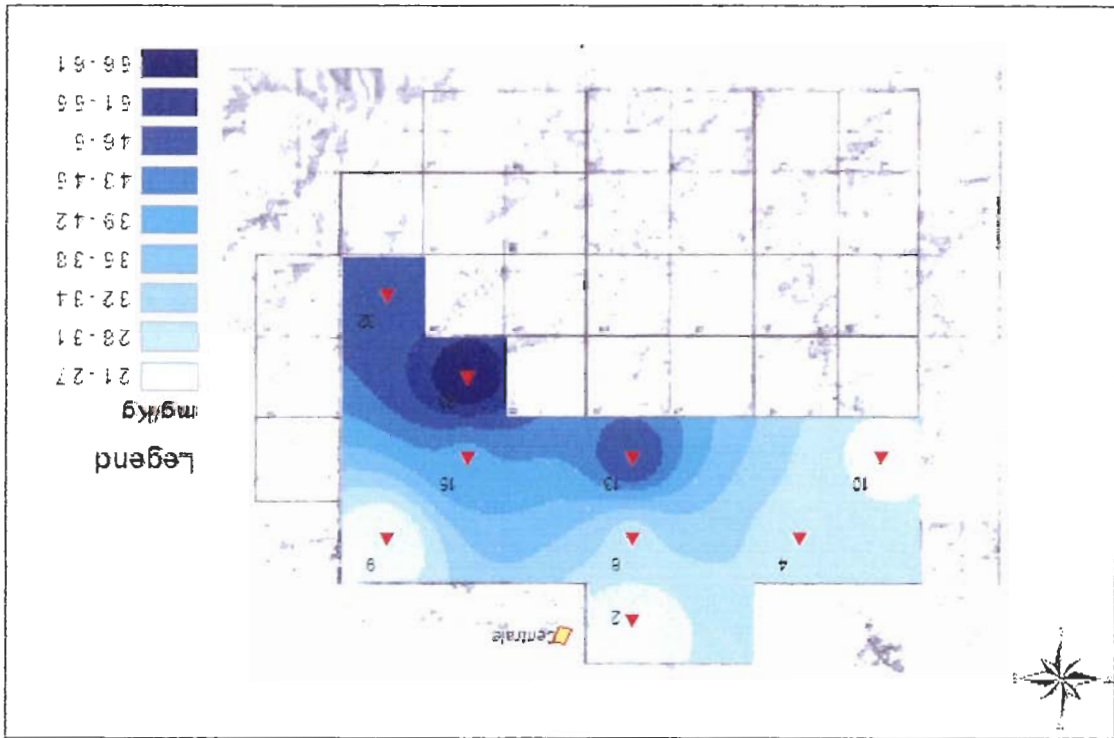
Nichel



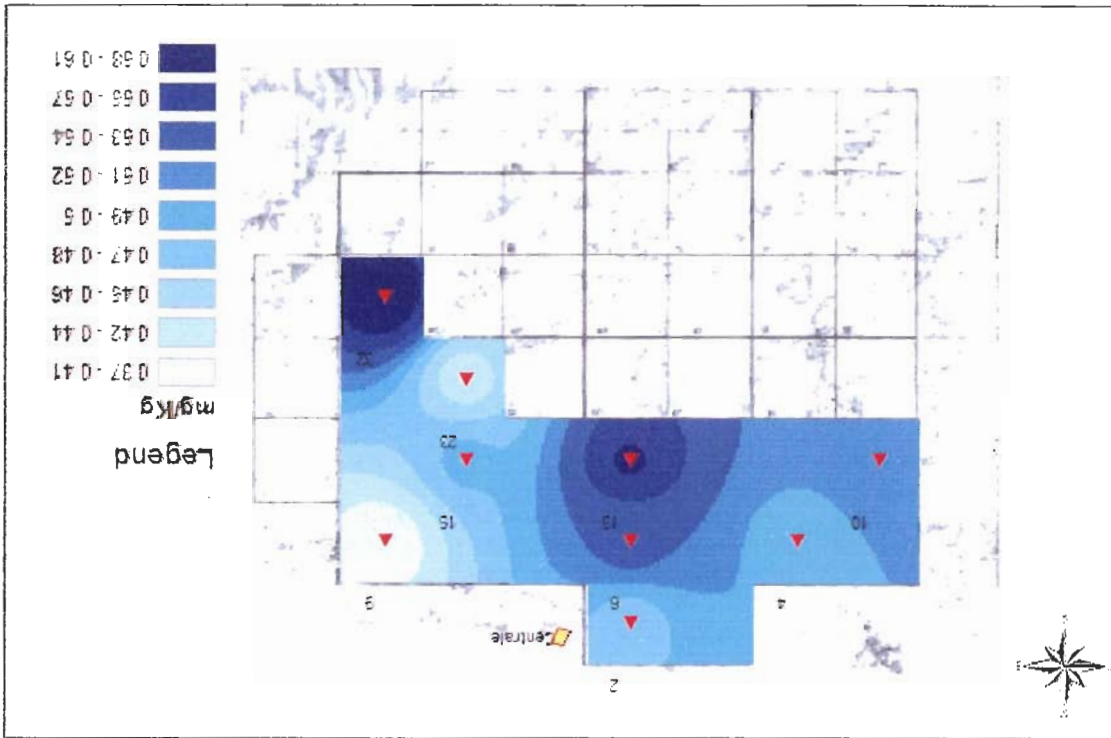
Cadmio



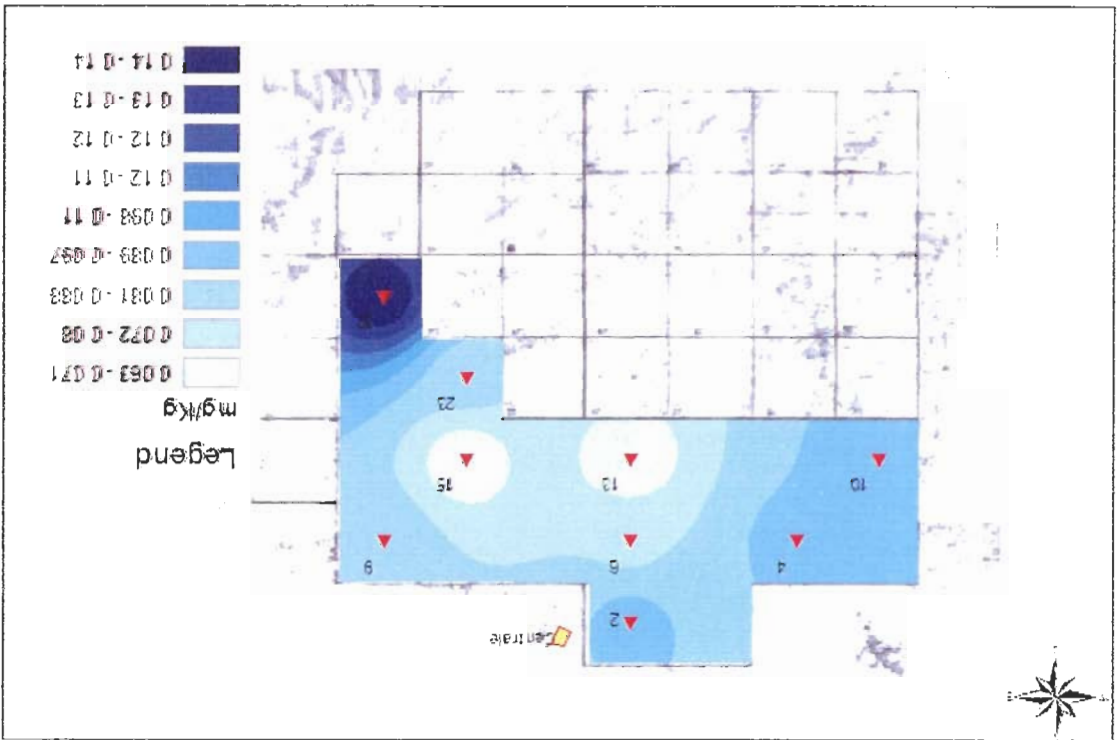
Piombo



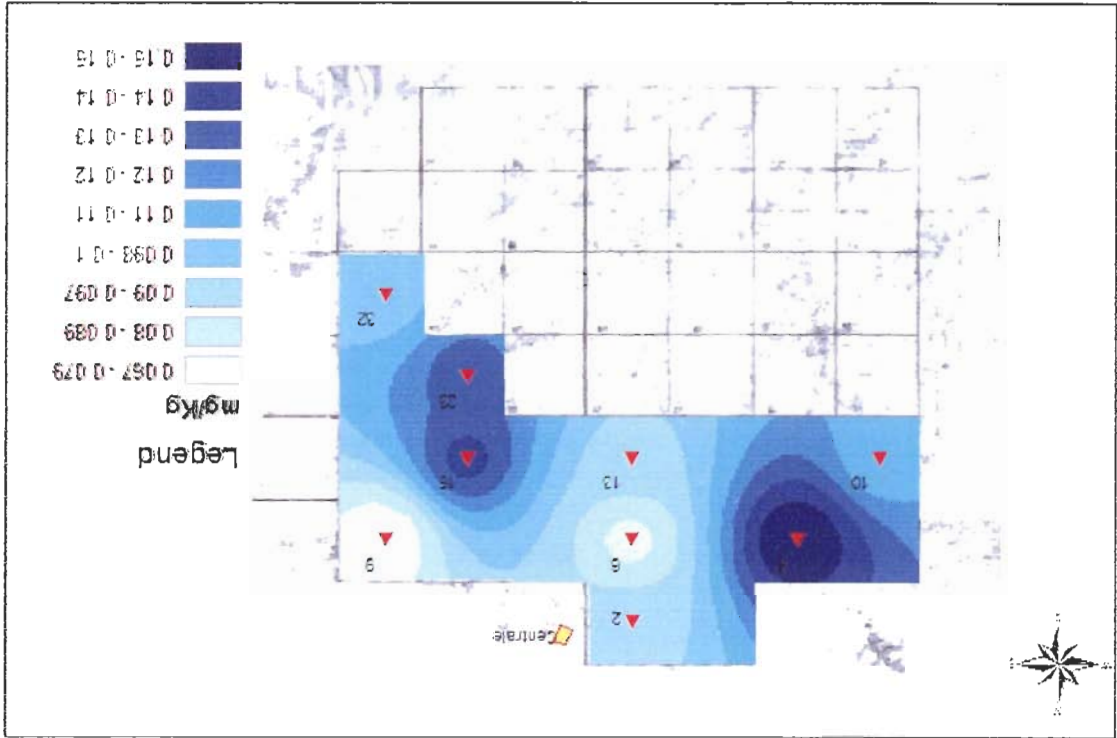
Vanadio



Zolfo inorganico



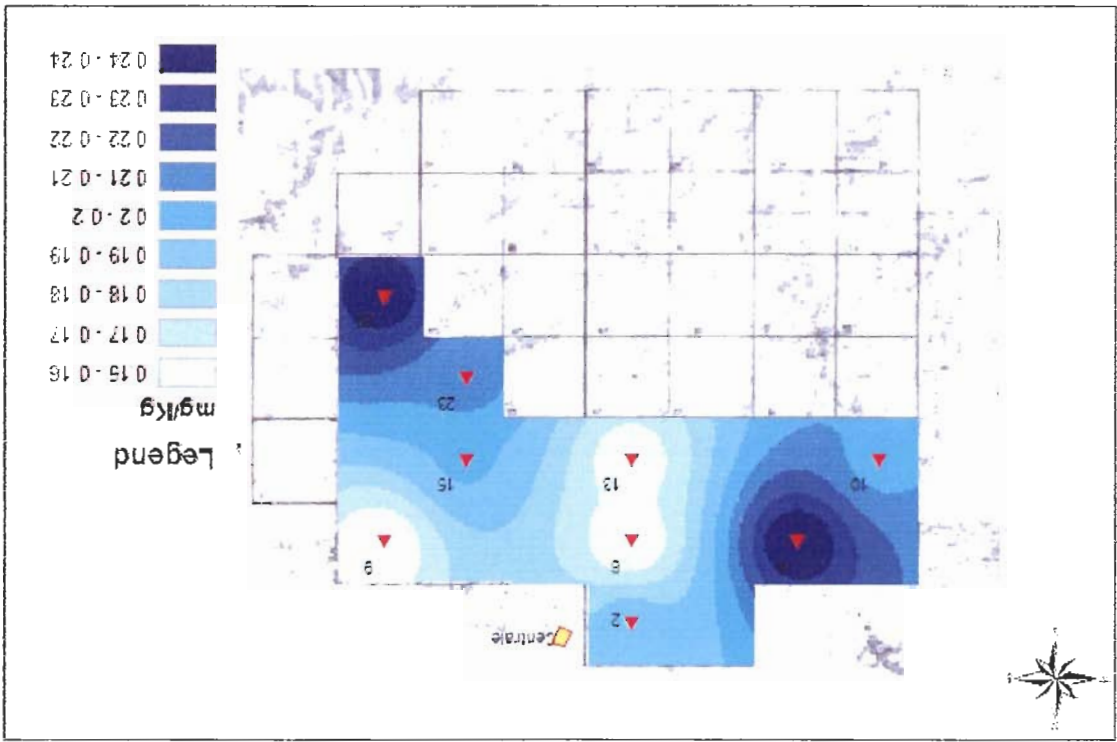
Zolfo organico



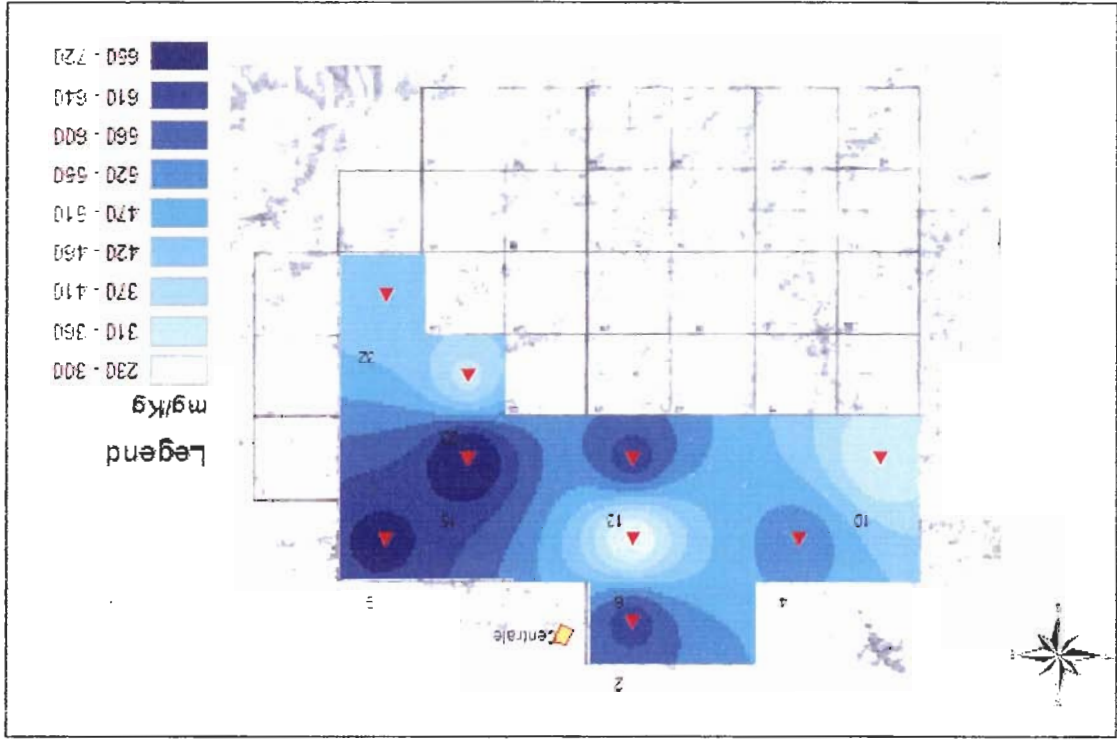
1:150.000

Tav. II-4

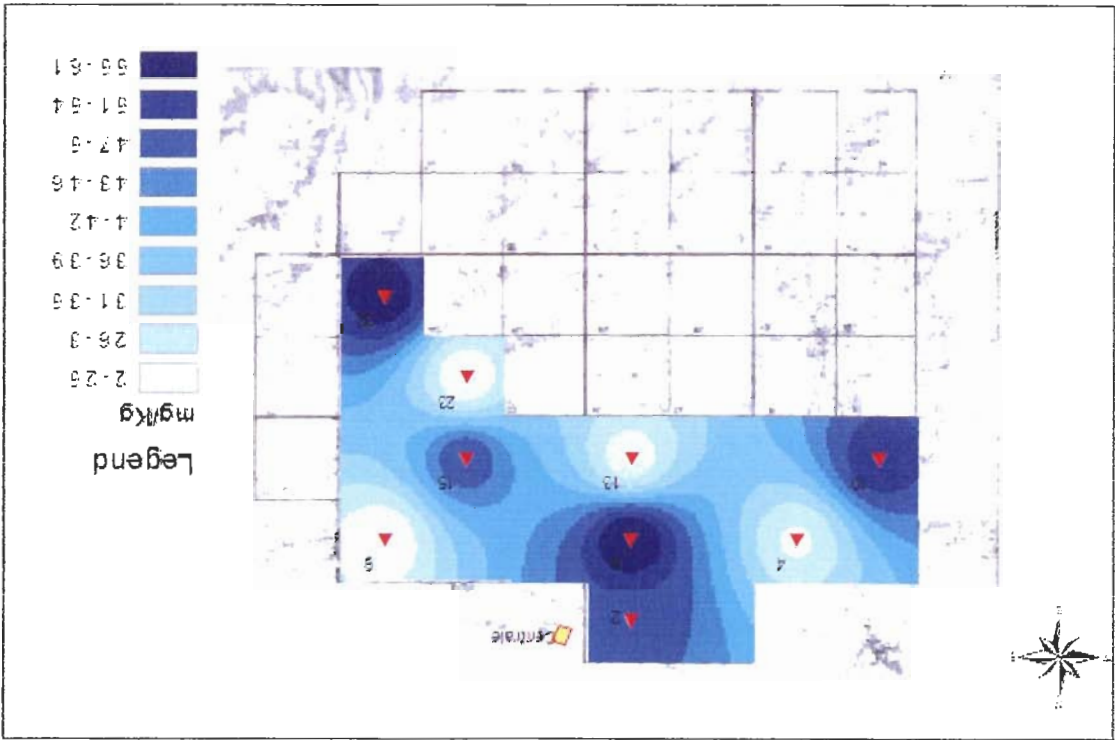
Zolfo totale



Alluminio





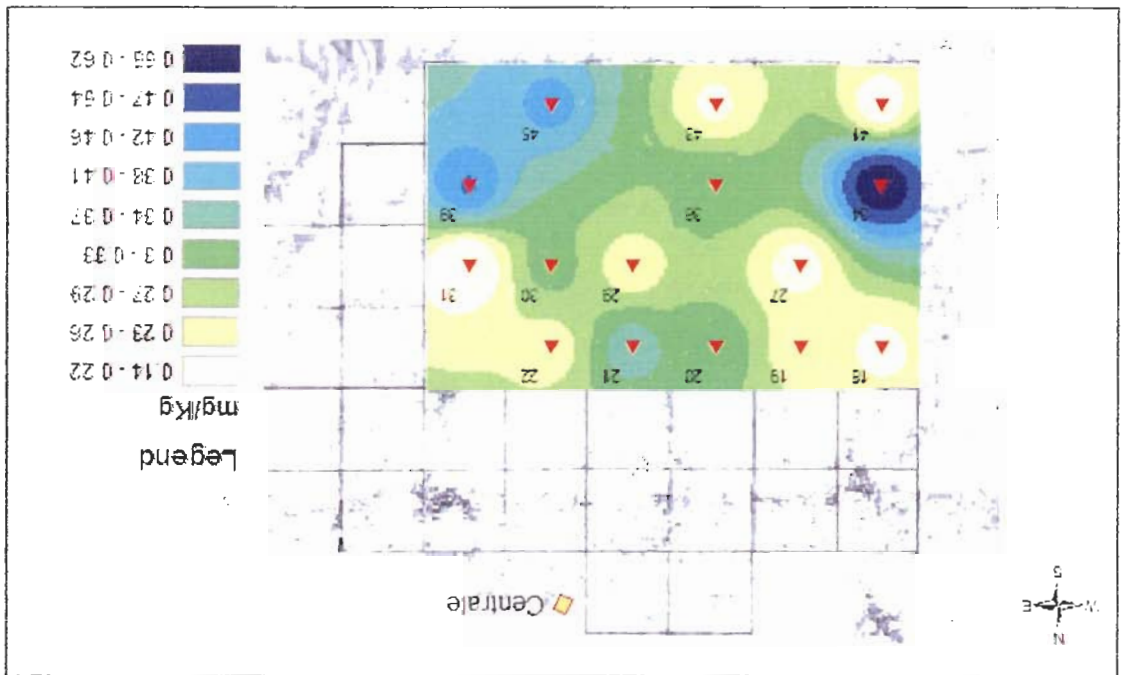


Dai risultati del biomonitoraggio condotti nel 2003 con *Olea sp.* è emerso che elementi come il vanadio, il piombo e il nichel si distribuiscono nella zona sud-orientale dell'area (stazioni 23, 32), nei pressi del Cozzo dell'albanese. Lo zolfo organico e lo zolfo totale, probabilmente sotto l'azione dei venti si concentrano nella zona occidentale dell'area oggetto di studio. Dall'analisi statistica, principalmente dalle matrici di correlazione tale comportamento per questi elementi era prevedibile, vista la stretta relazione che hanno mostrato nei confronti delle dispersioni sul territorio. L'alluminio invece, essendo un elemento di origine ferrigna, deve la sua distribuzione sul territorio unicamente alla natura del suolo e dall'uso a cui questo è soggetto.

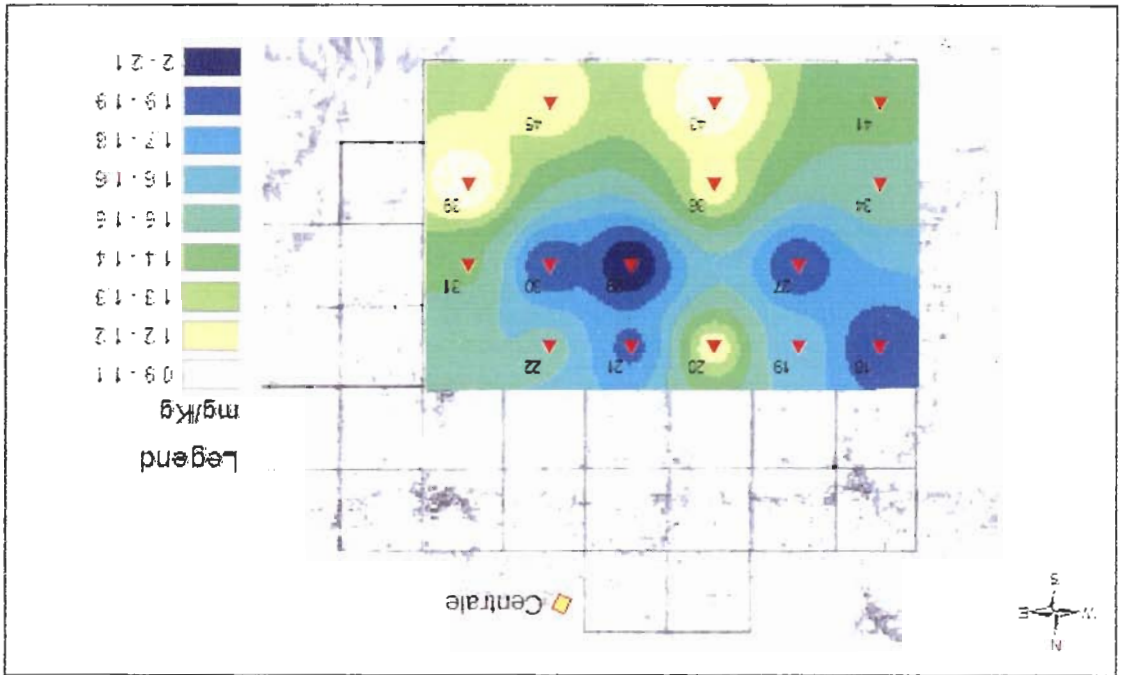
Risultati del biomonitoraggio di Rossano Calabro con biosensore *Pinus sp.* Settembre 2003

Tav. III-1

Cadmio



Nichel

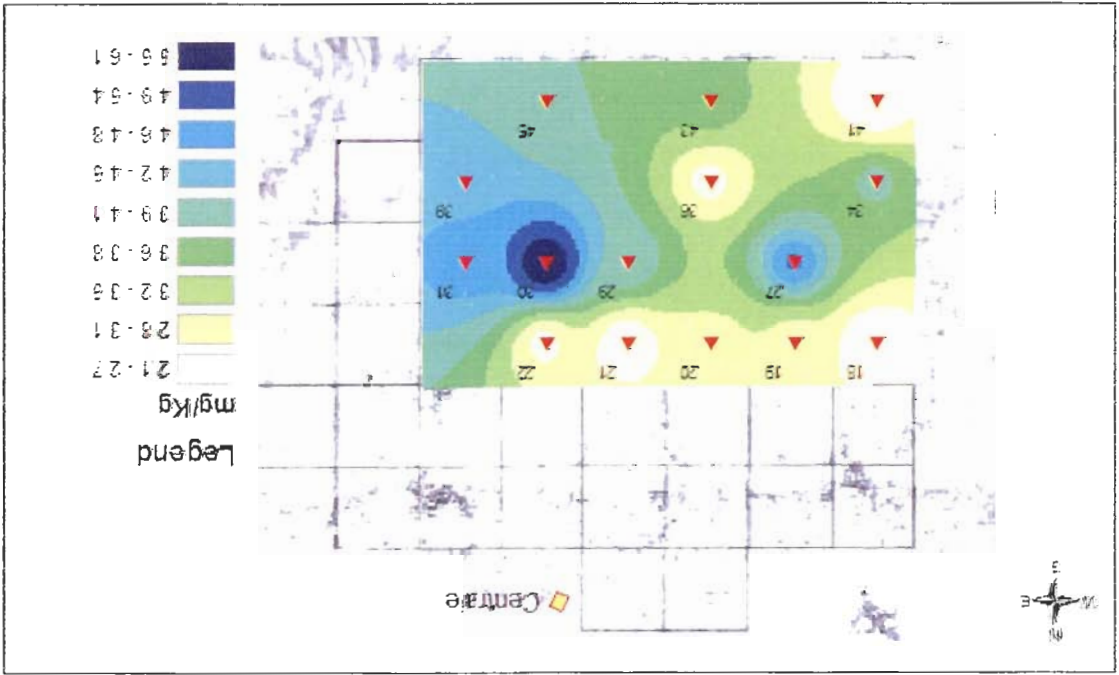


1:150.000

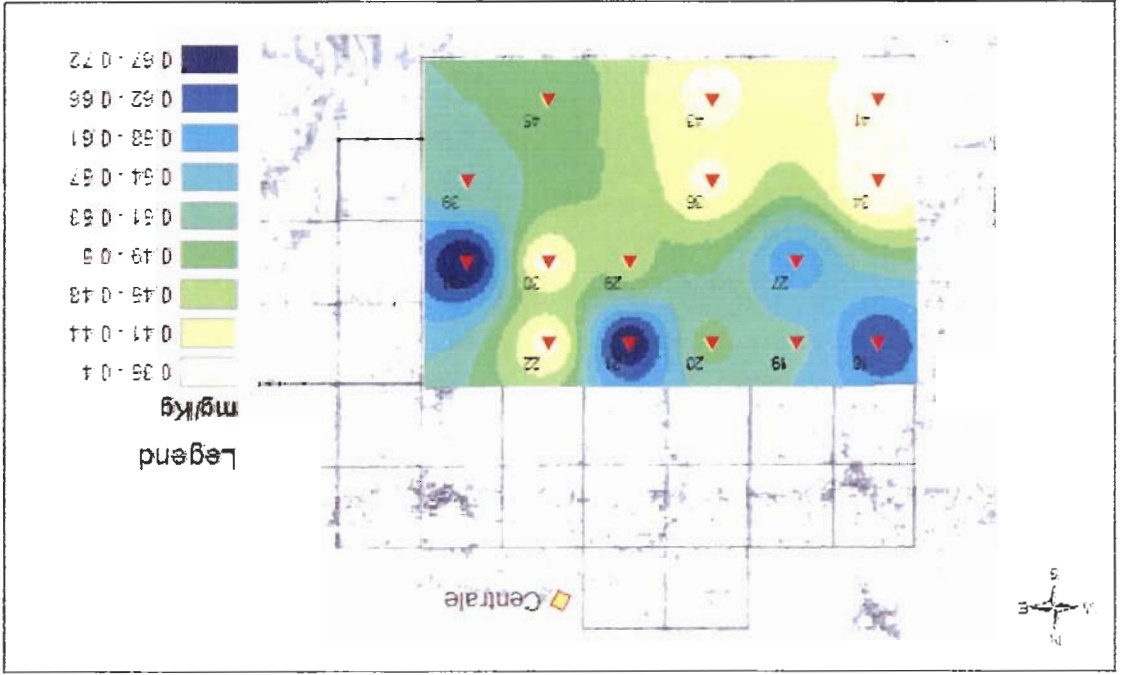
Risultati del biomonitoraggio di Rossano Calabro con biosensore *Pinus* spp. Settembre 2003

Tav. III-2

Piombo



Vanadio

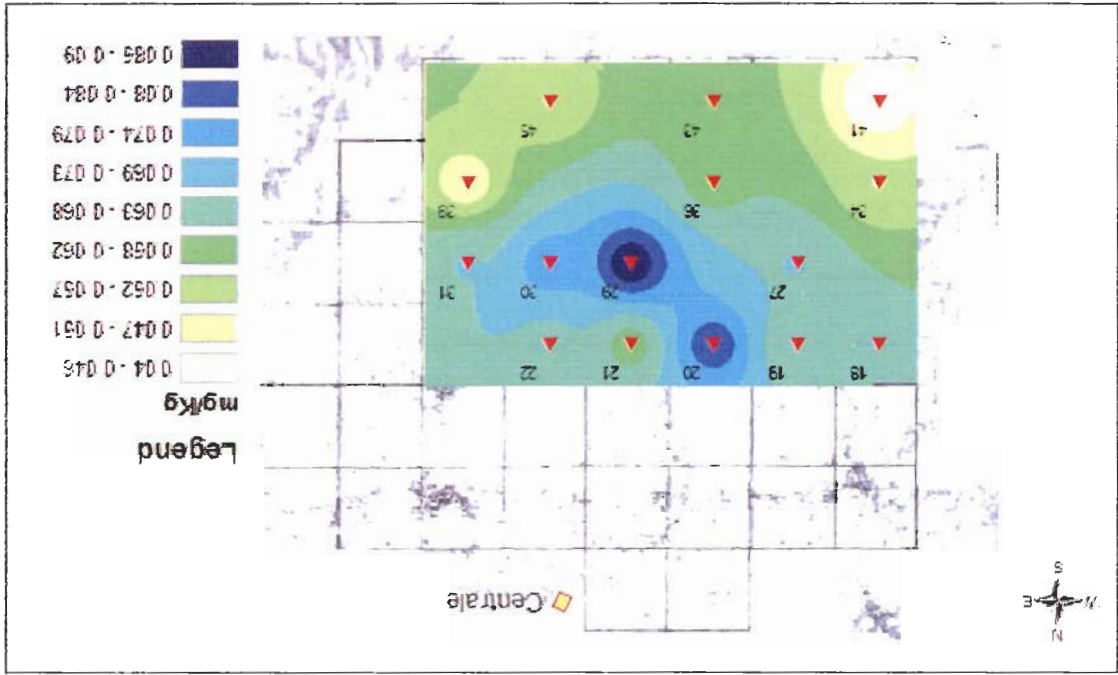


1:150.000

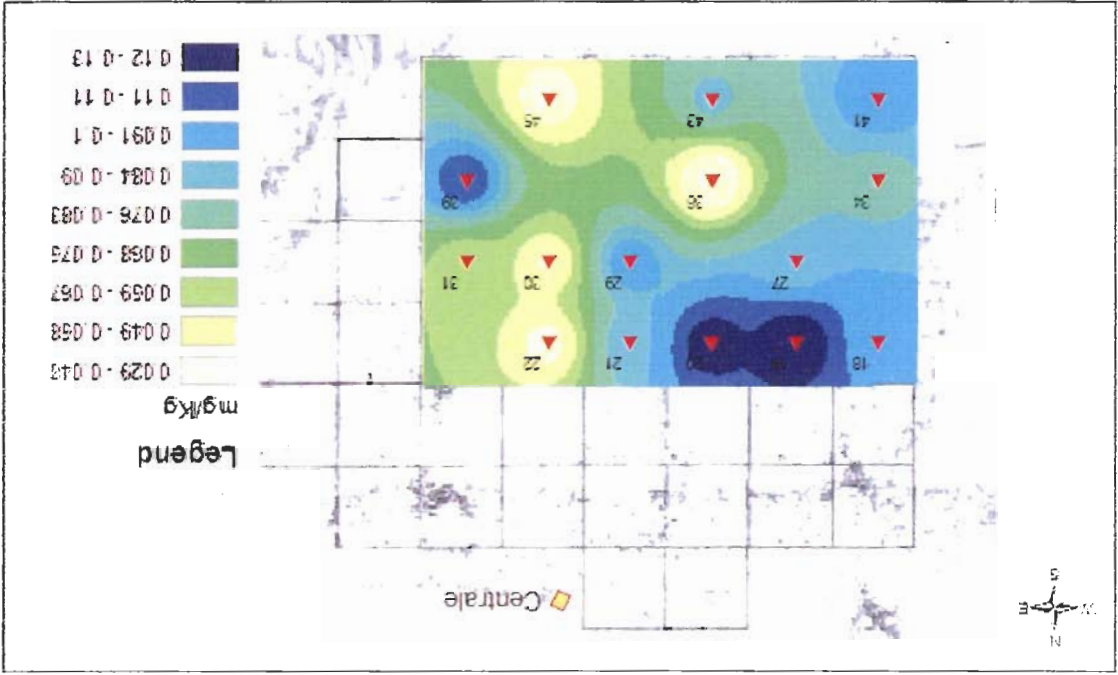
Risultati del biomonitoraggio di Rossano Calabro con biosensore *Pinus spp.* Settembre 2003

Tav. III-3

Zolfo inorganico



Zolfo organico

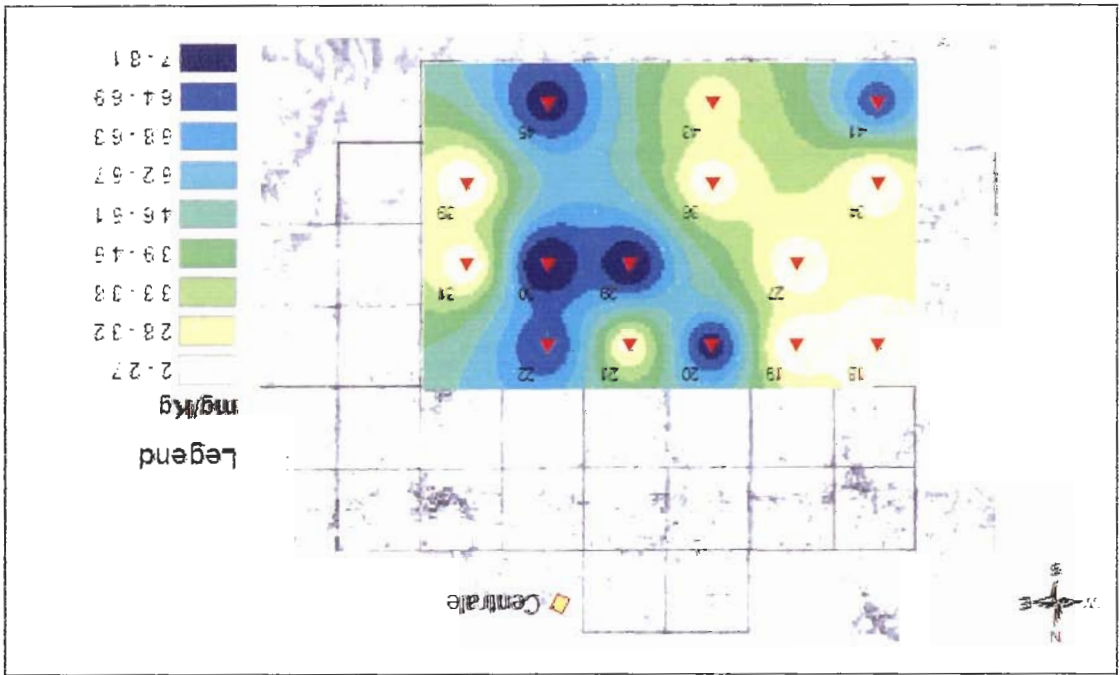


1:150.000

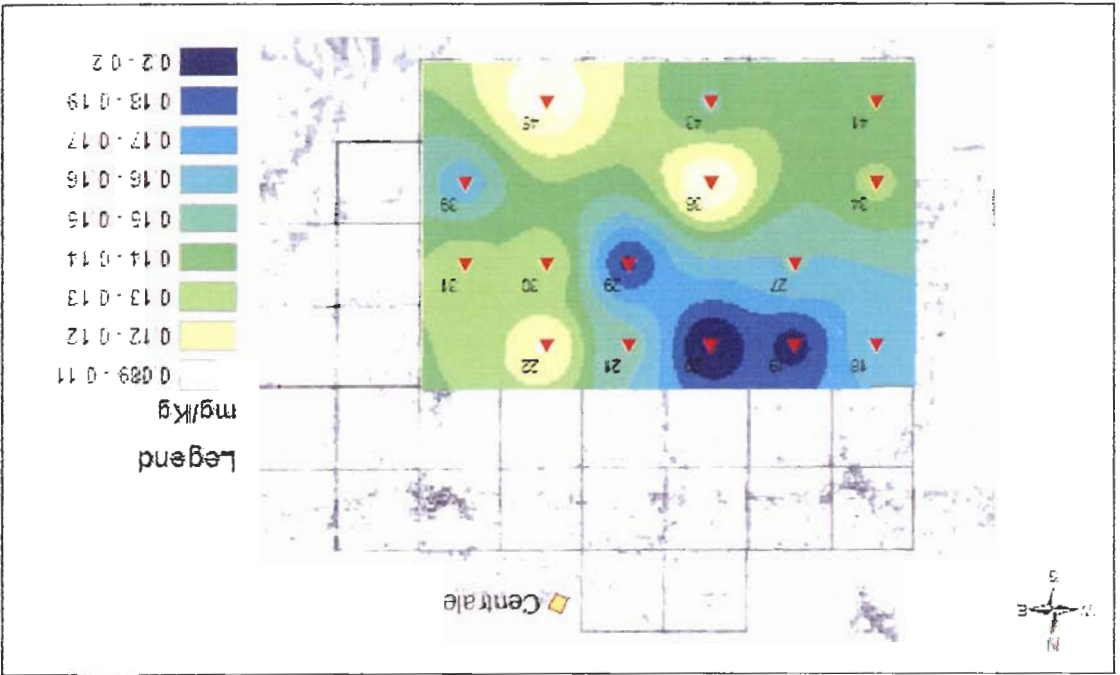
Risultati del biomonitoraggio di Rossano Calabro con biosensore *Pinus spp.* Settembre 2003

Tav. III-4

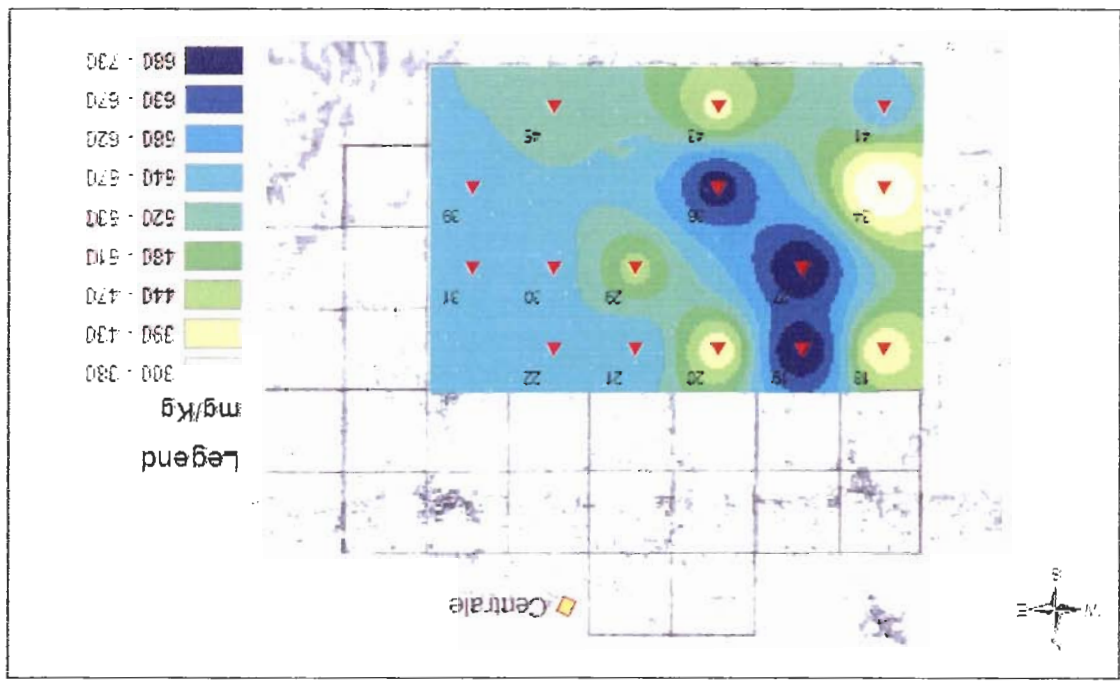
Azoto



Zolfo totale



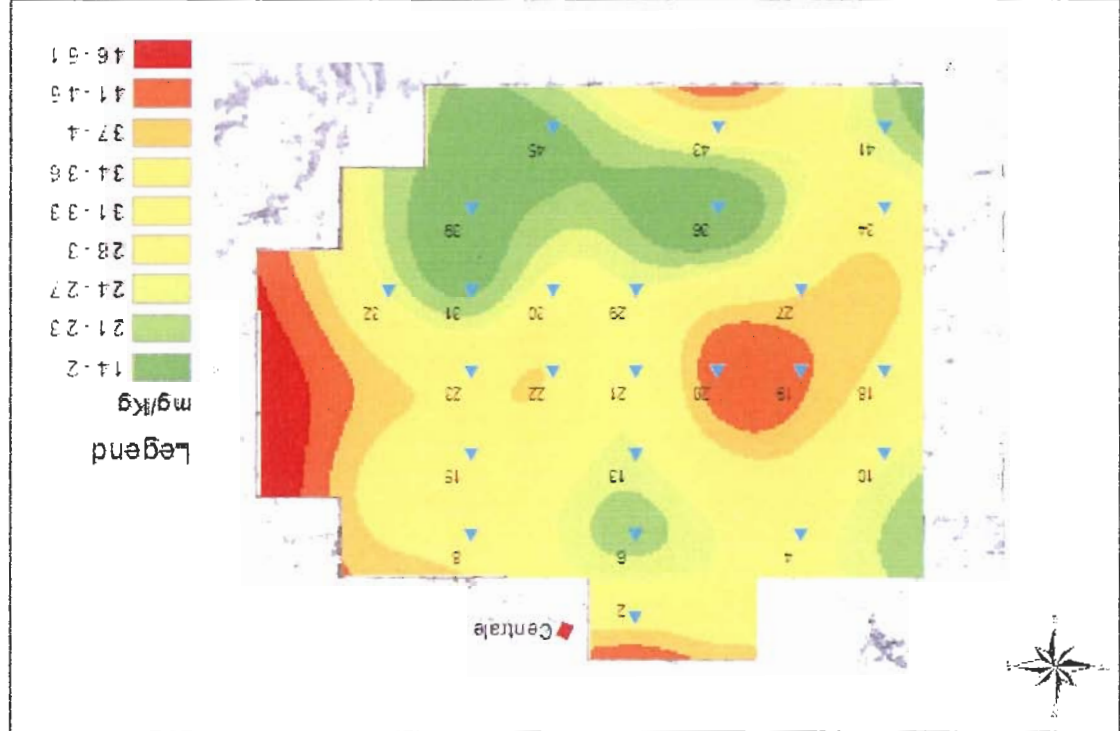
1:150.000



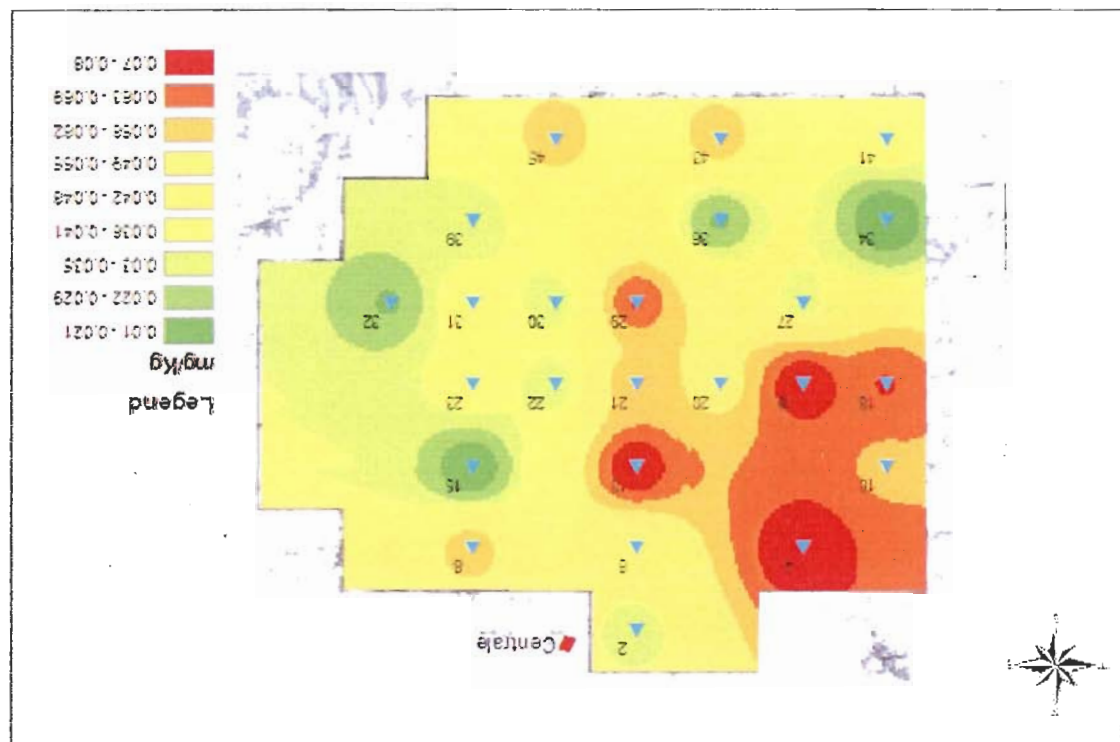
Con l'utilizzo del pinus sp. come biosensore, le diverse tipologie di zolfo mostrano una maggiore concentrazione principalmente nelle stazioni 19, 20, 29. Nichel, piombo e vanadio si distribuiscono nell'area in esame con simile dispersione; principalmente nella zona centrale dell'area di monitoraggio; solo il nichel ed il vanadio mostrano una dispersione anche nella zona nord-occidentale dell'area. L'azoto evidenzia un comportamento più uniforme, forse dovuto anche alle colture presenti nell'area di studio. L'analisi della varianza (ANOVA) aveva messo in evidenza un comportamento di questo tipo per la dispersione di questi elementi. Come per gli altri biosensori l'analisi dei modelli di ricaduta, dei dati anemometrici e climatici possono motivare la dispersione degli elementi in queste zone dell'area.

Tav. IV-1

Nichel



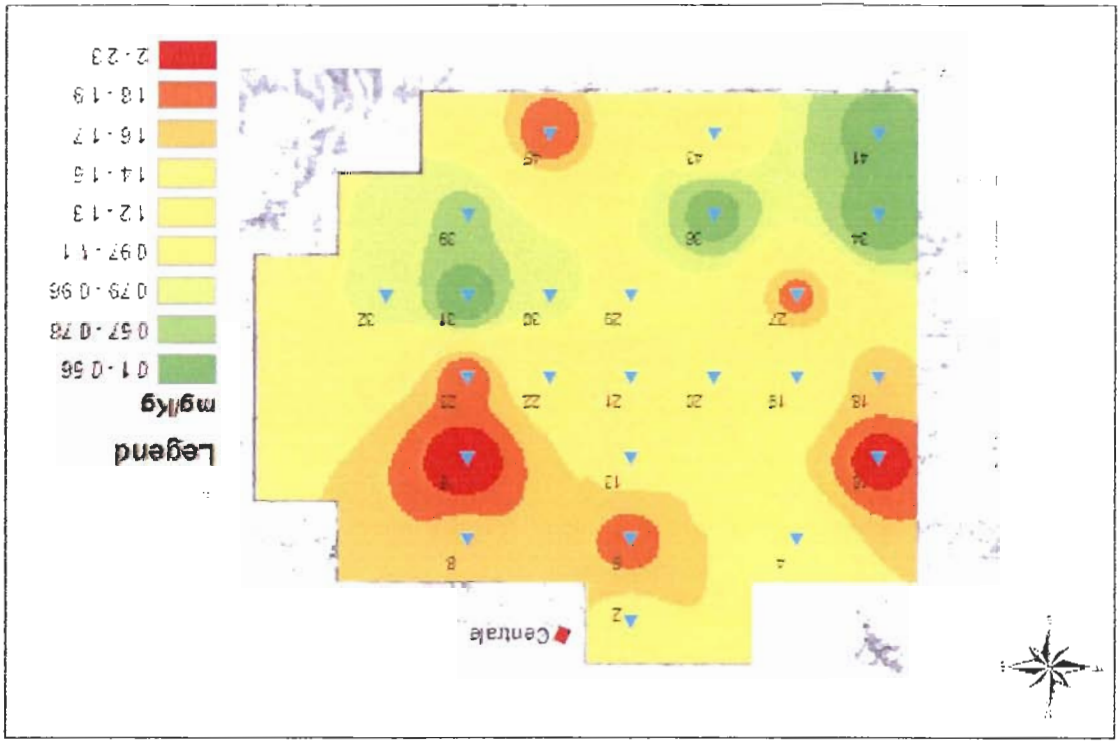
Cadmio



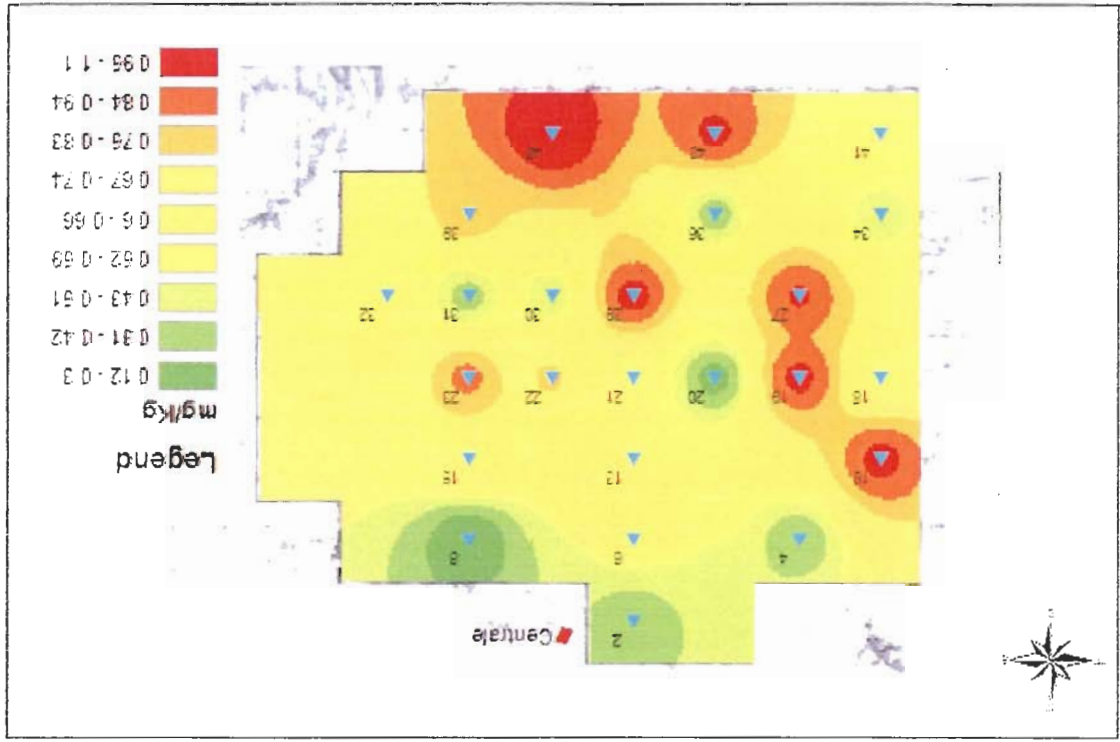
1:150.000

Tav. IV-2

Piombo



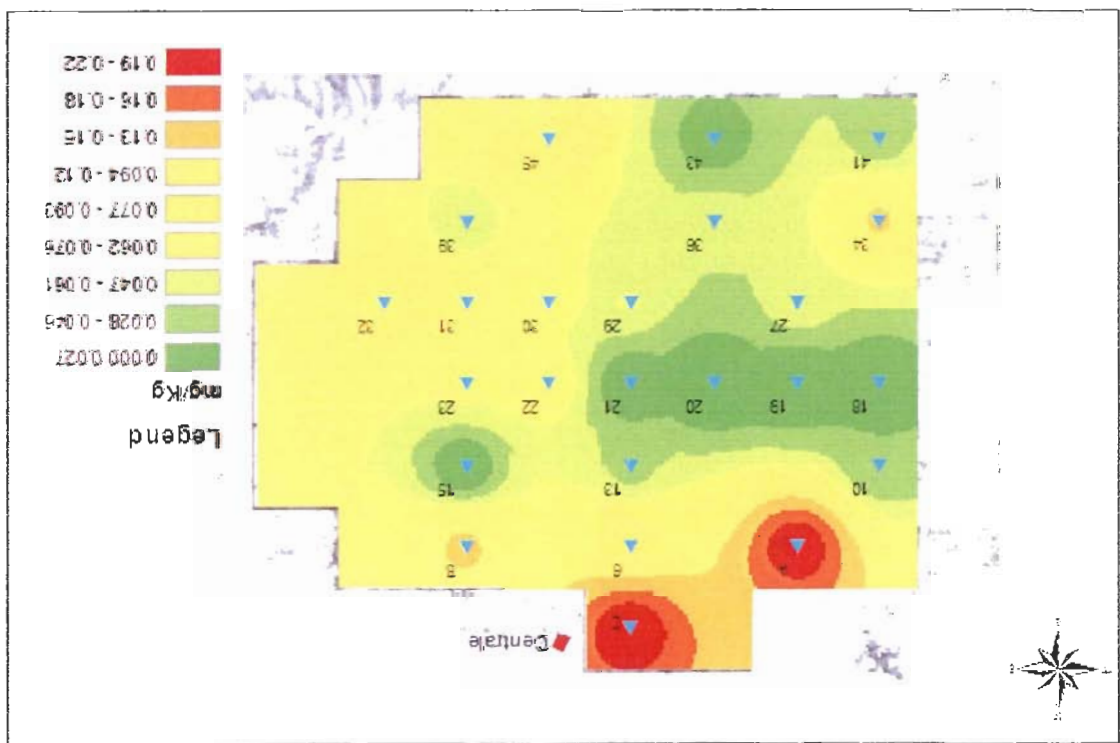
Vanadio



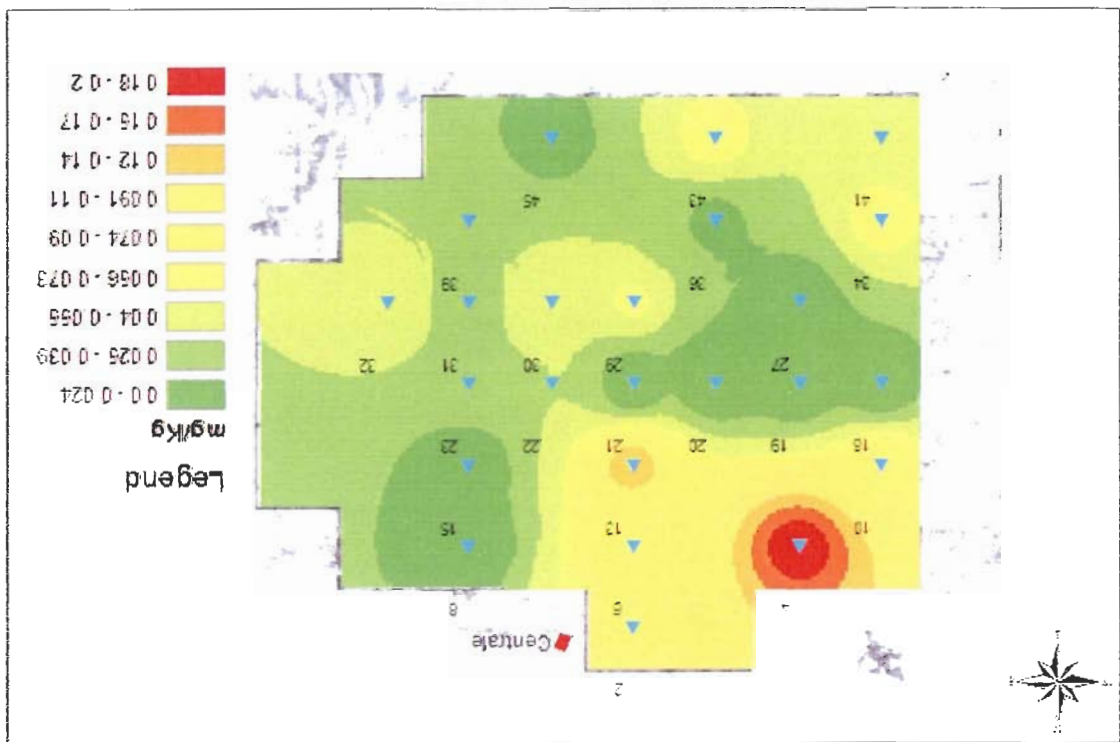
1:150.000



Zolfo organico



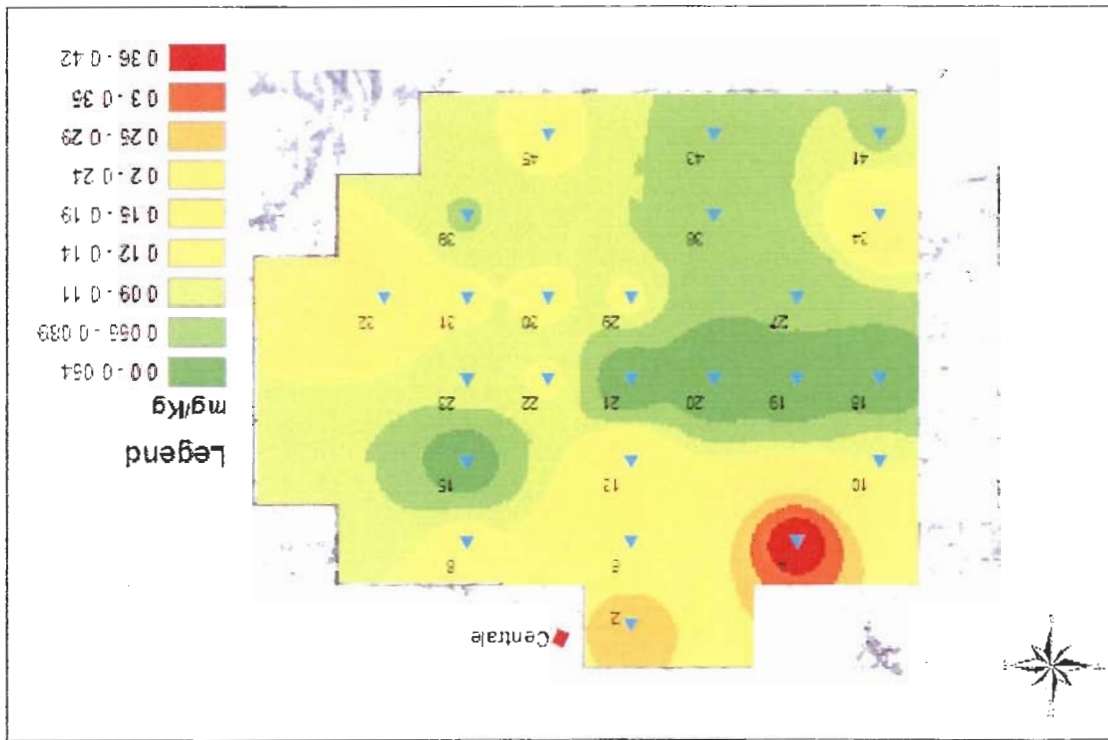
Zolfo inorganico



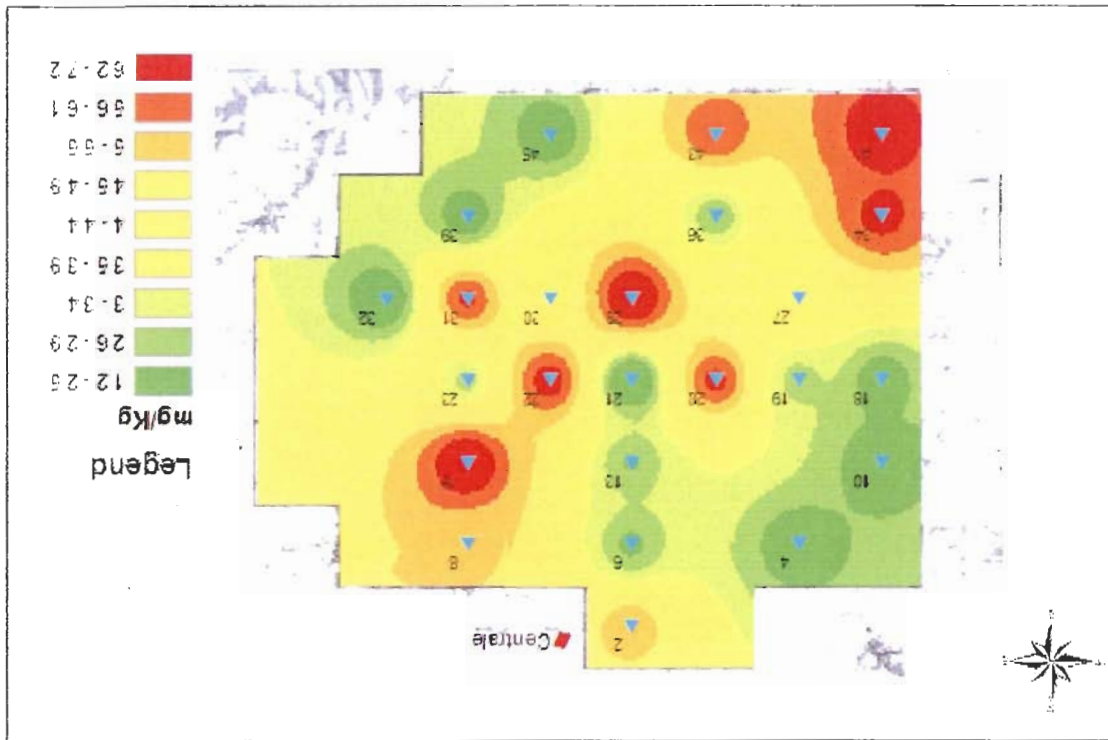
1:150.000

Tav. IV-4

Zolfo totale



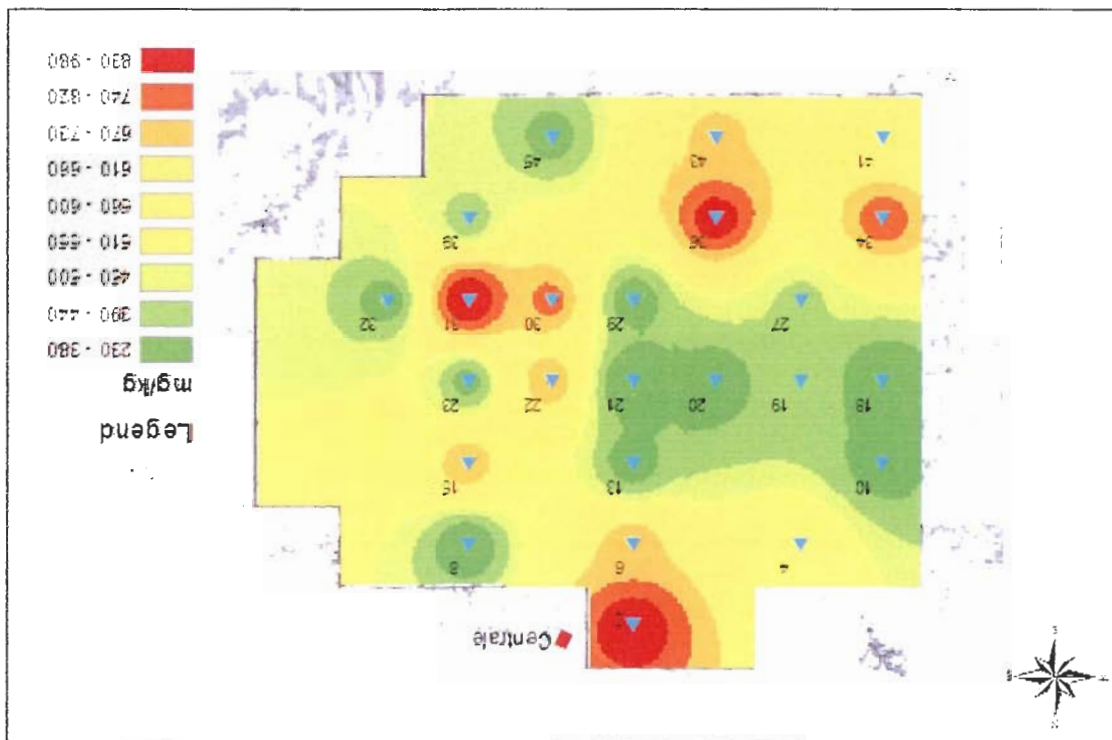
Azoto



1:150,000

Tav. IV-5

Alluminio

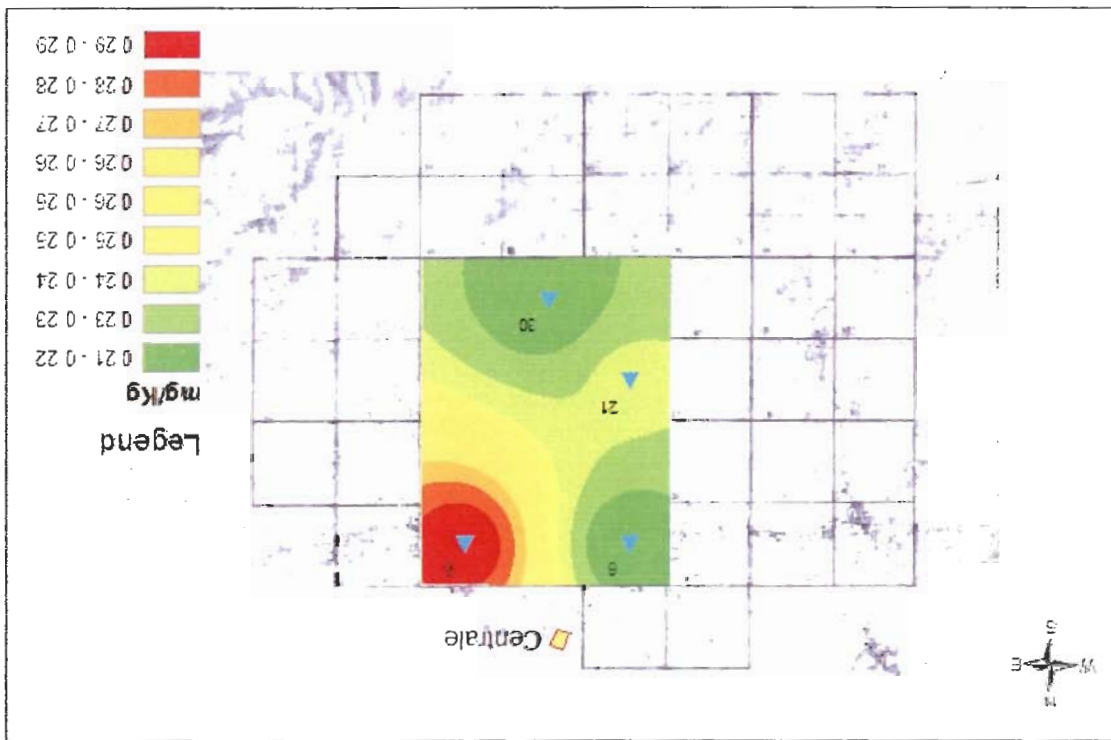


L'esame del vanadio eseguito (da aprile 2003 ad agosto 2003) con il biosensore *Lolium sp.* ha messo in evidenza che questo elemento è rimasto costante nel tempo come concentrazione massima e minima. E sostanzialmente variata la distribuzione nell'area di studio, infatti come si evince dalle mappe di isoc concentrazione, nei mesi di aprile, luglio ed agosto le maggiori concentrazioni si avevano nelle stazioni 6,8. Nei mesi di maggio e giugno la concentrazione del vanadio si è spostata verso le zone meridionali. Anche se il vanadio è presente nella crosta terrestre in concentrazioni medie di 150 ppm è anche nota la capacità di tale elemento di fungere da tracciatore per le emissioni. Dall'interpretazione delle mappe è emerso che la distribuzione di tale elemento varia nei mesi considerati. Una spiegazione potrebbe essere data da fenomeni di tipo climatico, infatti quando i venti spirano da N trasportano il vanadio verso sud, dove incontrano dopo qualche chilometro le prime formazioni montuose. Sono queste che rallentano la velocità del vento favorendo così la deposizione dell'inquinante in questa area.

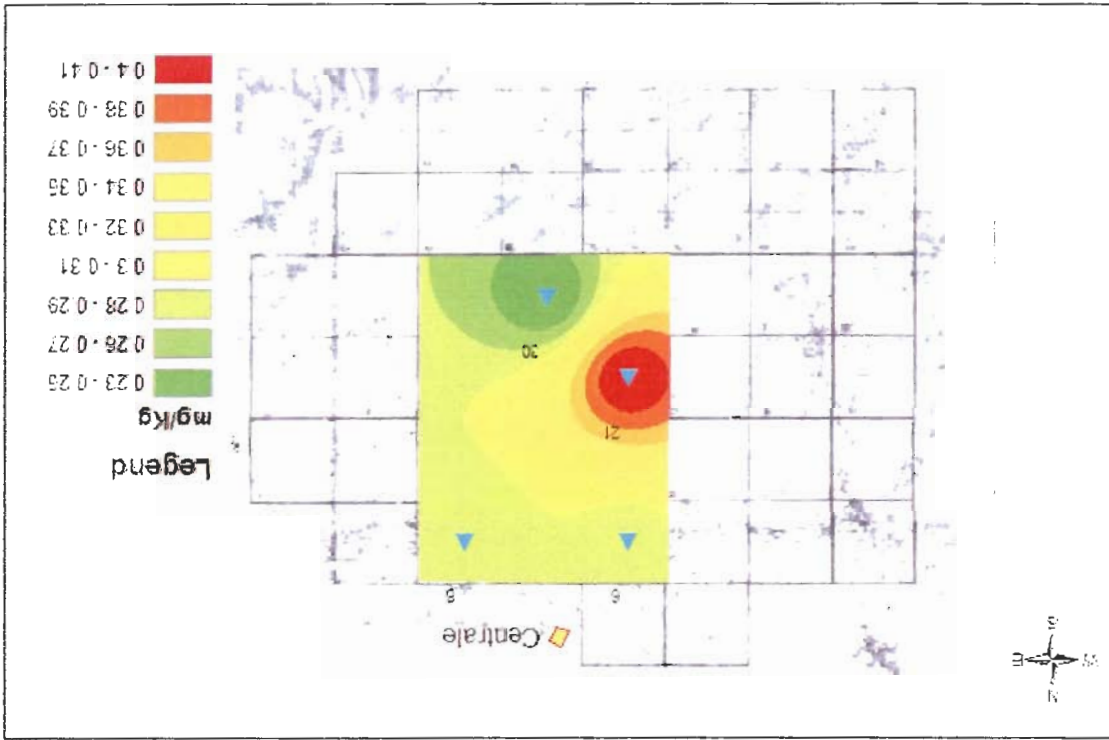
Confronto della dispersione del vanadio (biosensore *Lolium italicum*)  
 in 5 mesi aprile 2003 - agosto 2003

Tav. V-1

Aprile



Maggio

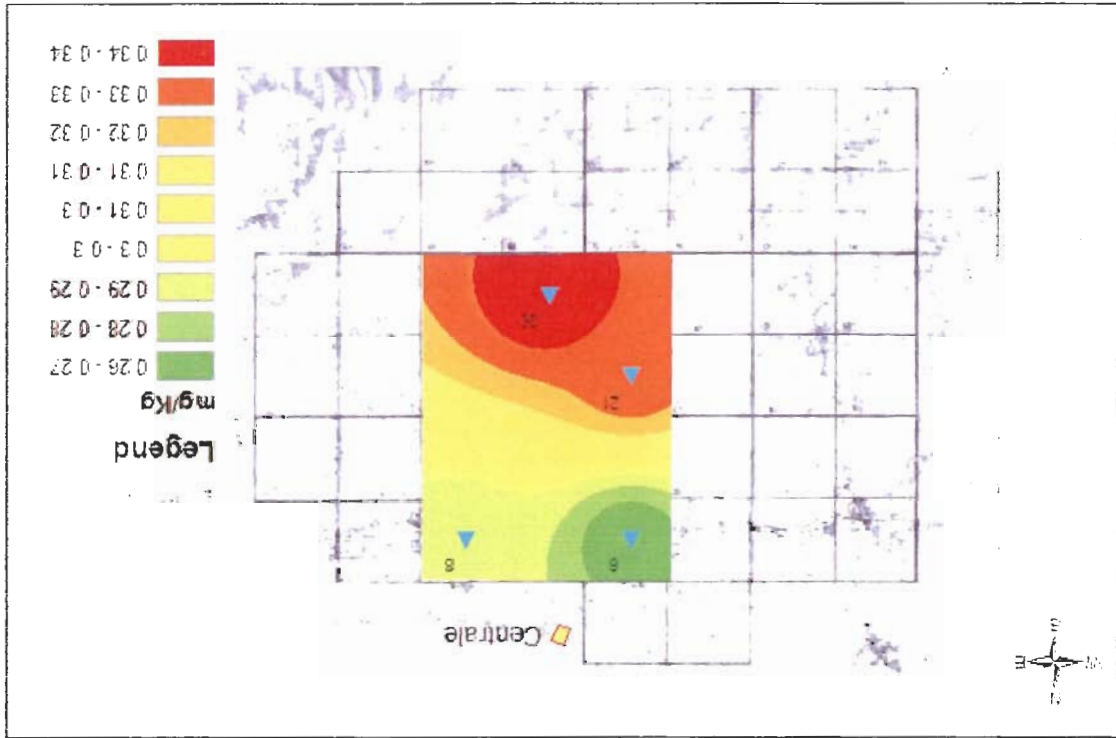


1:150.000

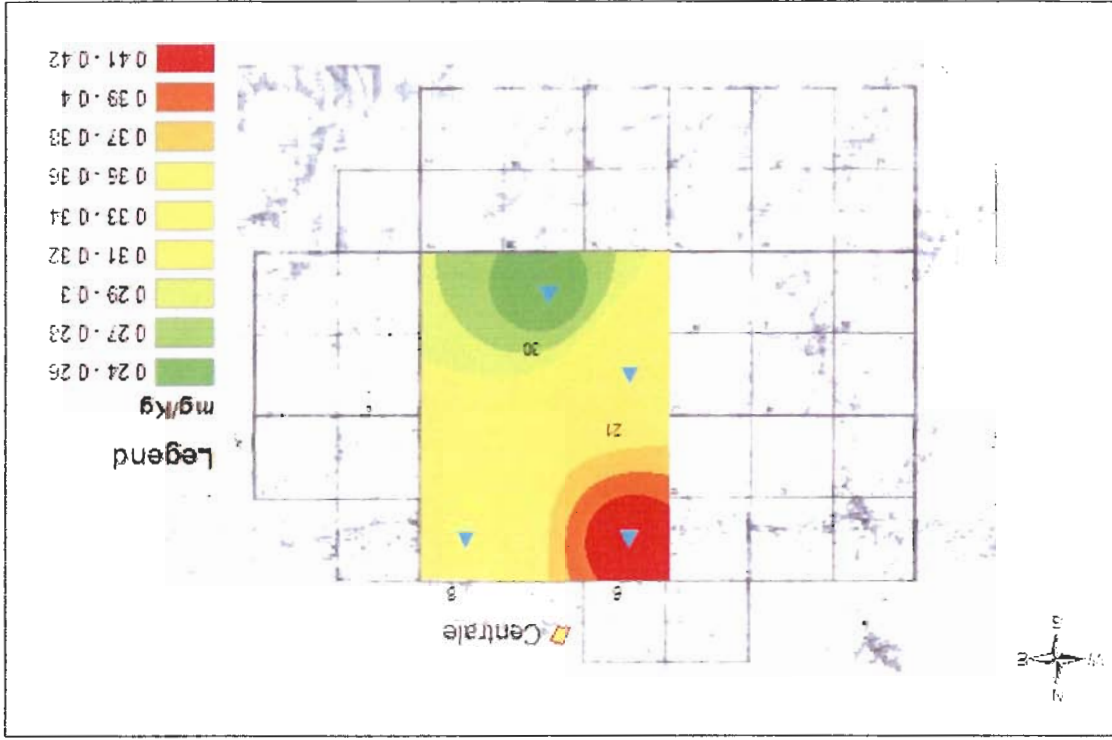
Confronto della dispersione del vanadio (biosensore *Lolium italicum*)  
 in 5 mesi aprile 2003 - agosto 2003

Tav. V-2

Giugno



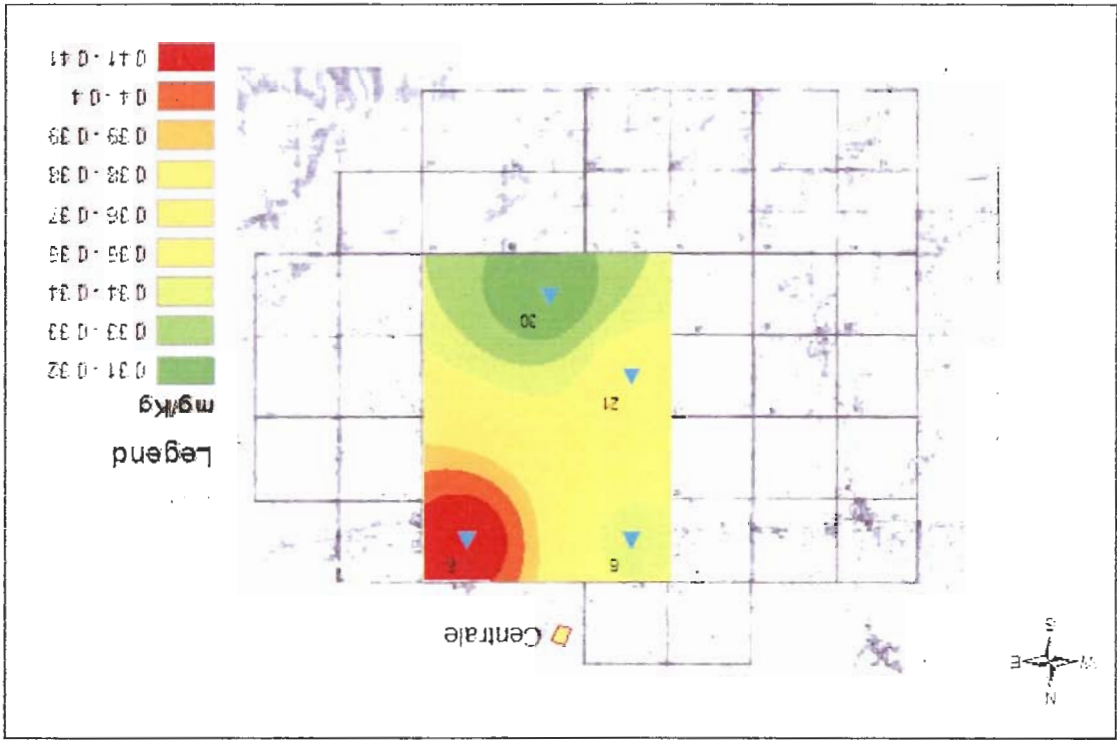
Luglio



1:150.000

Confronto della dispersione del vanadio (biosensore *Lolium italicum*) in 5 mesi aprile 2003 - agosto 2003

Tav. V-3



Agosto

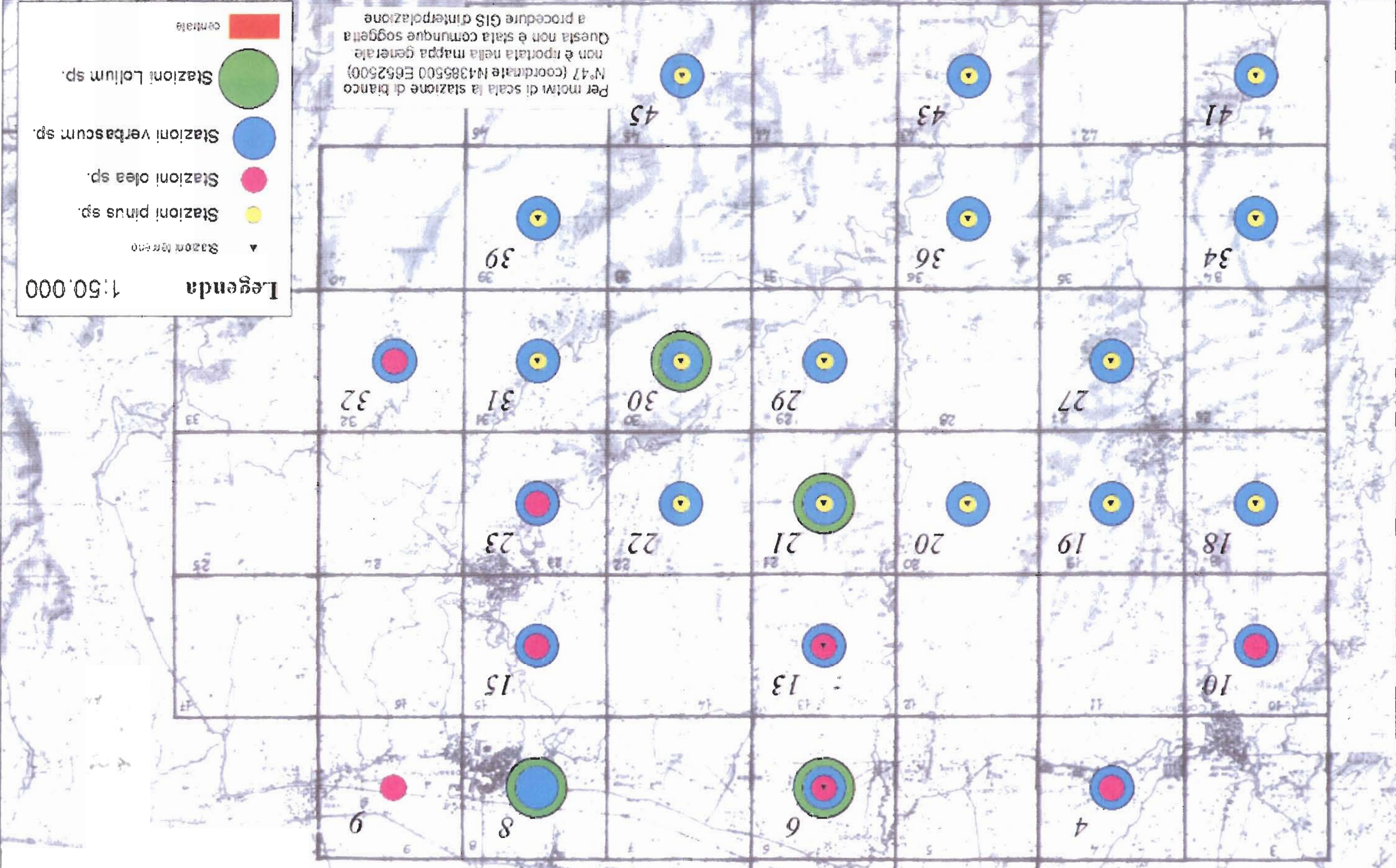
L'esame del vanadio eseguito (da aprile 2003 ad agosto 2003) con il biosensore *Lolium sp.* ha messo in evidenza che questo elemento è rimasto costante nel tempo come concentrazione massima e minima. E sostanzialmente variata la distribuzione nell'area di studio, infatti come si evince dalle mappe di isocoscienza, nei mesi di aprile, luglio ed agosto le maggiori concentrazioni si avevano nelle stazioni 6,8. Nel mese di maggio e giugno la concentrazione del vanadio si è spostata verso le zone meridionali. Anche se il vanadio è presente nella crosta terrestre in concentrazioni medie di 150 ppm è anche nota la capacità di tale elemento di fungere da tracciatore per le emissioni.

Dall'interpretazione delle mappe è emerso che la distribuzione di tale elemento varia nei mesi considerati. Una spiegazione potrebbe essere data da fenomeni di tipo climatico, infatti quando i venti spirano da N trasportano il vanadio verso sud, dove incontrano dopo qualche chilometro le prime formazioni montuose. Sono queste che rallentano le la velocità del vento favorendo così la deposizione dell'inquinante in questa area.

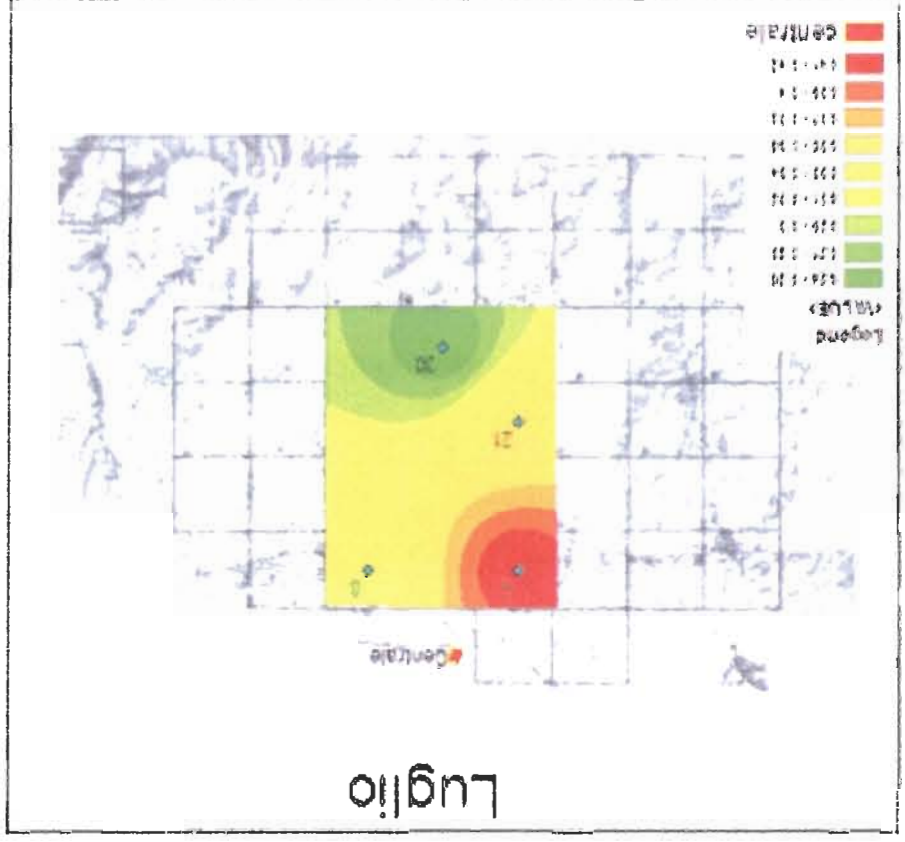
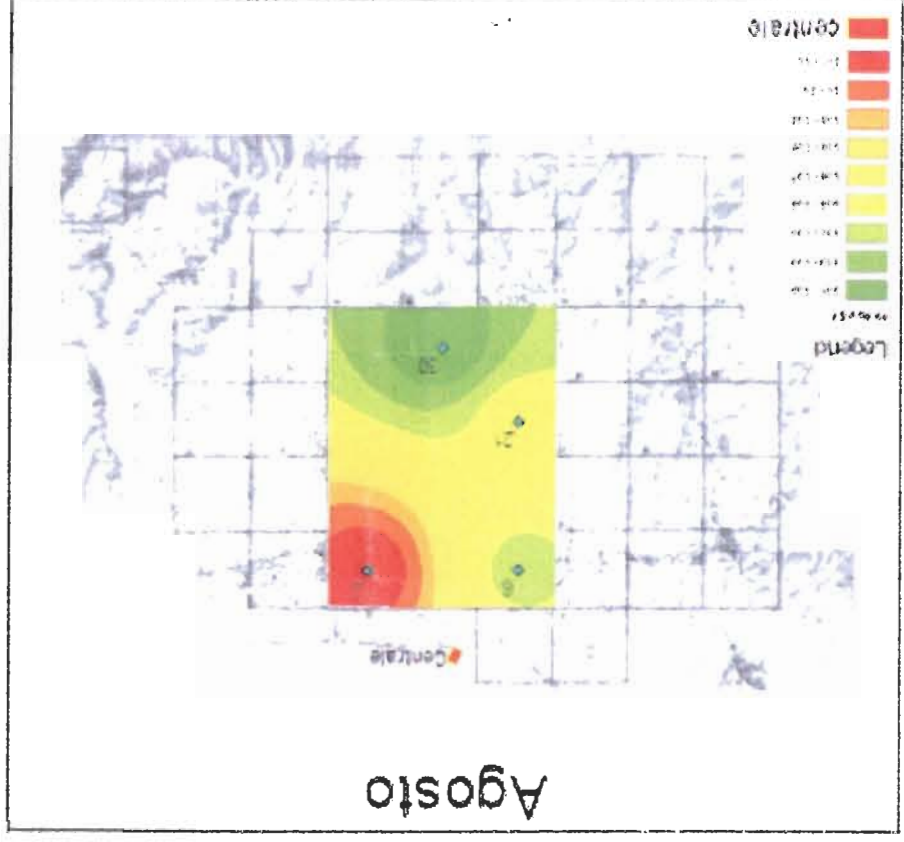
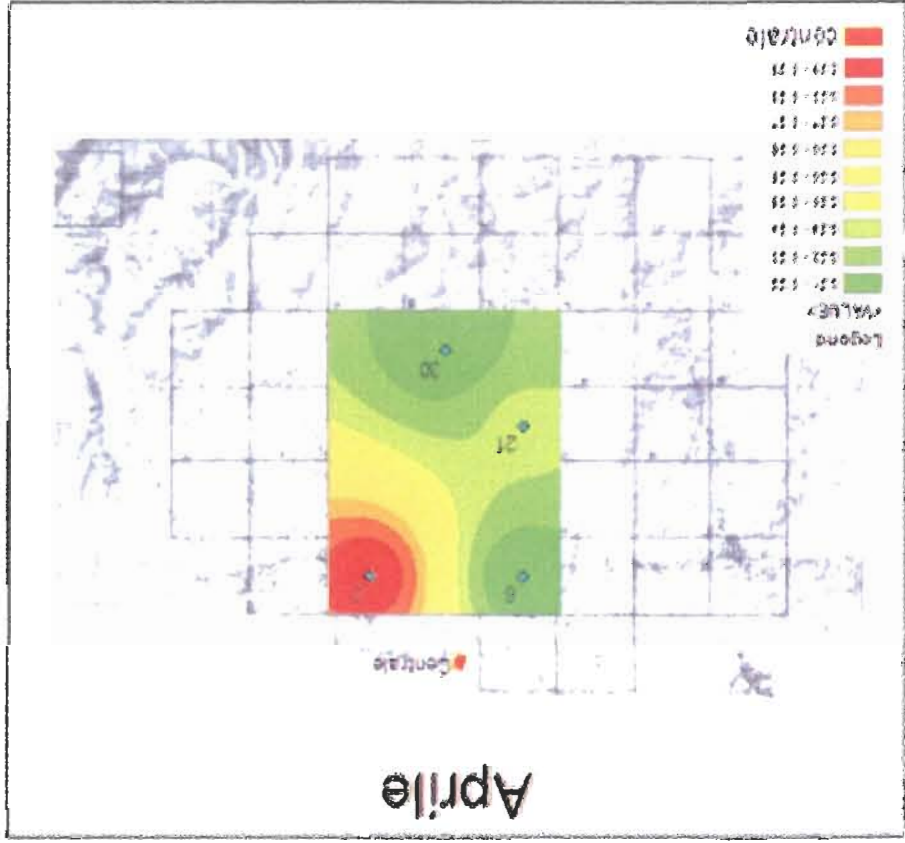
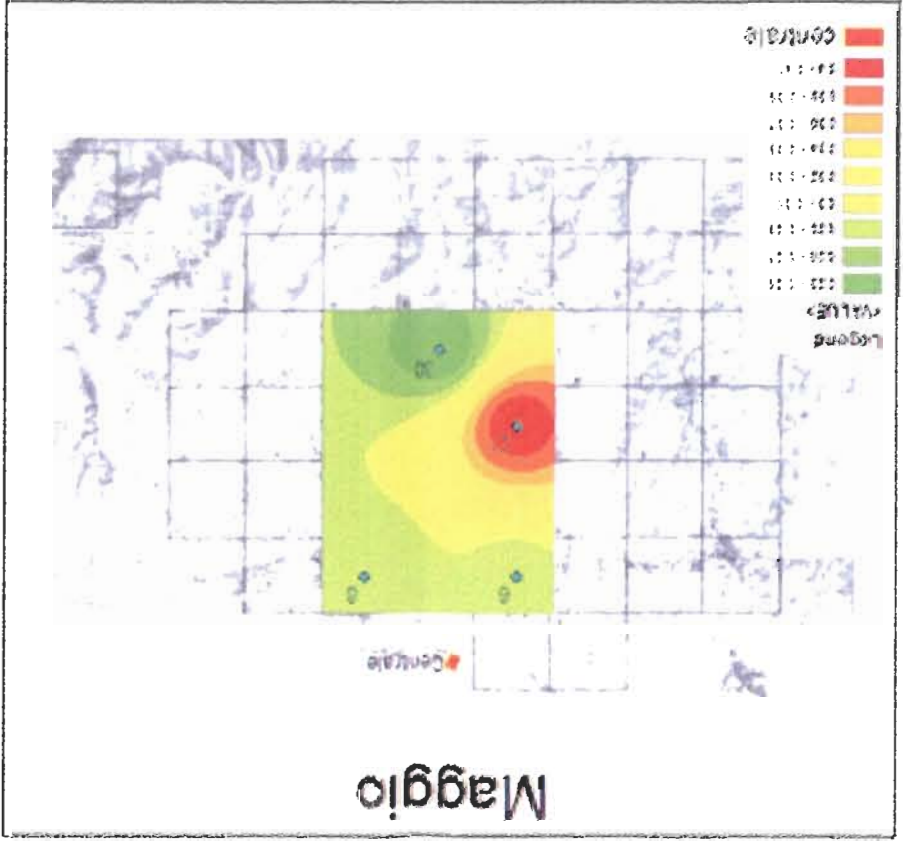
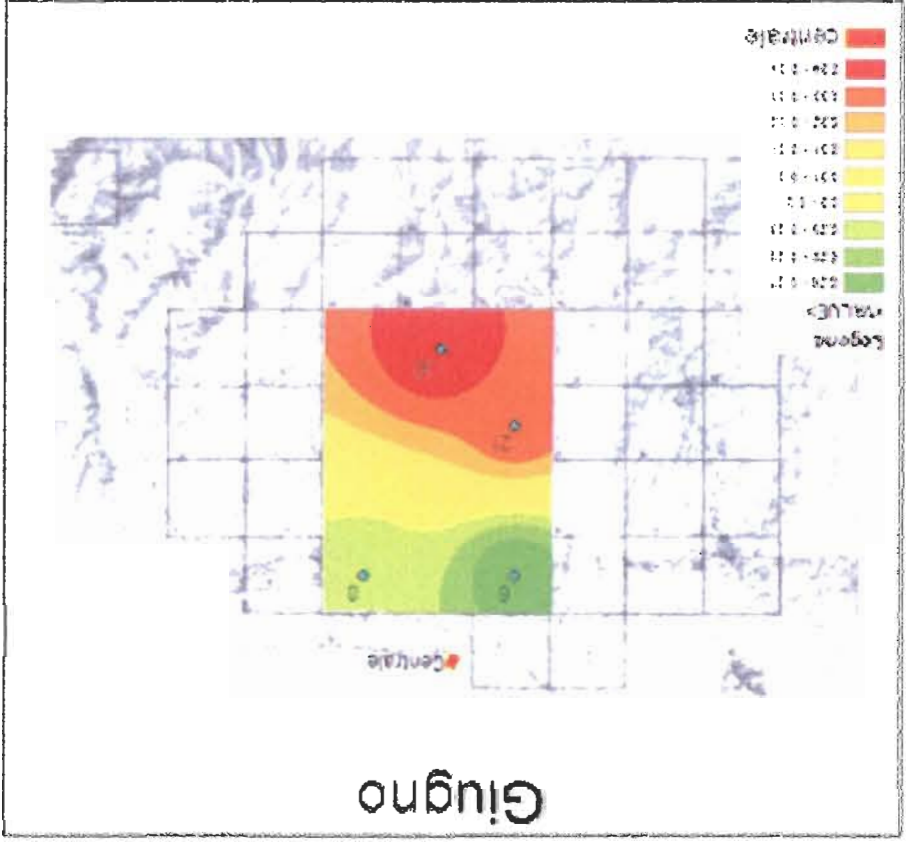
1:150.000



Tav. I Inquadramento generale delle stazioni di campionamento



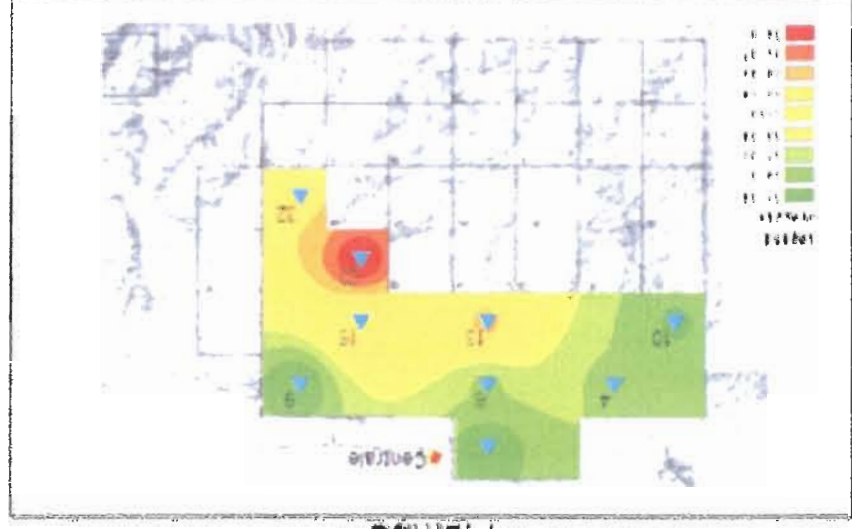
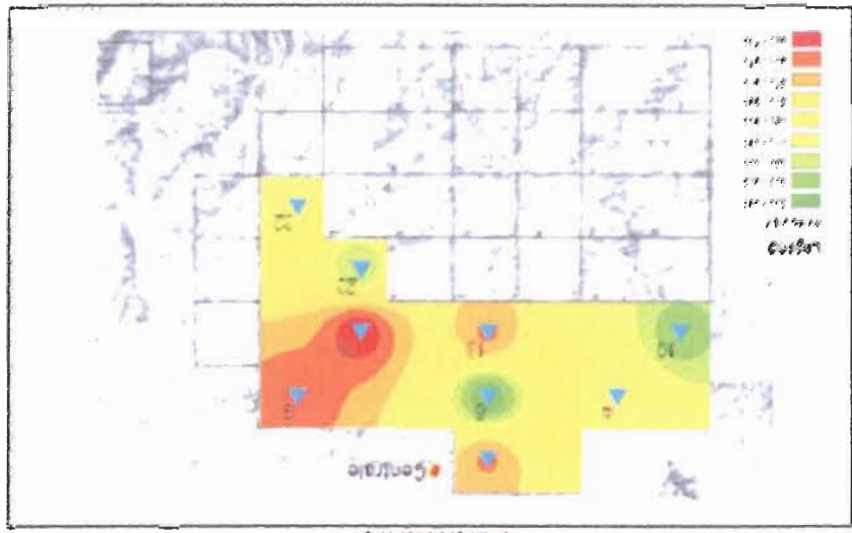
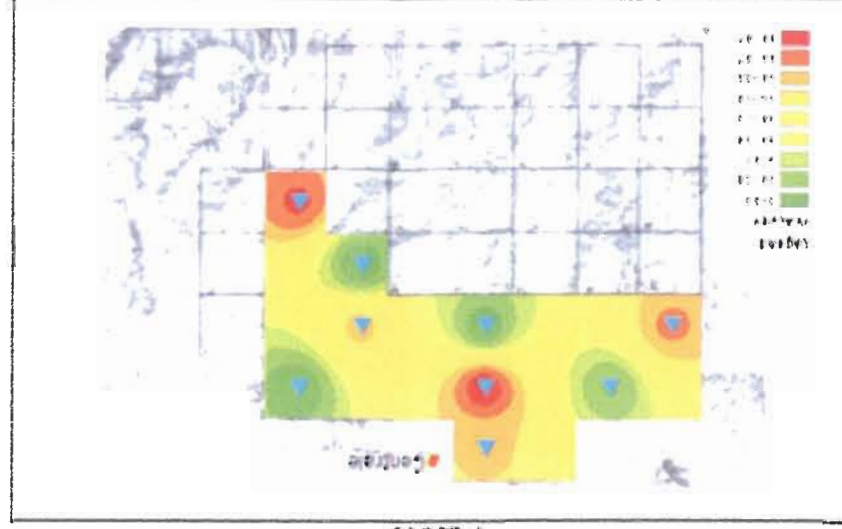
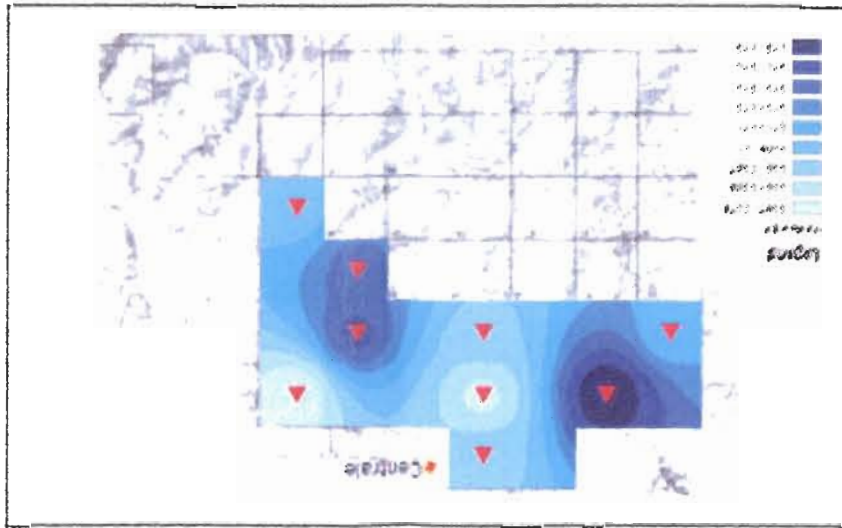
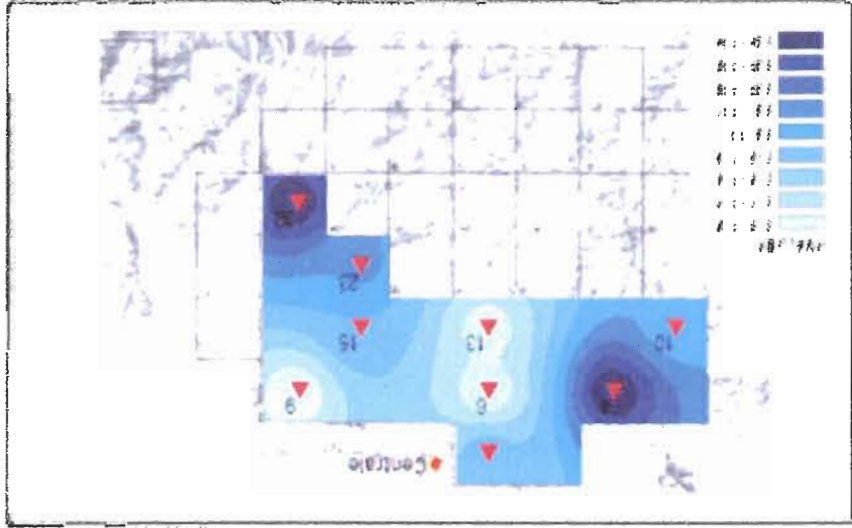
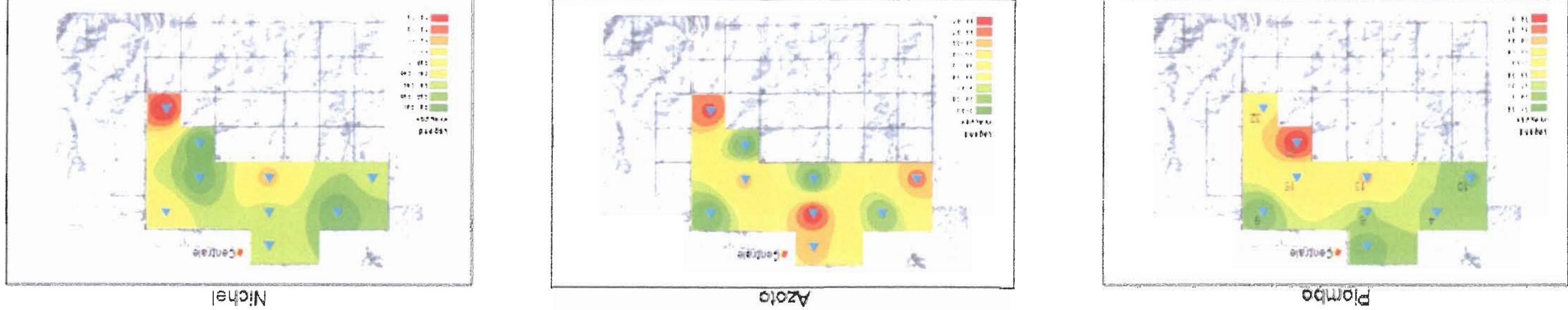
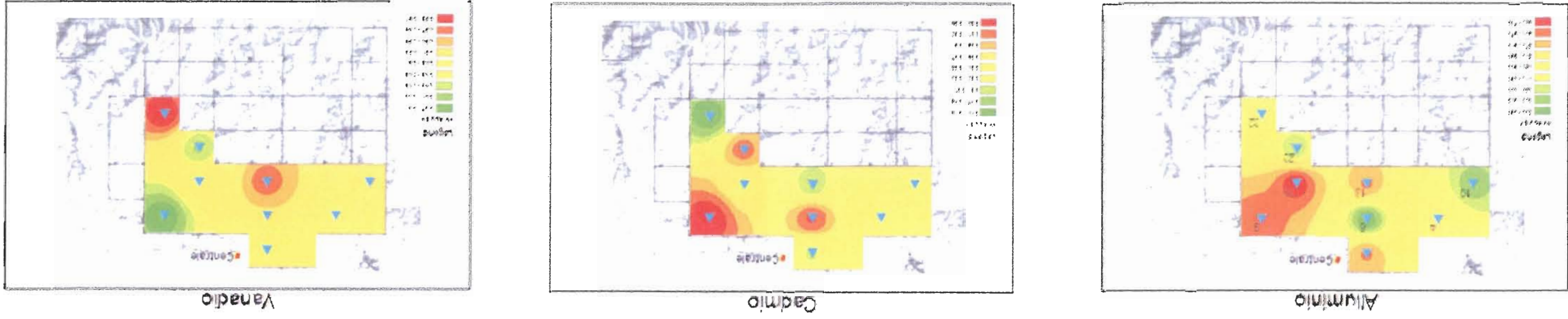
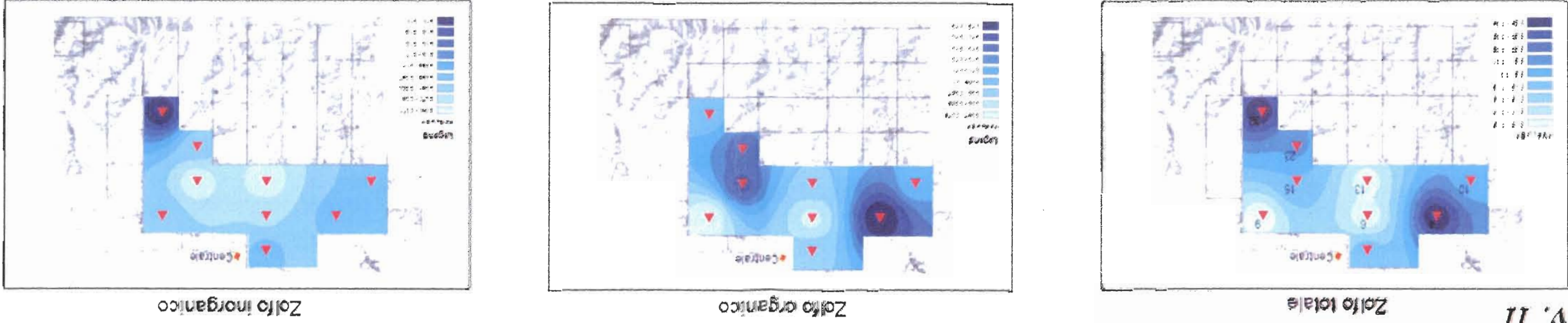
Confronto della dispersione del vanadio biosensore (*Lolium italicum*) in 5 mesi: aprile - agosto 2003 - Visione d'insieme - Tav. V



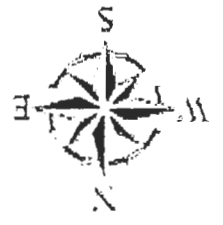
L'esame del vanadio eseguito (da aprile 2003 ad agosto 2003) con il biosensore *Lolium sp.* ha messo in evidenza che questo elemento è rimasto costante nel tempo come concentrazione massima e minima. È sostanzialmente variata la distribuzione nell'area di studio, infatti come si evince dalle mappe di isoconzentrazione, nei mesi di aprile, luglio ed agosto le maggiori concentrazioni si avevano nelle stazioni 6,8. Nei mesi di maggio e giugno la concentrazione del vanadio si è spostata verso le zone meridionali. Anche se il vanadio è presente nella crosta terrestre in concentrazioni medie di 150 ppm e anche nota la capacità di tale elemento di fungere da tracciatore per le emissioni. Dall'interpretazione delle mappe è emerso che la distribuzione di tale elemento varia nei mesi considerati. Una spiegazione potrebbe essere data da fenomeni di tipo climatico, infatti quando i venti spirano da N trasportano il vanadio verso sud, dove incontrano dopo qualche chilometro le prime formazioni montuose. Sono queste che rallentano la velocità del vento favorendo così la deposizione dell'inquinante in questa area.



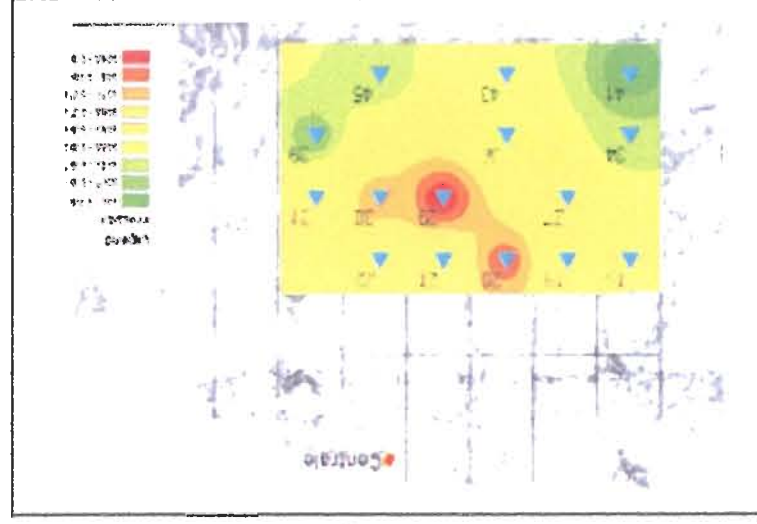
# Risultati biomonitoraggio Rossano Calabro con biosensore (Olea europea) - Visione d'insieme - Tav. II



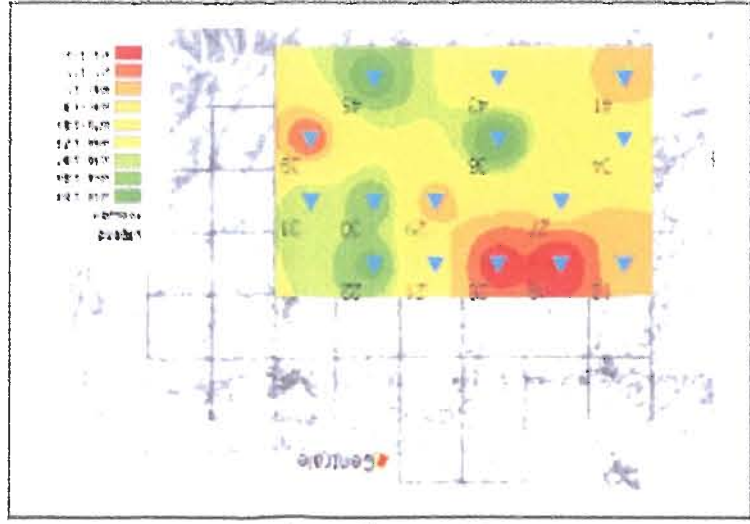
Dai risultati del biomonitoraggio condotti nel 2003 con *Olea sp.* è emerso che elementi come il vanadio, il piombo e il nichel si distribuiscono nella zona sud-orientale dell'area (stazioni 23, 32) dalle matrici di correlazione tale comportamento per questi elementi era prevedibile, vista la stretta relazione che hanno mostrato nei confronti delle dispersioni sul territorio. L'alluminio invece, un elemento di origine terrigena, deve la sua distribuzione sul territorio unicamente alla natura del suolo e dall'uso a cui questo è soggetto.



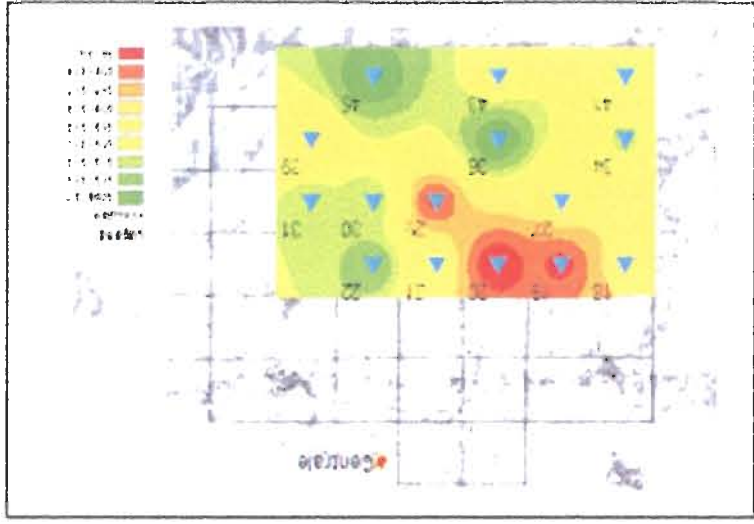
Zolfo inorganico



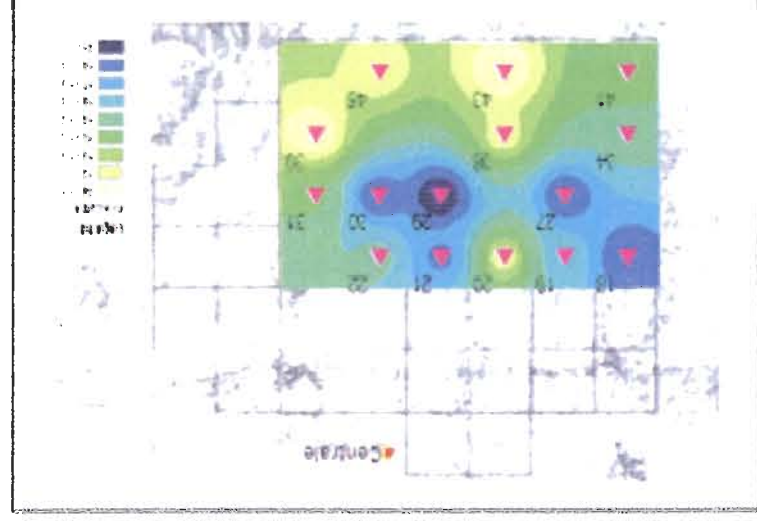
Zolfo organico



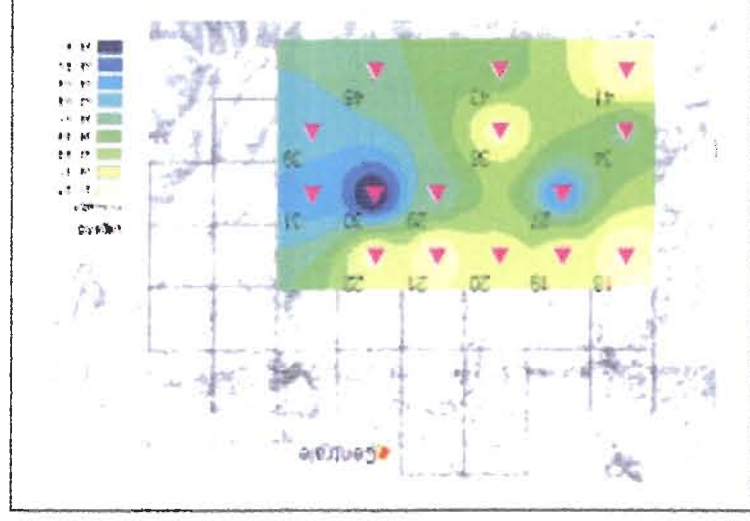
Zolfo totale



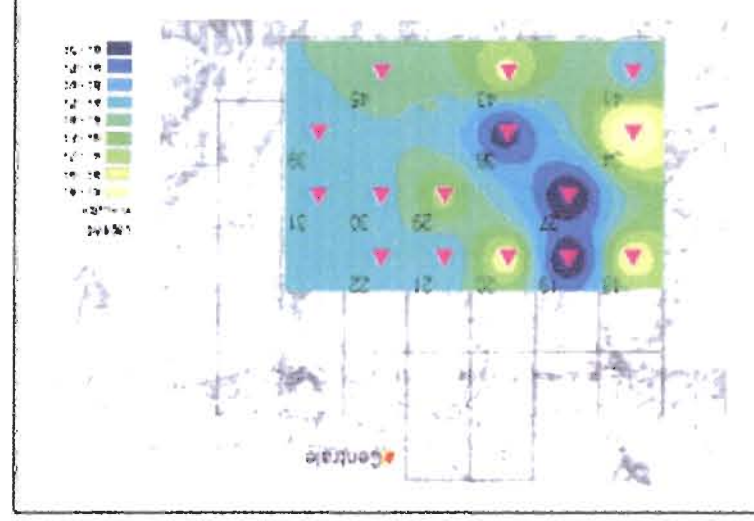
Nichel



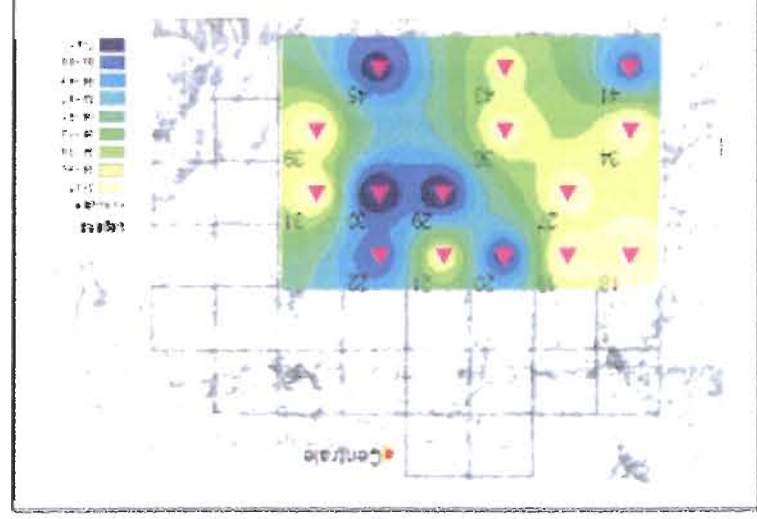
Piombo



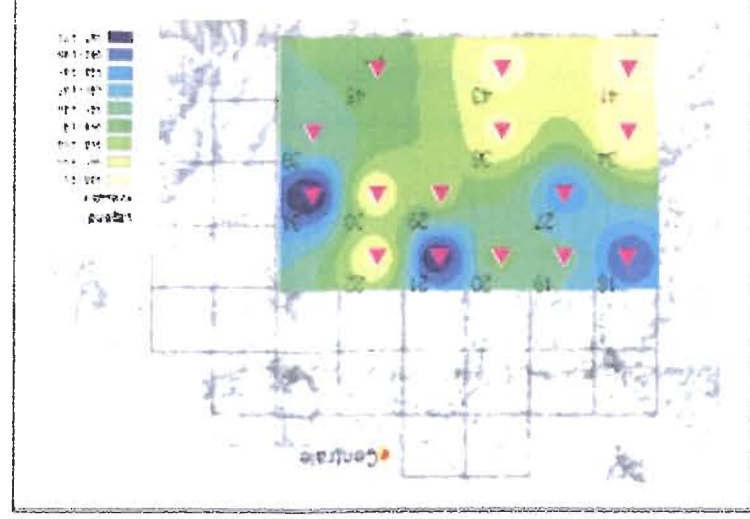
Alluminio



Azoto



Vanadio

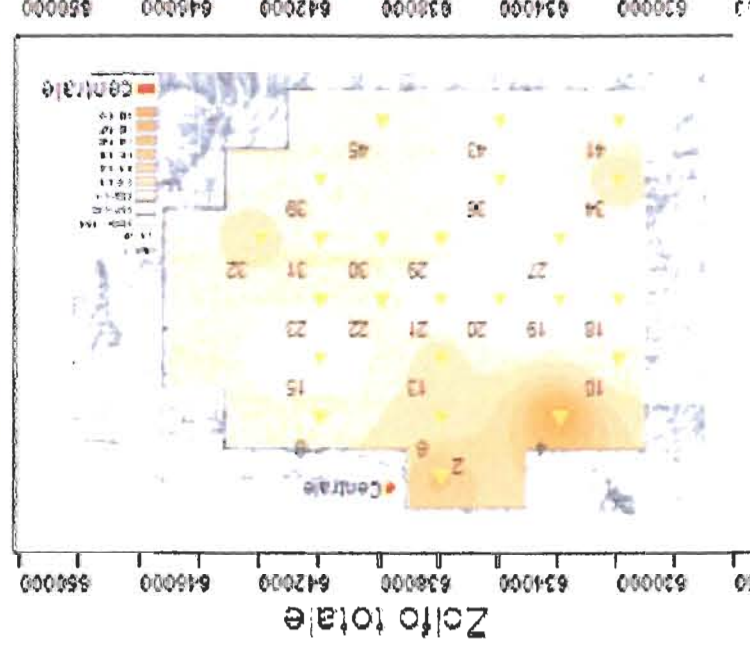
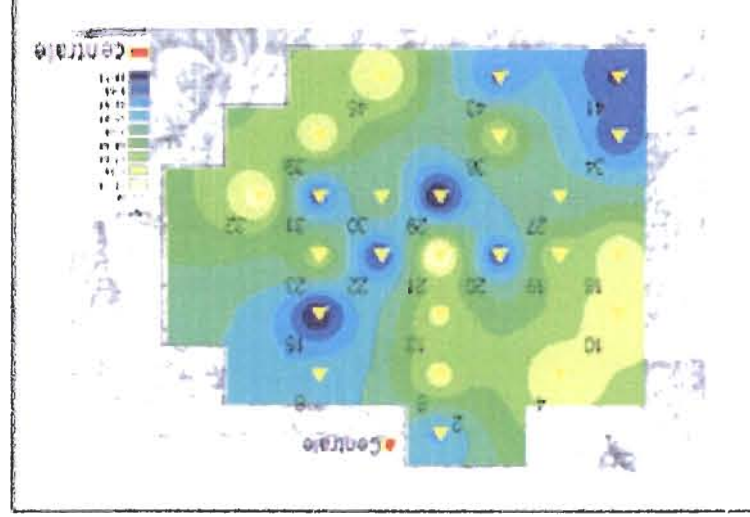
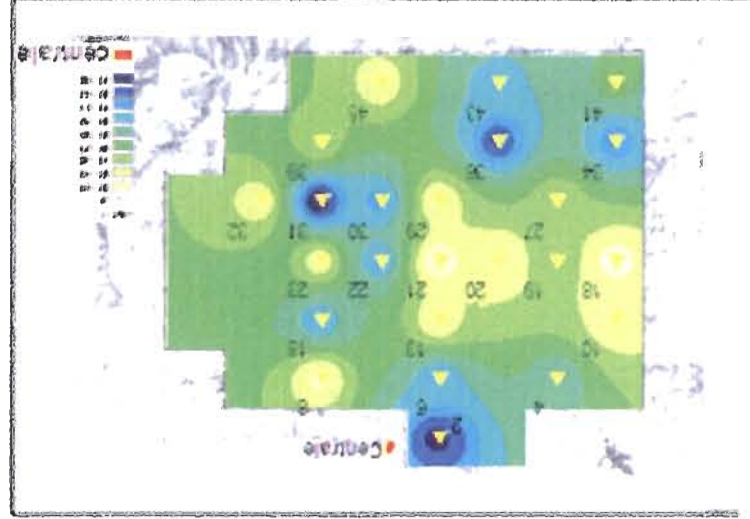


Con l'utilizzo del pinus sp. come biosensore, le diverse tipologie di zolfo mostrano una maggiore concentrazione principalmente nelle stazioni 19, 20, 29. Nichel, piombo e vanadio si distribuiscono nell'area in esame con simile dispersione, principalmente nella zona centrale dell'area di monitoraggio; solo il nichel ed il vanadio mostrano una dispersione anche nella zona nord-occidentale dell'area. L'azoto evidenzia un comportamento più uniforme, forse dovuto anche alle colture presenti nell'area di studio. L'analisi della varianza (ANOVA) aveva messo in evidenza un comportamento di questo tipo per la dispersione di questi elementi. Come per gli altri biosensori l'analisi dei modelli di ricaduta, dei dati anemometrici e climatici possono motivare la dispersione degli elementi in queste zone dell'area.

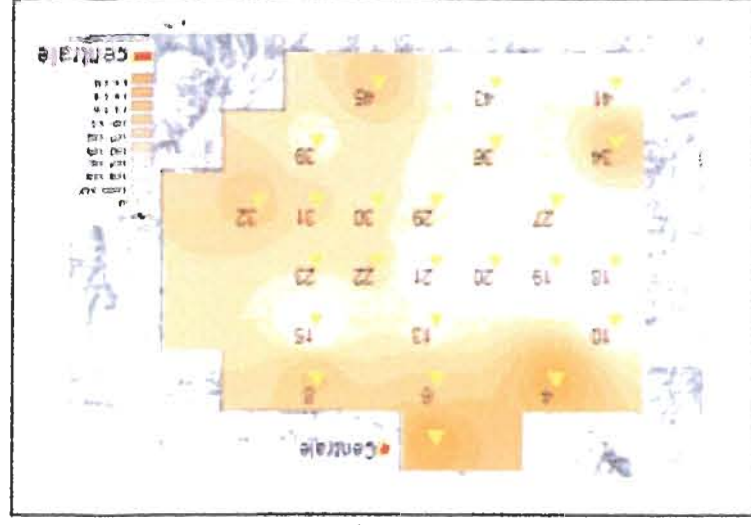
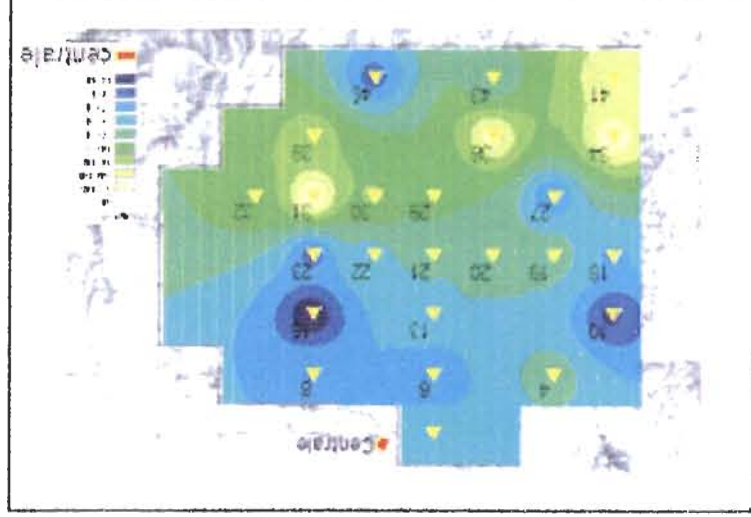
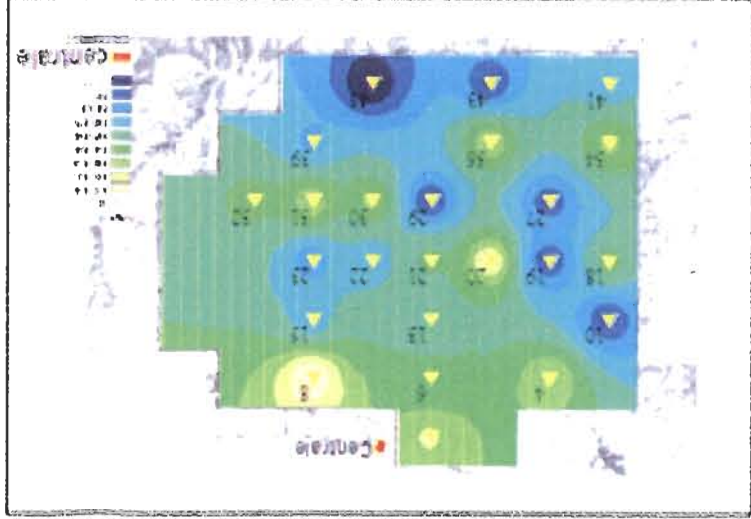
Risultati del biomonitoraggio Rossano Calabro biosensore (Verbascum thapsus) - Visione d'insieme -

Tav. IV

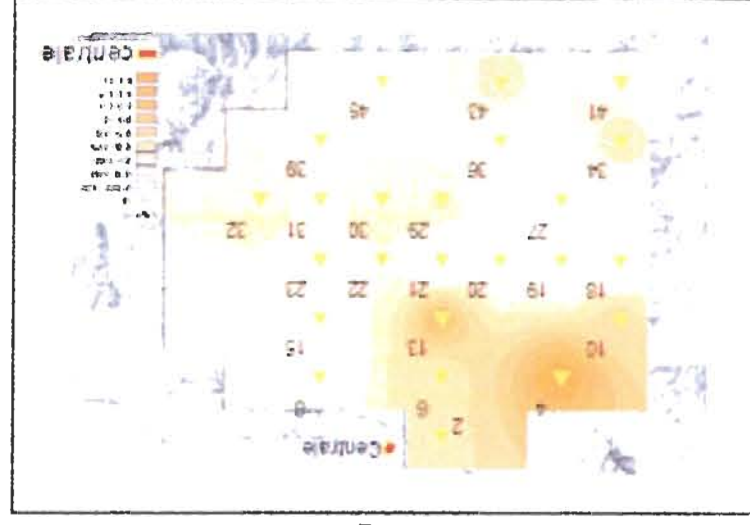
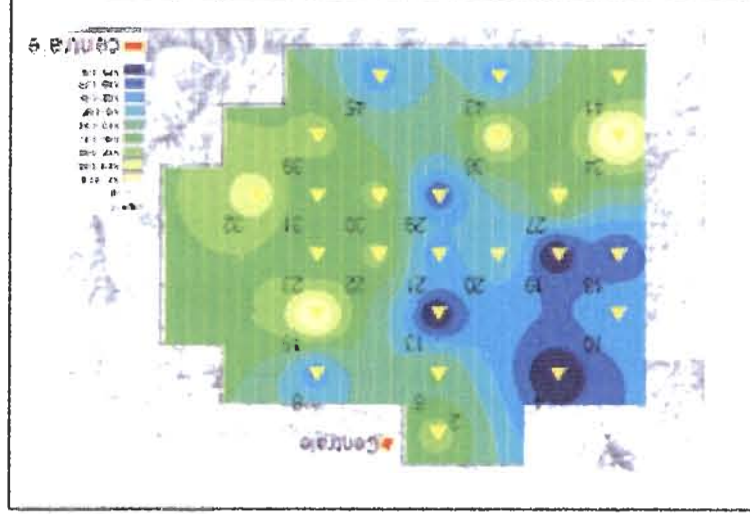
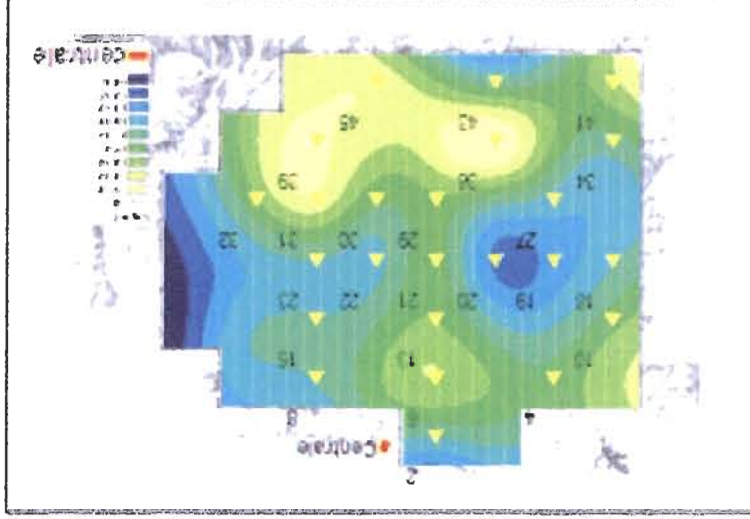
Alluminio



Vanadio



Nichel



L'analisi cartografica dei dati ottenuti dal biomonitoraggio di tipo passivo effettuato nel 2003 tramite il Verbascum sp. mostra una distribuzione omogenea dello S tor su tutta l'area indagata con dei picchi nelle stazioni 2,4,6. I valori più elevati del Piombo dell'azoto e del Cadmio si riscontrano nella parte meridionale dell'area e mostrano un trend simile di distribuzione. Questi elementi sono soggetti a un breve trasporto da parte dei venti, che provenienti da NE spingono gli elementi verso le zone di maggiore accumulo. Dalle mappe come dalle analisi statistiche fatte, risulta una distribuzione singolare del vanadio; seppure si è notata una diminuzione nelle concentrazioni rispetto agli altri anni.