



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SIENA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE AMBIENTALI

"G. SARFATTI"

**BIOMONITORAGGIO
DELLA QUALITÀ DELL'ARIA
TRAMITE LICHENI EPIFITI
NEL TERRITORIO INTERESSATO DALLA
CENTRALE TURBOGAS
PRESSO LO ZUCCHERIFICIO SADAM
(COMUNE DI JESI)**

Indagine di bioaccumulo

GRUPPO DI RICERCA

- **Dr. Stefano Loppi** (*responsabile scientifico*)
- **Dr. ssa Luisa Frati**
- **Dr. Giorgio Brunialti**

Siena, Gennaio 2007

SOMMARIO

1. SCOPO DELL'INDAGINE.....	2
2. AREA DI STUDIO	3
3. MATERIALI E METODI.....	4
3.1 BIOACCUMULO DI ELEMENTI IN TRACCIA	4
3.1.1 INDIVIDUAZIONE DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO	4
3.1.2 RACCOLTA, PREPARAZIONE ED ESPOSIZIONE DEI CAMPIONI PER L'INDAGINE DI BIOACCUMULO	6
3.1.3 ANALISI DEI CAMPIONI TRAPIANTATI.....	6
4. RISULTATI E DISCUSSIONE	7
4.1 BIOACCUMULO DI ELEMENTI IN TRACCIA	7
4.1.1 CONFRONTO CON LE INDAGINI PRECEDENTI.....	19
4.1.2 COMMENTO AI RISULTATI DI BIOACCUMULO	28
5. CONCLUSIONI	32

1. SCOPO DELL'INDAGINE

Lo scopo della presente indagine è stato quello di valutare l'impatto ambientale della messa in funzione della centrale turbogas di Jesi attraverso uno studio di biomonitoraggio tramite licheni epifiti nel territorio interessato dalla centrale in oggetto.

Come da accordi con il Comune di Jesi, si tratta della sesta di una serie di campagne di rilevamento annuali volte a misurare eventuali cambiamenti della qualità ambientale nell'area in esame, conseguenti alla messa in funzione della centrale.

Ogni anno lo studio si svolge in due direzioni complementari: la determinazione dell'Indice di Diversità Lichenica (IDL), per avere un quadro globale della situazione atmosferica dell'area indagata, e la raccolta di dati di bioaccumulo, per determinare la diffusione e la ricaduta degli elementi in traccia. I risultati dell'indagine di bioindicazione sono già stati forniti in una relazione precedente.

Nel seguente rapporto verranno riportati i risultati relativi all'indagine di bioaccumulo di elementi in traccia e in particolare a:

- l'esposizione di trapianti di talli lichenici in 10 stazioni;
- la preparazione dei campioni esposti per le determinazioni analitiche e analisi del contenuto di elementi in traccia;
- la realizzazione di mappe di deposizione dei vari elementi in traccia;
- l'interpretazione del fenomeno;
- il confronto dei dati raccolti nella presente indagine di bioaccumulo con quelli delle campagne dei quattro anni precedenti (2002-2005).

2. AREA DI STUDIO

Per tutte le informazioni relative all'area di studio (Fig. 2.1) si rimanda alla relazione del 2001.

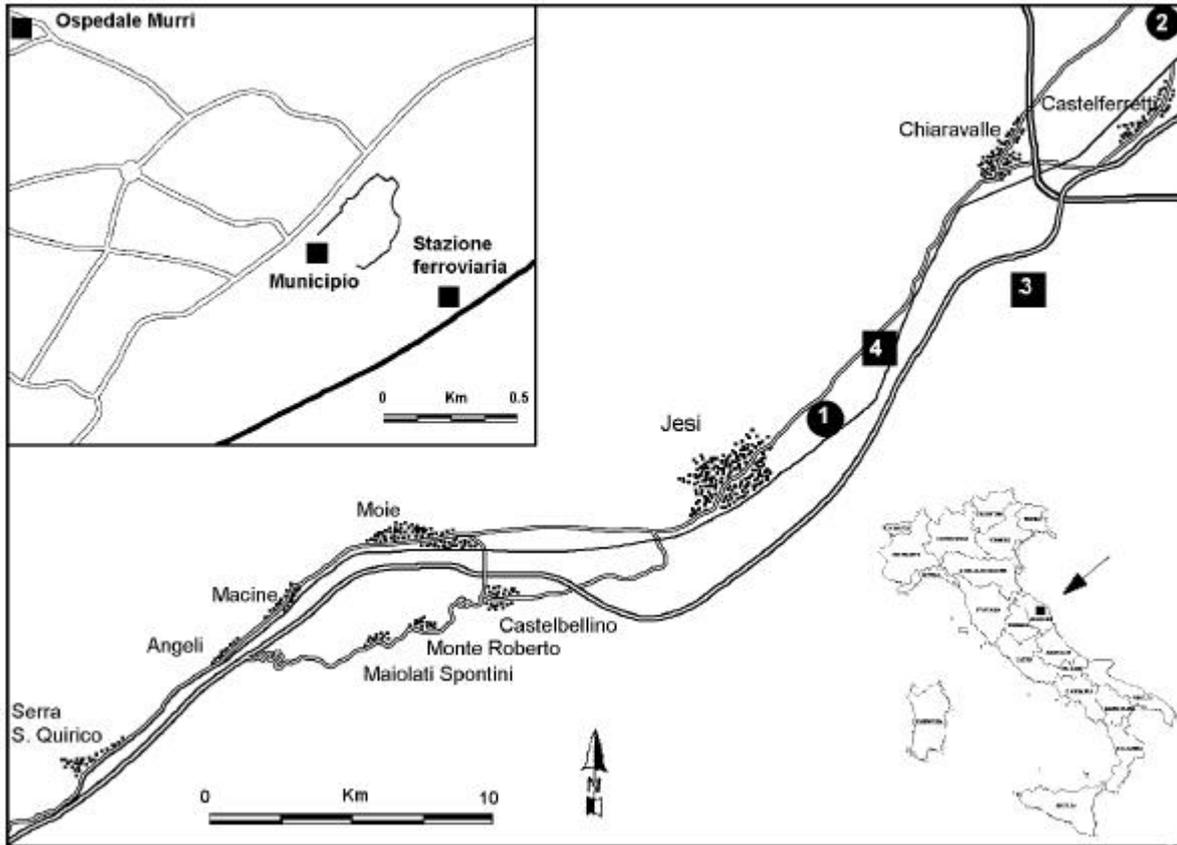


Figura 2.1 – Area di studio. Nel riquadro in alto a sinistra è riportato un ingrandimento dell'area urbana di Jesi. 1 = centro industriale di Jesi, 2 = raffineria API, 3 = centrale ENEL, 4 = centrale turbogas.

3. MATERIALI E METODI

3.1 BIOACCUMULO DI ELEMENTI IN TRACCIA

3.1.1 INDIVIDUAZIONE DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO

Di seguito viene riportato l'elenco delle 10 stazioni scelte dal Comune di Jesi per la collocazione dei trapianti:

- 1. Jesi** Azienda Vinicola Jesi Ovest
- 2. Jesi** loc. Murri
- 3. Jesi** via Ragazzi del '99
- 4. Jesi** loc. Pian del Medico, c/o *Cooperativa Agricola Val di Cesola*
- 5. Jesi** Negromanti
- 6. Jesi** viale della Vittoria
- 7. Jesi** Zona Industriale – Zipa
- 8. Monsano** nei pressi dell'ex-RCD
- 9. Agugliano** Boschetto – incrocio La Chiusa
- 10. Monsano** loc. Selvatorta

La distribuzione delle stazioni utilizzate per l'indagine di bioaccumulo all'interno dell'area di studio è mostrata nelle figure 3.3 e 3.4.

Le stazioni sono collocate all'interno del territorio comunale di Jesi o nelle immediate vicinanze e non sono uniformemente distribuite nell'area d'indagine, ma sono infittite soprattutto nelle aree a maggior densità industriale e urbana.

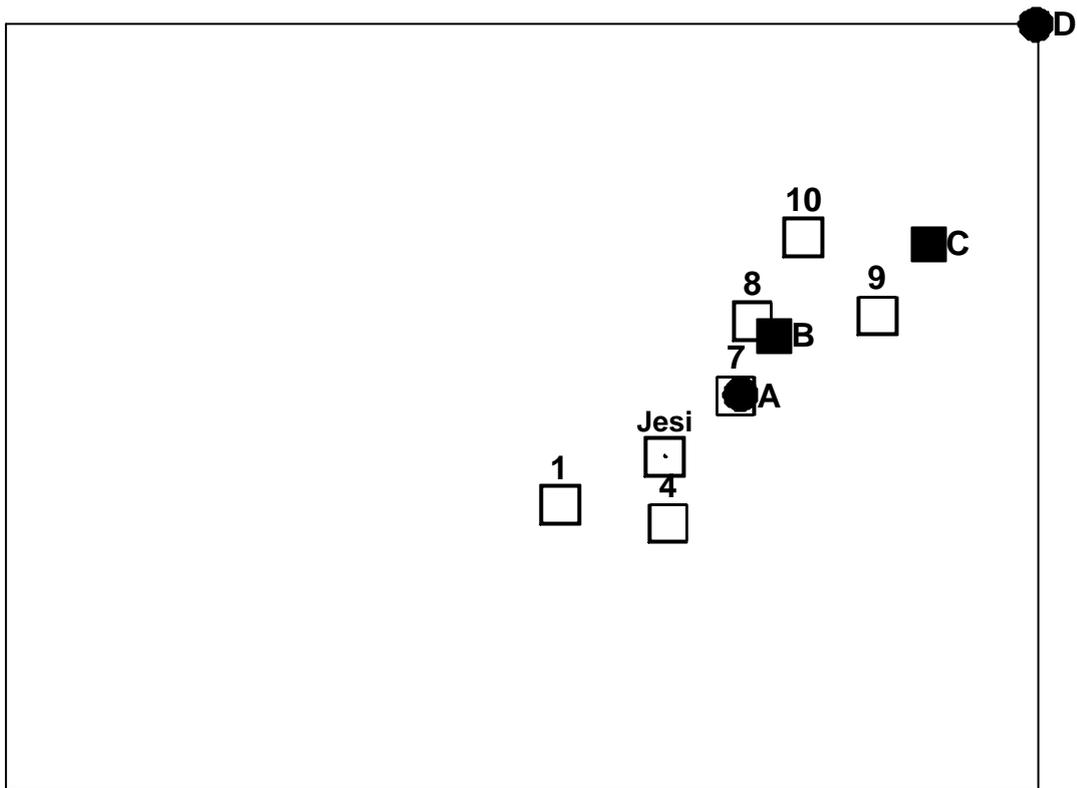


Figura 3.3 – Dislocazione delle stazioni di bioaccumulo nell’area di studio. A = zona industriale di Jesi; B = centrale turbogas; C = centrale ENEL; D = raffineria API.

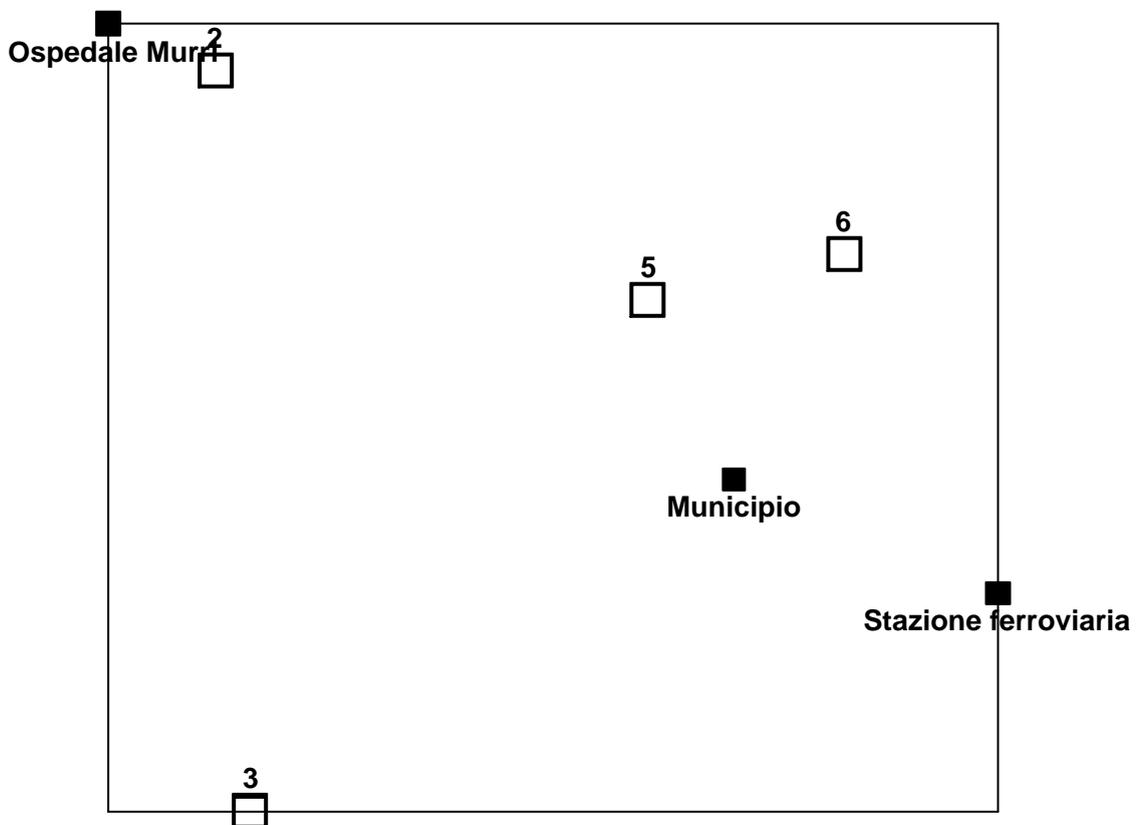


Figura 3.4 – Dislocazione delle stazioni di bioaccumulo all’interno dell’area urbana di Jesi.

3.1.2 RACCOLTA, PREPARAZIONE ED ESPOSIZIONE DEI CAMPIONI PER L'INDAGINE DI BIOACCUMULO

Il 18 Novembre 2005, talli completi di *Evernia prunastri* sono stati prelevati su scorza di roverella (*Quercus pubescens*), in un'area remota della Toscana situata nel comune di Castellina in Chianti (SI). Tale area è lontana da fonti locali di inquinamento atmosferico e la vegetazione lichenica è abbondante e ricca in specie come *Anaptychia ciliaris*, *Collema furfuraceum*, *Ramalina fastigiata* e *Usnea* spp., note per la loro sensibilità all'inquinamento atmosferico (Hawksworth e Rose, 1970). Tale area è stata considerata come stazione di controllo.

Per le modalità di raccolta dei talli e la preparazione delle 10 lichen-bags si fa riferimento alla relazione del 2002.

3.1.3 ANALISI DEI CAMPIONI TRAPIANTATI

Dopo 7 mesi di esposizione (dal 22 Novembre 2005 al 22 Giugno 2006), i campioni trapiantati sono stati prelevati a cura del Comune di Jesi e spediti al Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università di Siena, dove sono stati preparati per le analisi seguendo quanto riportato nelle linee guida per l'utilizzo dei licheni epifiti come bioaccumulatori di elementi in traccia (Nimis e Bargagli, 1999, vedi relazione 2002). I campioni trapiantati nella stazione 1 (Azienda Vinicola Jesi Ovest) non sono risultati recuperabili. Per questo motivo in questa relazione vengono riportati soltanto i dati relativi alle altre 9 stazioni.

4. RISULTATI E DISCUSSIONE

4.1 BIOACCUMULO DI ELEMENTI IN TRACCIA

In tabella 4.1 sono riportate le concentrazioni degli elementi in traccia misurate all'interno dei talli trapiantati di *Evernia prunastri*.

	B	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ag	0,021	0,035	0,024	0,031	0,023	0,032	0,035	0,029	0,031	0,033
Al	189,4	503,2	108,6	112,0	142,2	261,8	152,0	93,8	127,4	63,0
As	0,212	0,287	0,265	0,377	0,276	0,287	0,268	0,372	0,337	0,310
Ba	11,98	10,81	12,91	14,39	16,57	23,65	16,99	16,22	14,08	18,16
Be	0,012	0,006	0,028	0,032	0,01	0,021	0,01	0,04	0,023	0,022
Bi	0,021	0,048	0,045	0,053	0,043	0,157	0,064	0,058	0,053	0,056
Ca	6268	7620	8238	9796	8744	16166	17412	7833	9232	8026
Cd	0,777	0,321	0,114	0,318	0,541	0,419	0,221	0,405	0,648	0,089
Co	0,151	0,216	0,238	0,237	0,212	0,303	0,28	0,237	0,234	0,29
Cr	0,864	1,672	1,770	2,060	1,429	2,823	2,439	1,851	1,965	2,350
Cs	0,040	0,062	0,038	0,055	0,035	0,045	0,042	0,051	0,054	0,044
Cu	3,138	5,130	6,317	6,277	6,055	16,957	6,699	6,098	6,074	9,965
Fe	211,7	361,7	337	397,5	290,8	546,8	396,1	346,9	353,4	392,3
Ga	0,122	0,214	0,186	0,217	0,172	0,228	0,197	0,219	0,214	0,204
In	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002
K	1762	1787	2353	2350	2276	2232	1878	2099	2352	1874
Li	3,089	3,061	3,023	3,37	3,013	2,413	2,821	3,274	2,958	2,815
Mg	432,3	1043	883,8	1031	708,4	644,4	737,4	891,8	787,2	729,3
Mn	23,44	17,44	26,54	22,87	21,38	26,58	24,54	20,50	19,02	23,20
Na	169,7	809,4	1359	2300	1346	838,3	946,5	3604	2722	2798
Ni	1,382	1,479	1,743	1,681	1,506	2,878	2,433	1,582	1,896	1,900
Pb	2,364	3,231	2,573	2,914	2,994	4,59	3,601	3,005	2,814	3,327
Rb	1,287	1,670	2,037	1,693	1,545	1,693	1,635	2,292	2,406	1,870
Se	0,121	0,000	0,325	0,400	0,283	0,034	0,407	0,153	0,210	0,145
Sr	9,334	15,85	14,76	20,28	13,65	19,79	22,295	16,13	17,17	14,97
Tl	0,006	0,010	0,010	0,010	0,008	0,011	0,010	0,016	0,015	0,014
U	0,034	0,049	0,044	0,051	0,042	0,056	0,047	0,053	0,054	0,048
V	0,863	1,659	1,378	1,738	1,363	1,798	1,603	1,793	1,794	1,688
Zn	17,70	23,45	25,98	27,67	24,50	36,15	33,94	30,63	37,87	54,72

Tabella 4.1 - Concentrazione degli elementi in traccia nei talli trapiantati di *Evernia prunastri* dopo i tre mesi di esposizione e nel campione di controllo. B = campione di controllo. N.B.: non sono riportati i dati relativi alla stazione 1 in quanto i campioni esposti non sono risultati recuperabili.

Un problema ricorrente negli studi di trapianto è quello della variabilità della concentrazione di background degli elementi nell'area di controllo dove vengono raccolti i campioni da trapiantare. Infatti, in uno studio di biomonitoraggio a lungo termine, occorre raccogliere materiale lichenico fresco all'inizio di ogni campagna. Tuttavia è possibile che le concentrazioni degli elementi nei talli

di controllo risultino diverse di anno in anno anche se il materiale viene raccolto nella medesima area remota. Per questo motivo diventa problematico interpretare i risultati di bioaccumulo e individuare i trend di inquinamento atmosferico nel tempo.

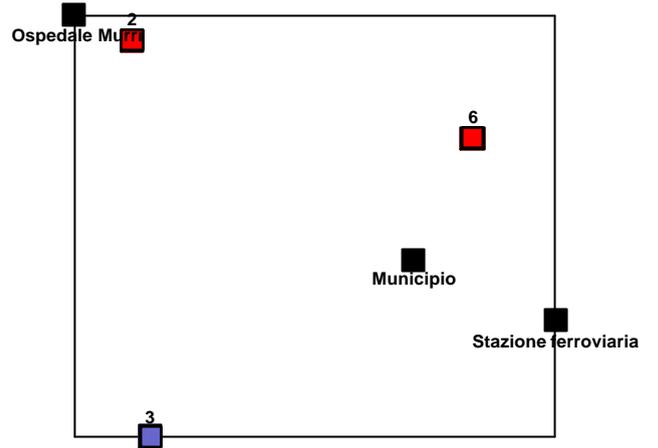
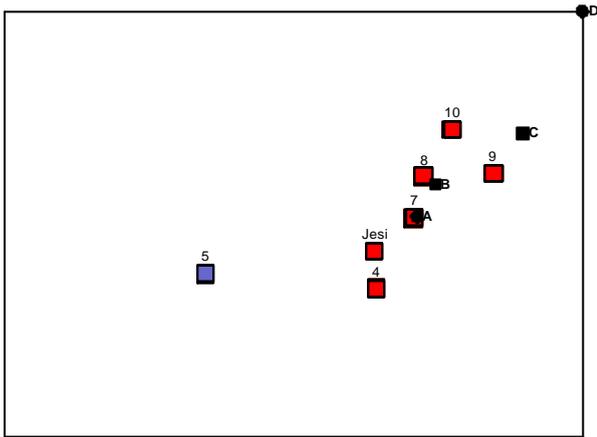
Per risolvere tale problema, in questo studio, è stato calcolato il rapporto fra la concentrazione di ogni elemento dopo l'esposizione e la concentrazione del campione di controllo prima dell'esposizione (EC ratio). I risultati sono stati interpretati attraverso la scala a 5 classi riportata in Tab. 4.2. Tale scala è stata elaborata basandosi sul fatto che in assenza di accumulo il rapporto fra la concentrazione di ogni elemento dopo l'esposizione e la concentrazione del campione di controllo è uguale a 1 (condizione normale). È stata considerata una deviazione di $\pm 25\%$ per comprendere le fluttuazioni naturali nelle concentrazioni degli elementi in traccia nell'organismo utilizzato come biomonitor (Loppi *et al.*, 2002b). Le altre classi di accumulo/perdita sono state basate su progressive deviazioni di $\pm 25\%$.

EC ratio	accumulo/perdita	colore
0-0,25	forte perdita	—
0,25-0,75	perdita	—
0,75-1,25	condizione normale	—
1,25-1,75	accumulo	—
>1,75	forte accumulo	—

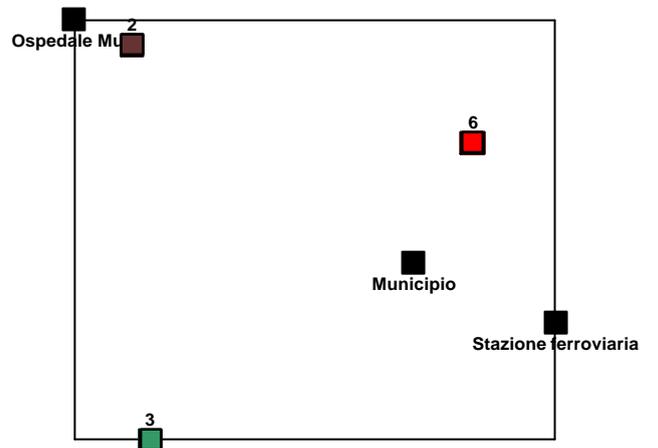
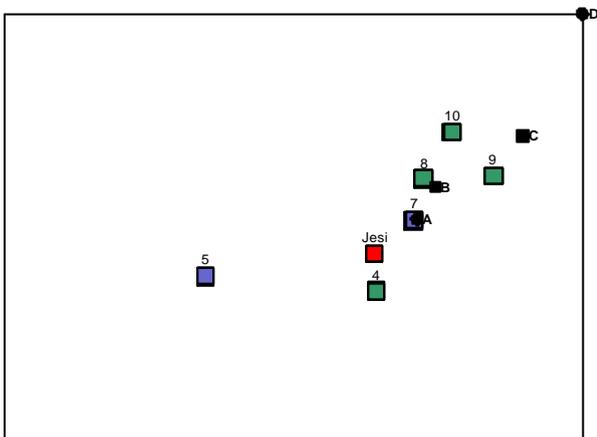
Tabella 4.2- Scala utilizzata per l'interpretazione del rapporto fra la concentrazione di ogni elemento dopo l'esposizione e la concentrazione del campione di controllo.

Di seguito, per ogni elemento analizzato sono state elaborate due carte, una relativa all'area di studio in generale, dove la città di Jesi è rappresentata da un singolo quadratino che rispecchia il valore medio dell'EC ratio delle tre stazioni urbane, e l'altra relativa al centro urbano di Jesi, dove le tre stazioni sono state considerate separatamente.

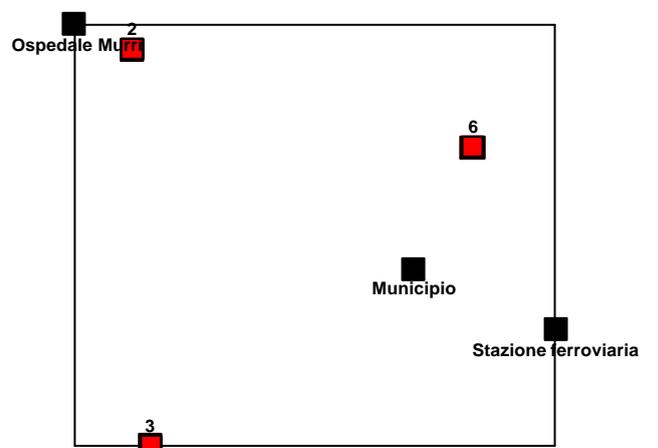
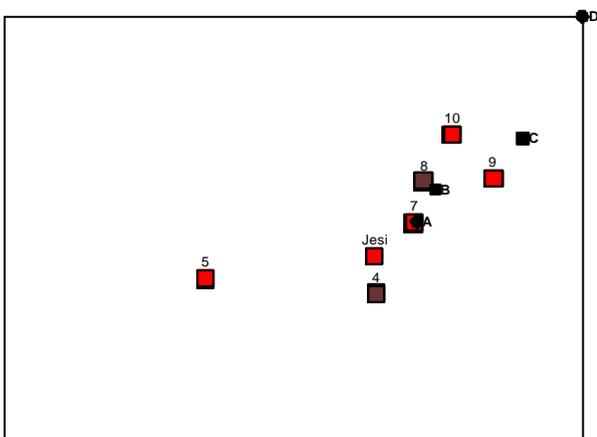
Argento:



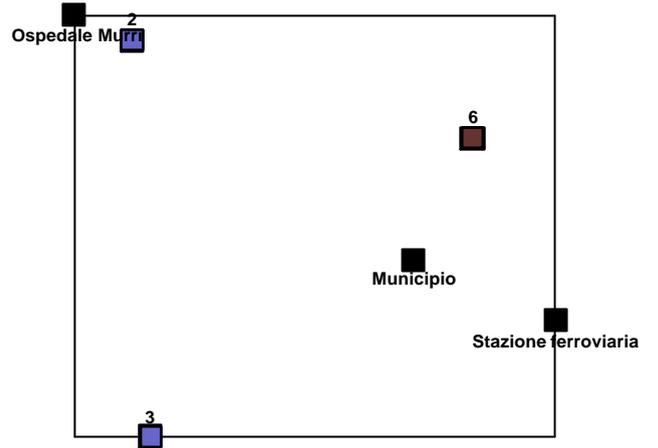
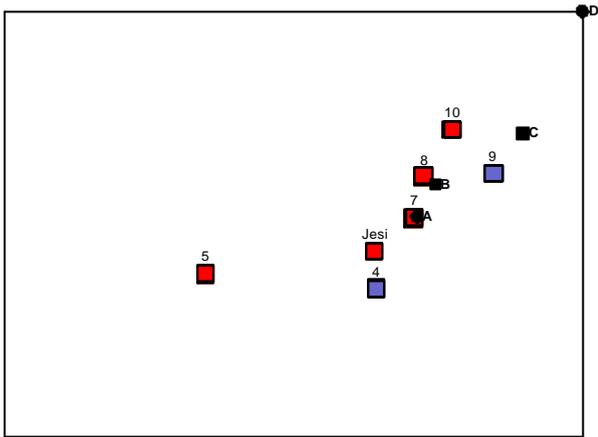
Alluminio:



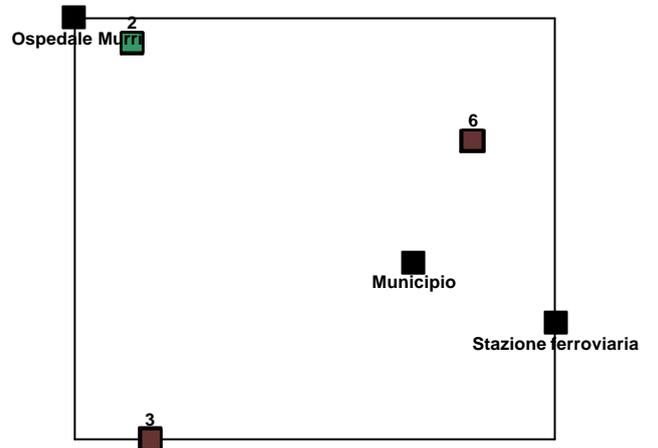
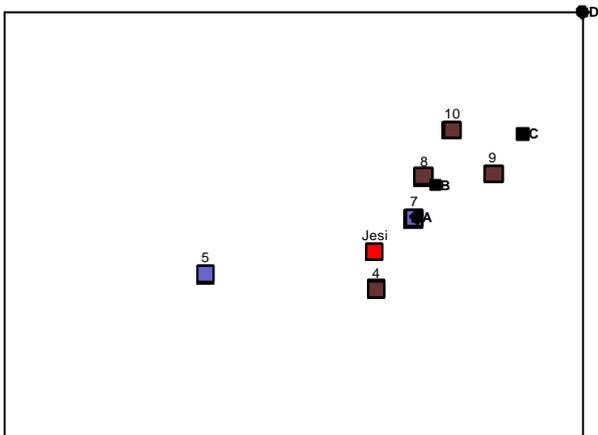
Arsenico:



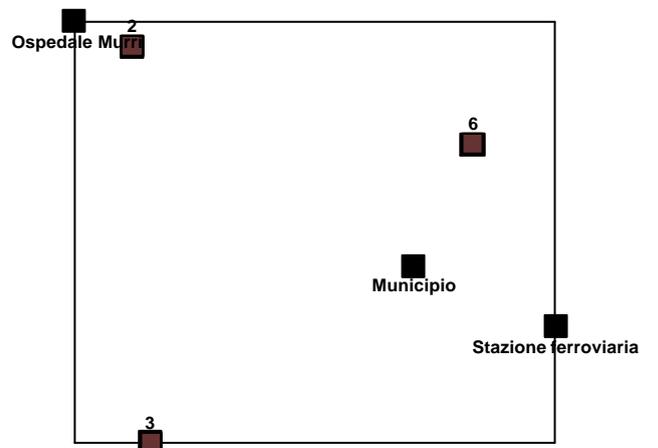
Bario:



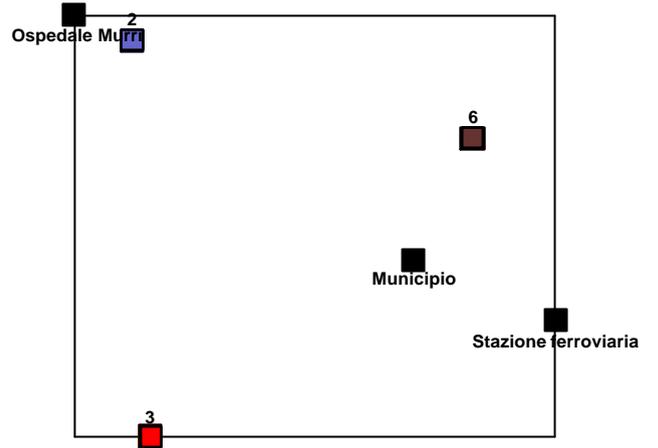
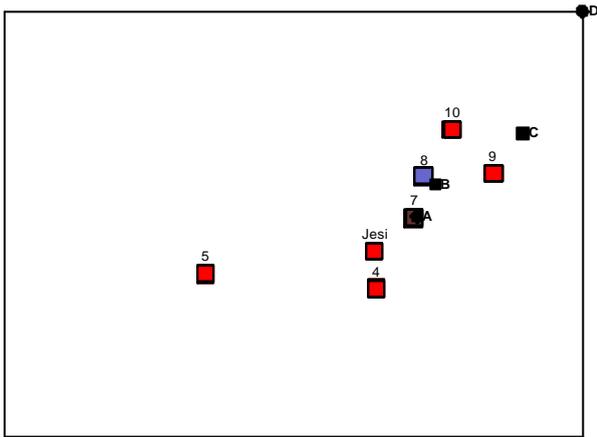
Berillio:



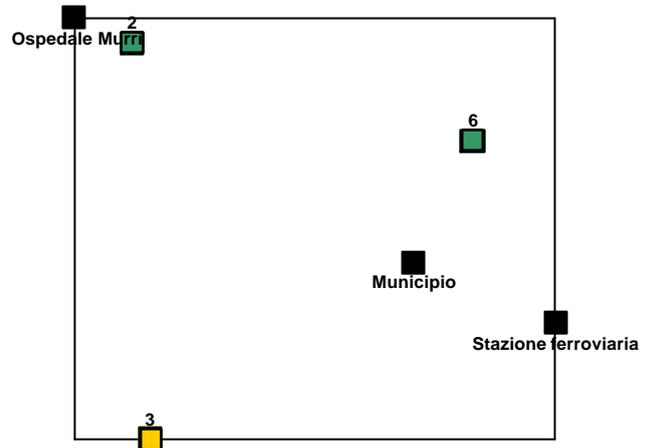
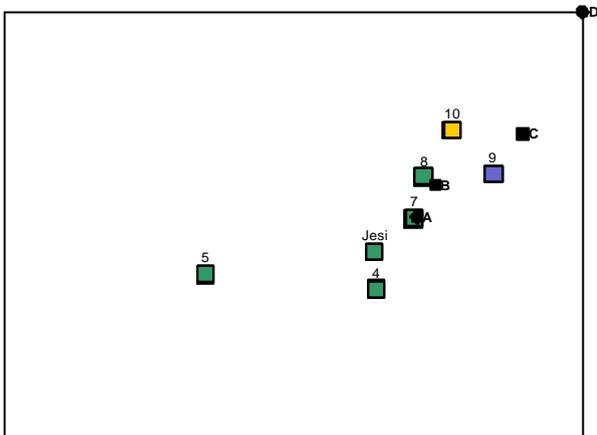
Bismuto:



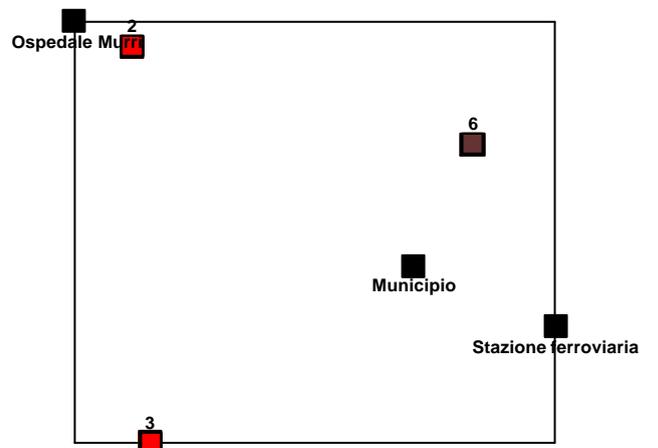
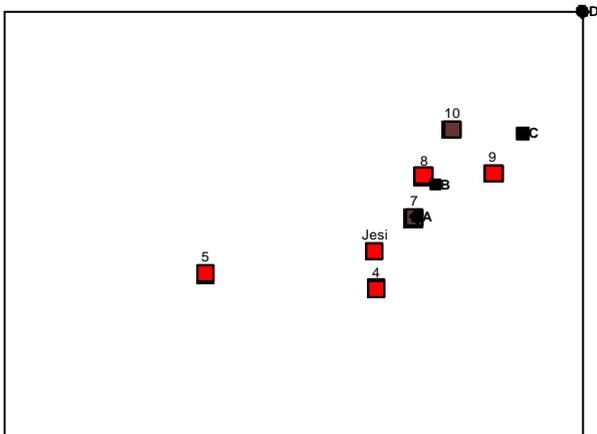
Calcio:



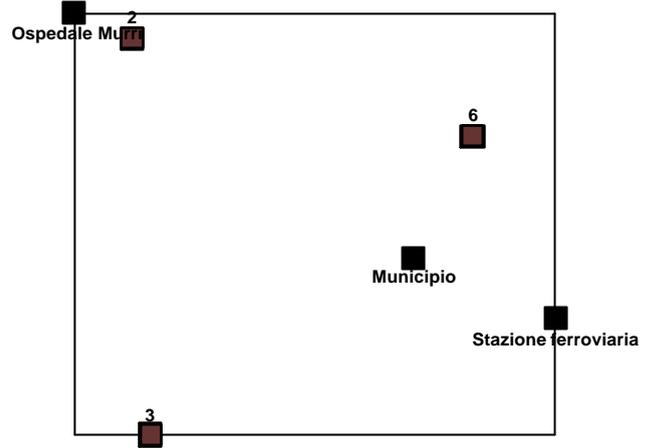
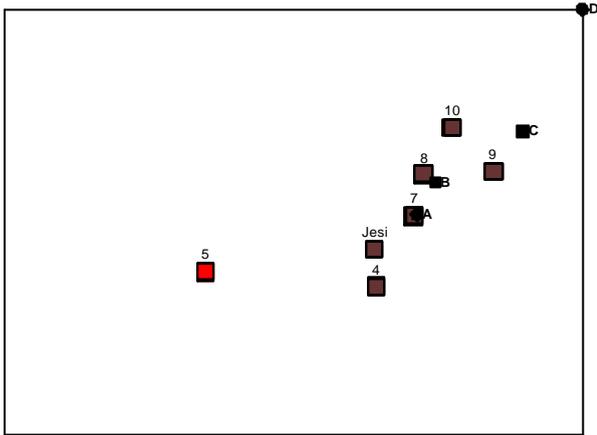
Cadmio:



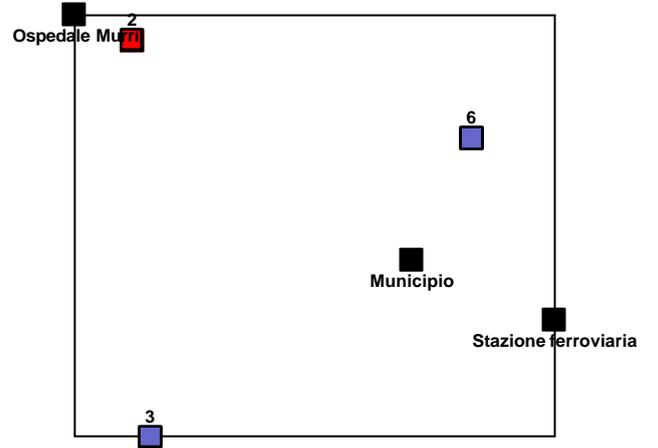
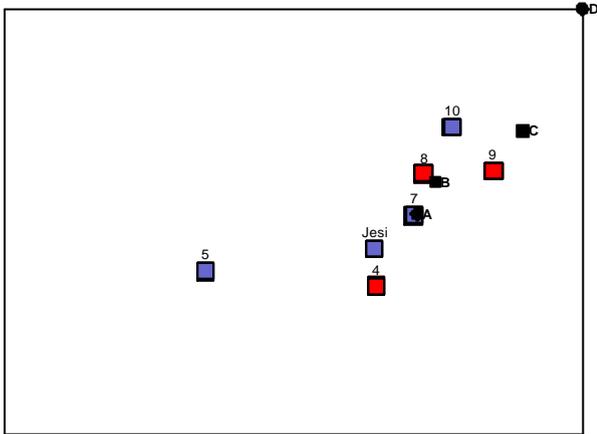
Cobalto:



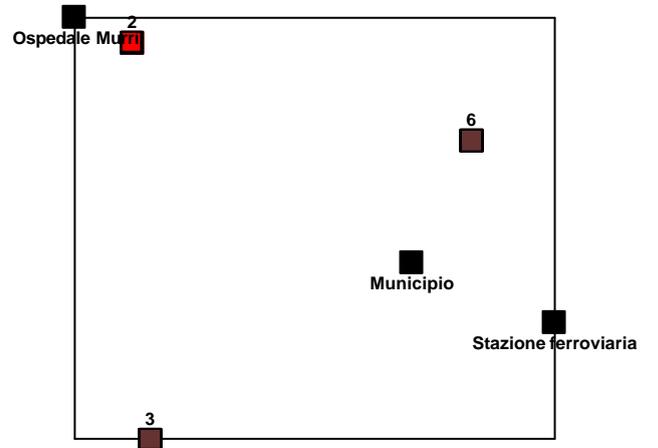
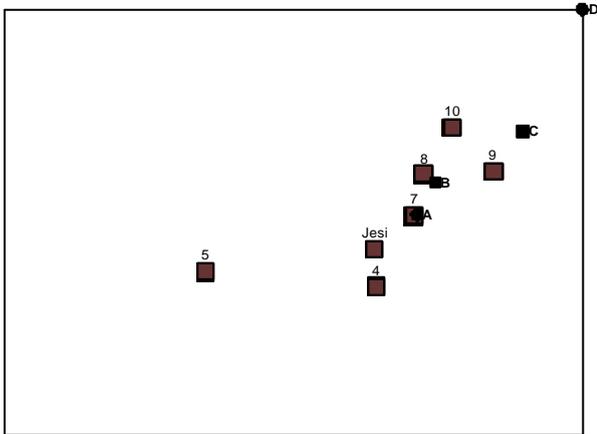
Cromo:



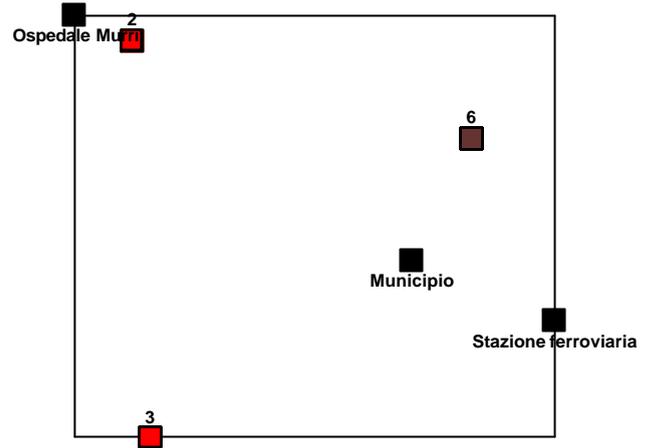
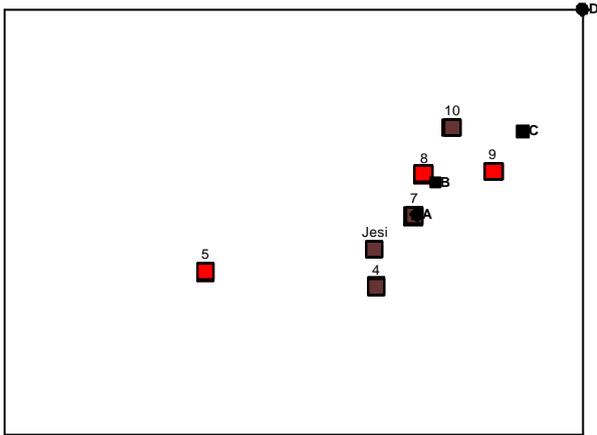
Cesio:



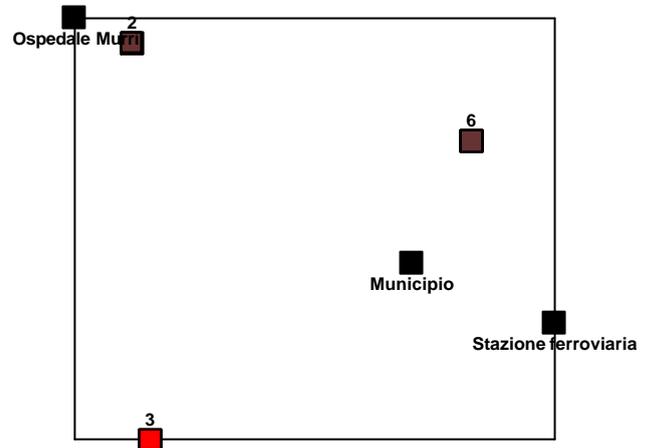
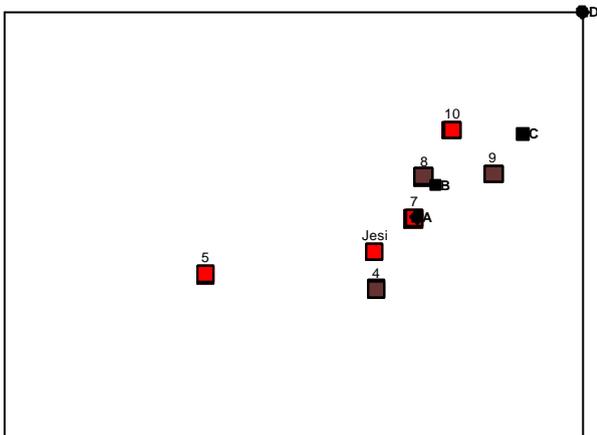
Rame:



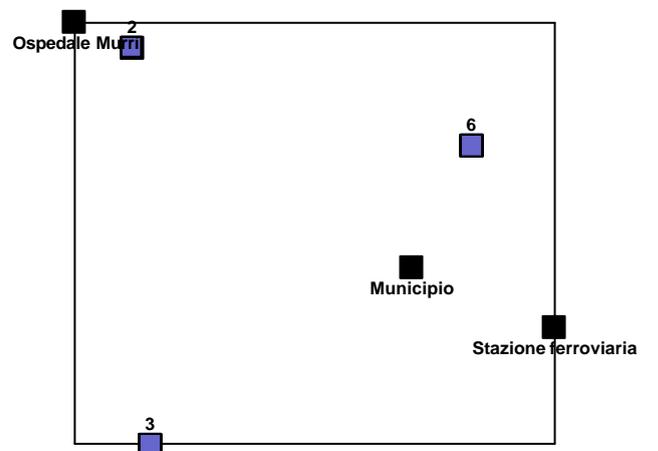
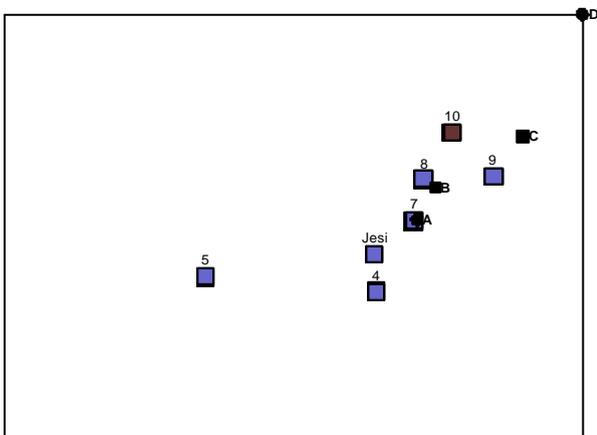
Ferro:



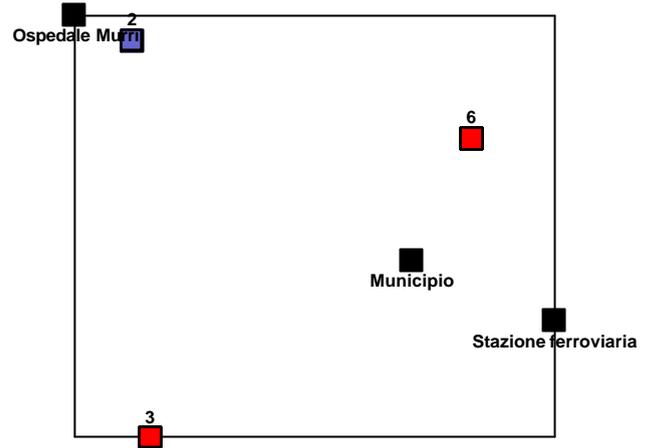
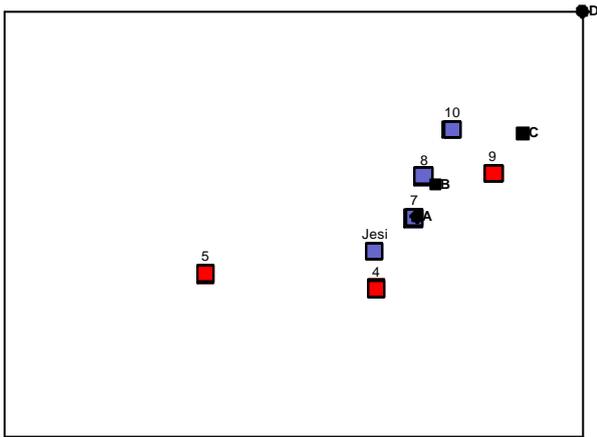
Gallio:



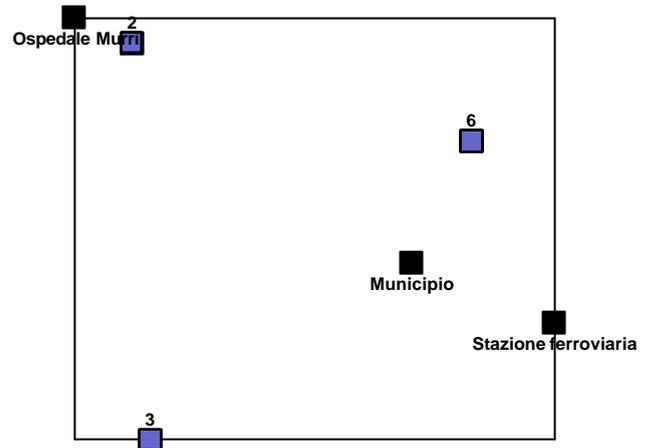
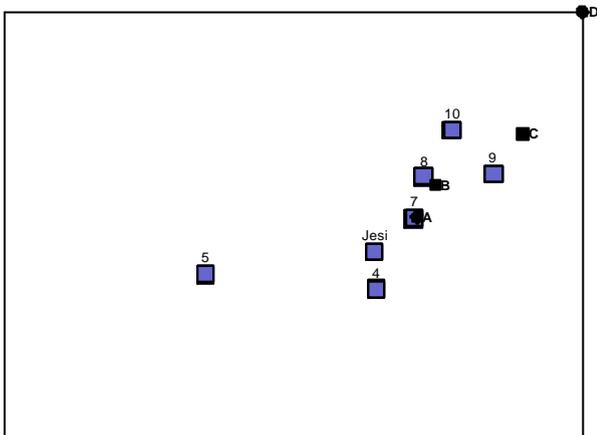
Indio:



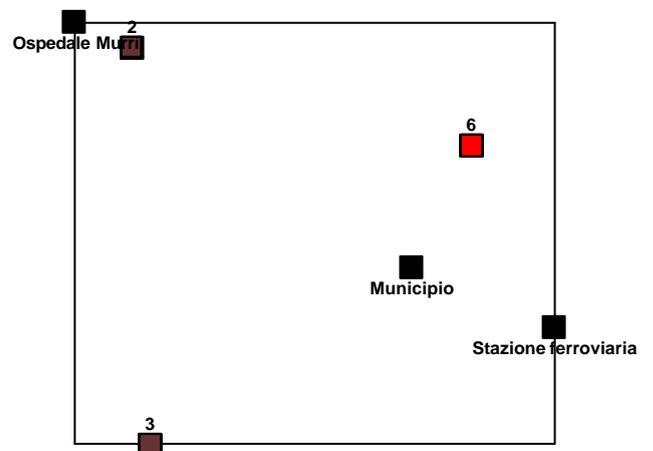
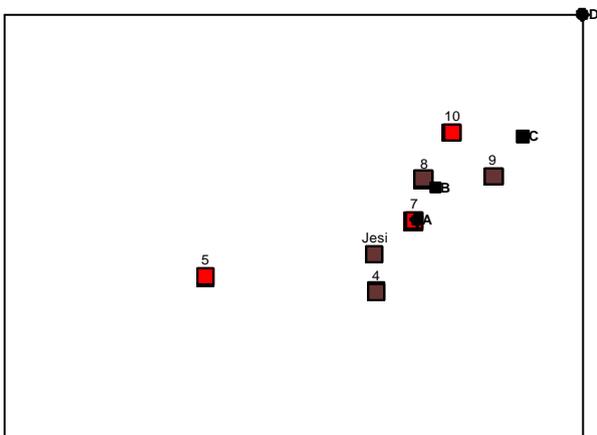
Potassio:



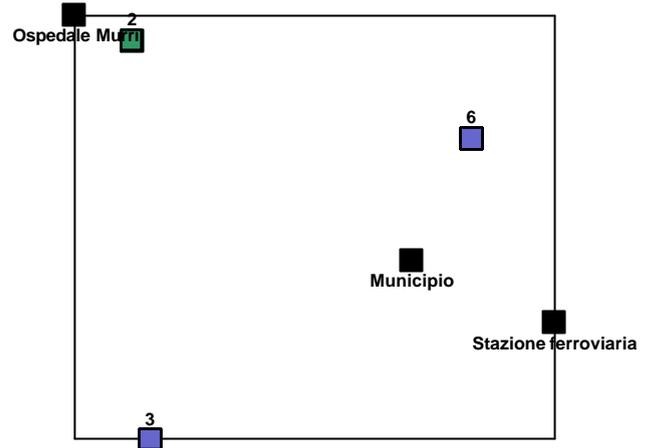
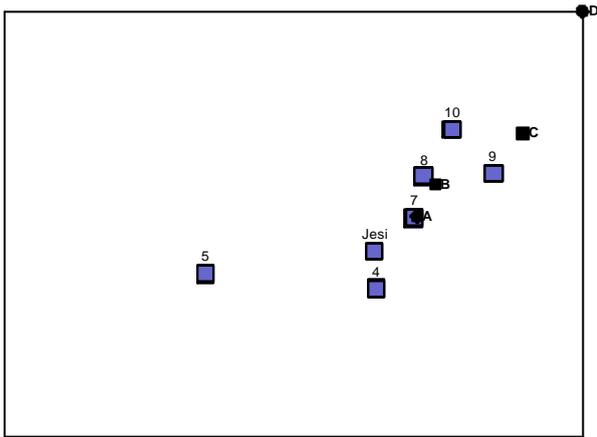
Litio:



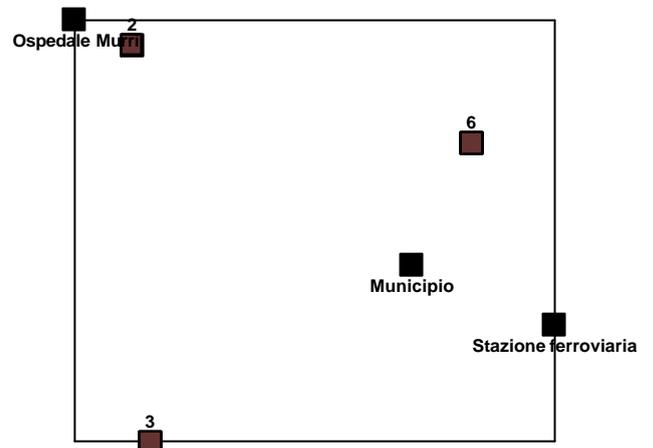
Magnesio:



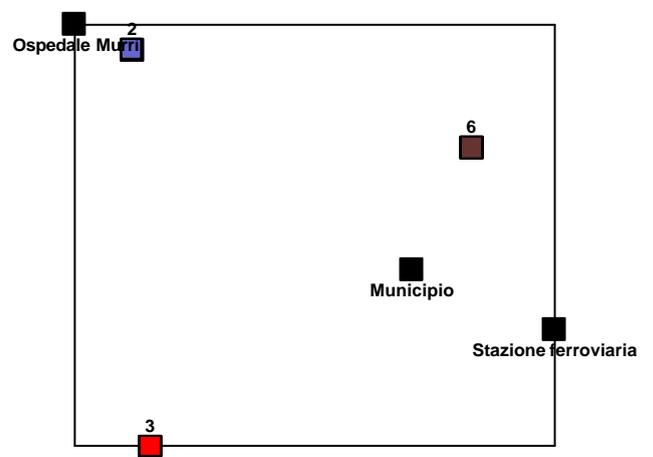
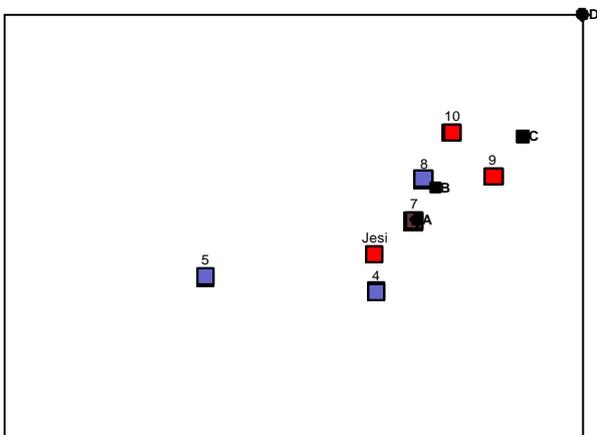
Manganese:



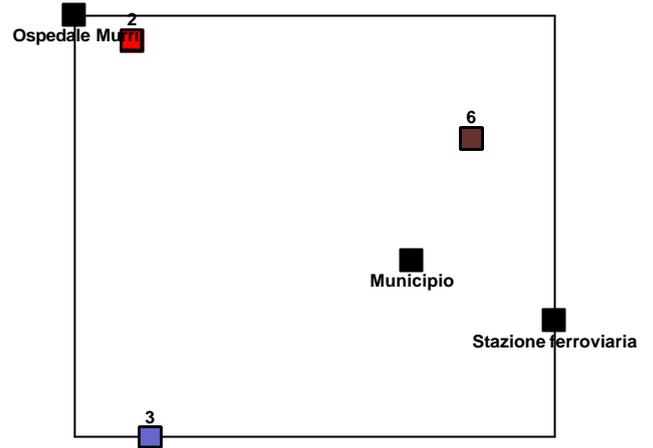
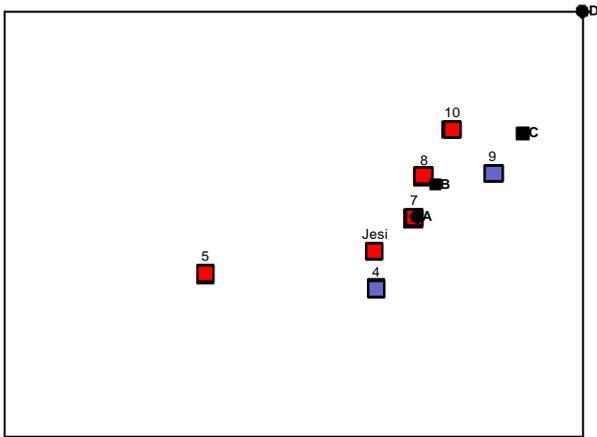
Sodio:



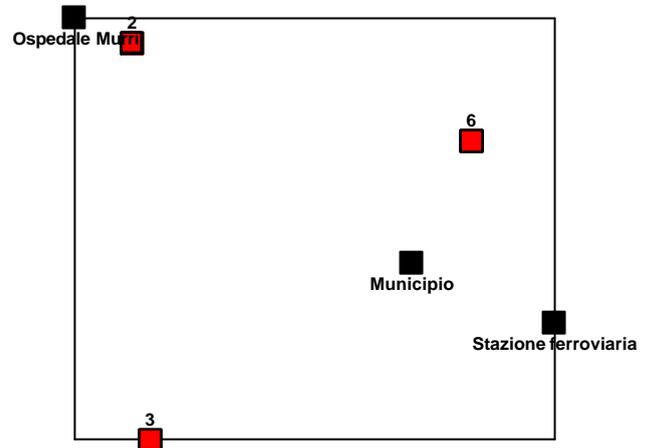
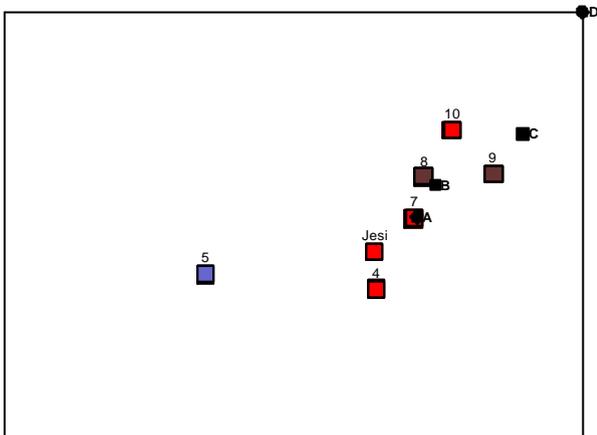
Nichel:



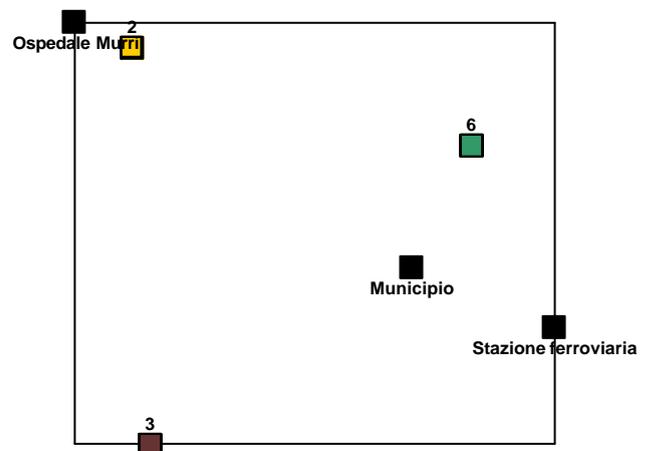
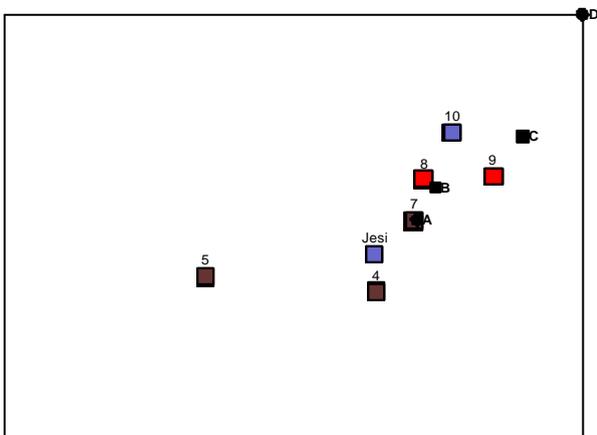
Piombo:



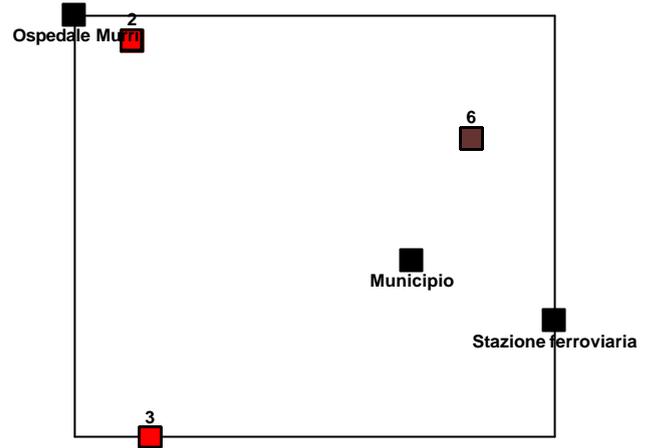
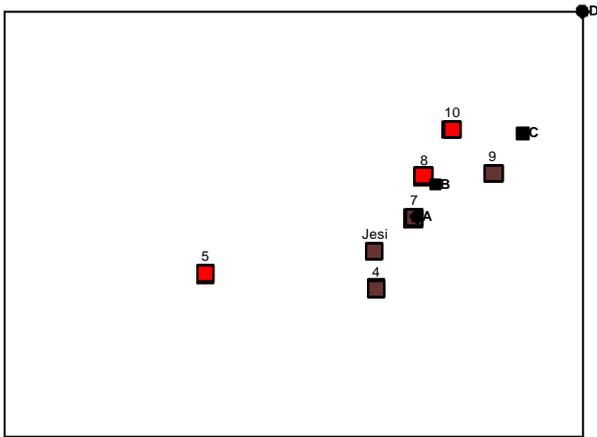
Rubidio:



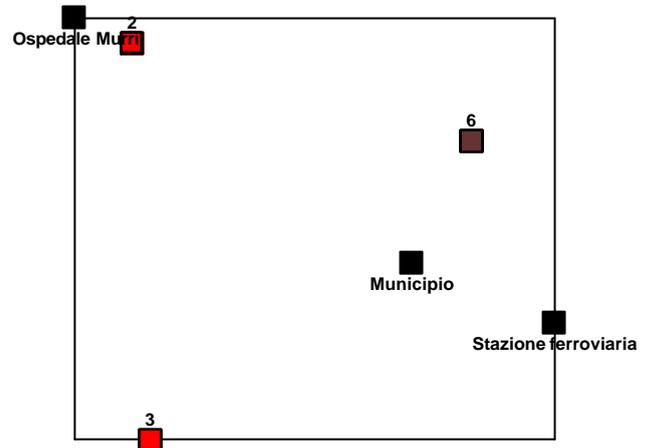
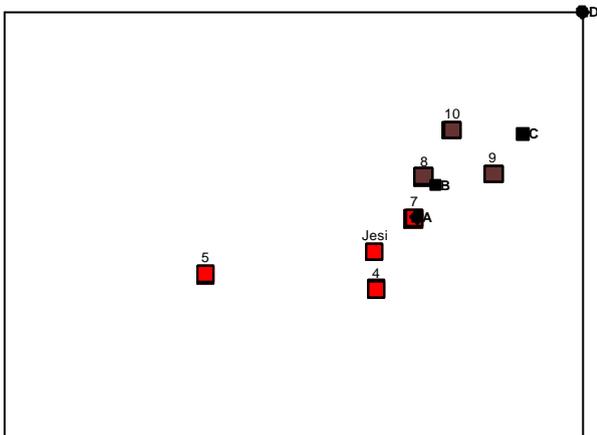
Selenio:



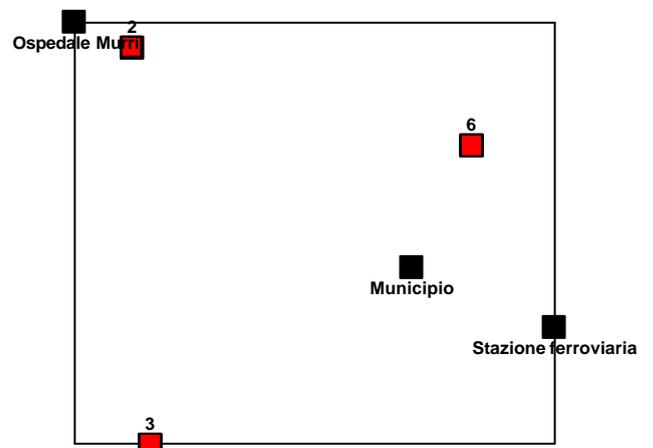
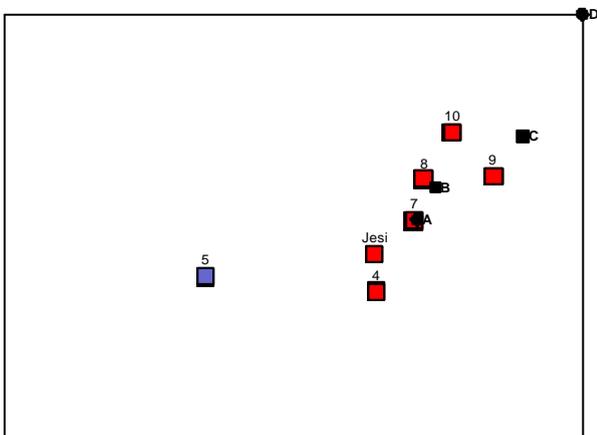
Stronzio:



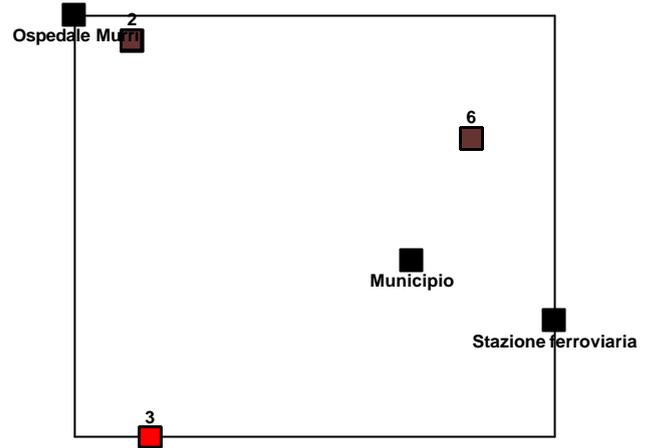
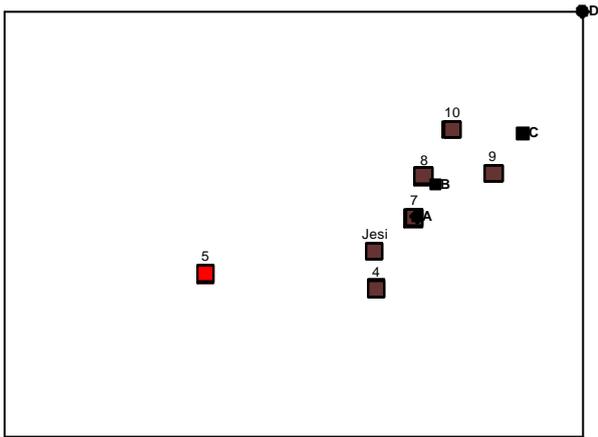
Tallio:



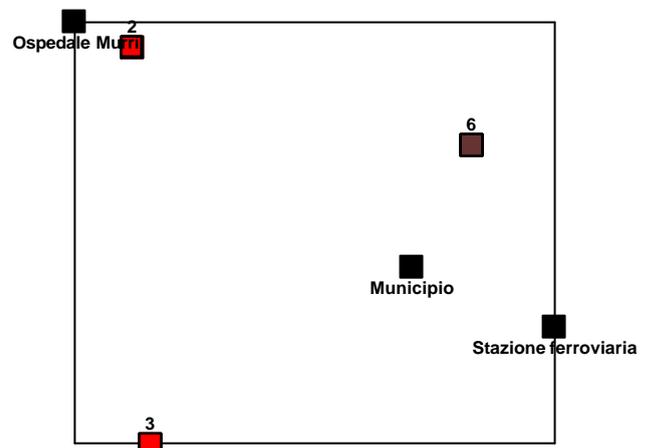
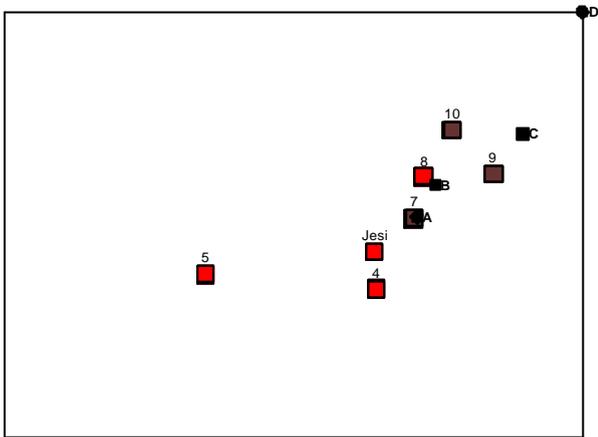
Uranio:



Vanadio:



Zinco:

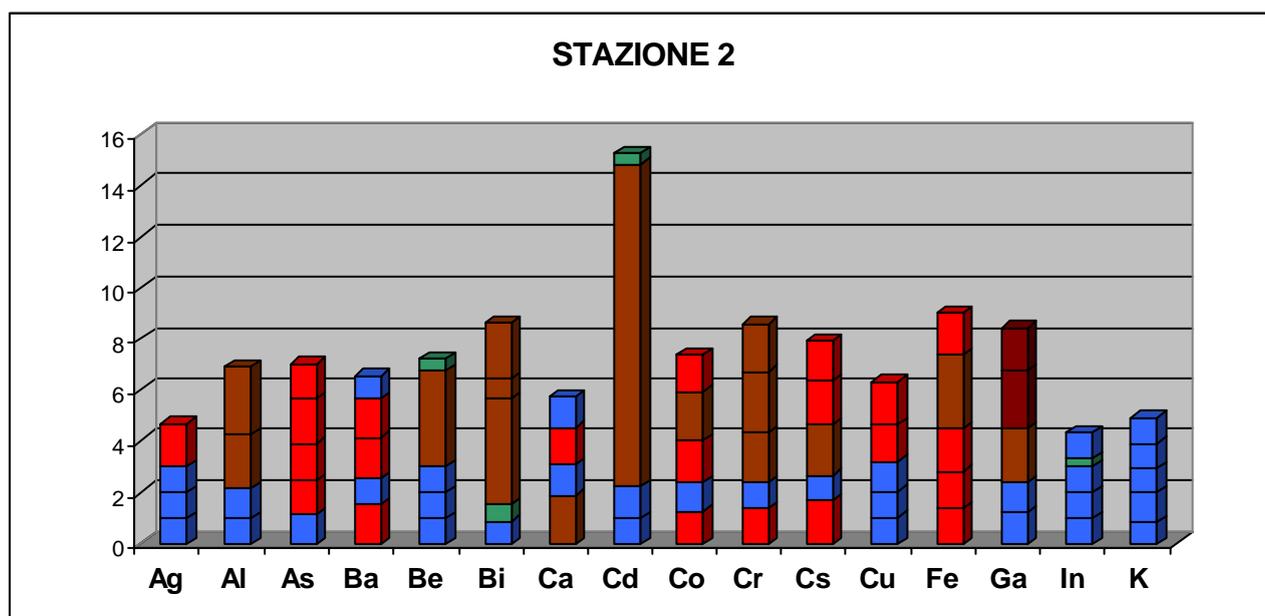


4.1.1 CONFRONTO CON LE INDAGINI PRECEDENTI

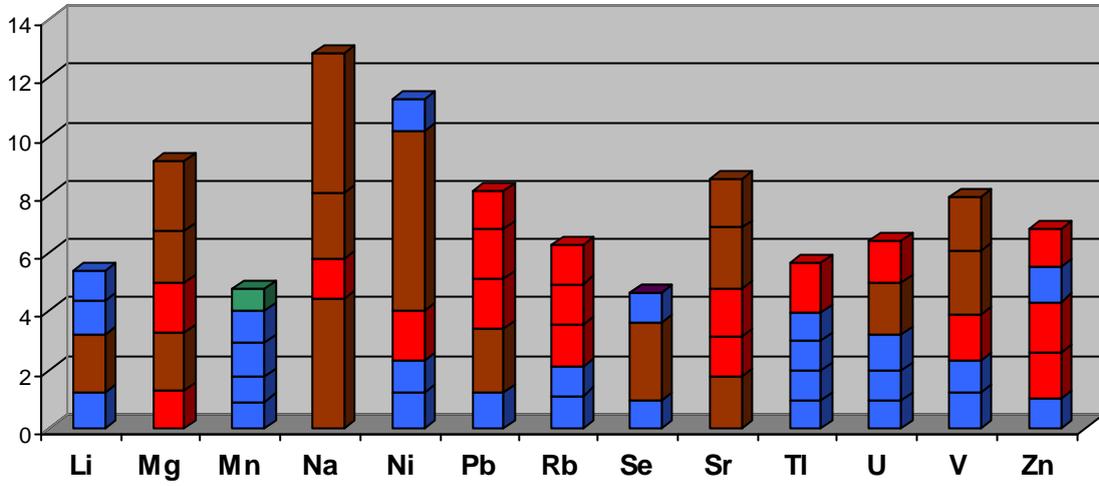
Di seguito, per ogni stazione viene riportato un grafico con i valori del rapporto fra la concentrazione di ogni elemento dopo l'esposizione e la concentrazione del campione di controllo prima dell'esposizione (EC ratio), relativi a tutti gli elementi considerati rispettivamente nei cinque anni di indagine (2002, 2003, 2004, 2005 e 2006). Il colore delle barre indica la classe di perdita/accumulo corrispondente (Tab. 4.2). Occorre tuttavia ricordare che mentre negli anni dal 2002 al 2005 i campioni sono stati esposti per 3 mesi, nel corso della presente indagine l'esposizione dei talli è durata 7 mesi. Questo comporta alcuni problemi di interpretazione rispetto ai dati precedenti in quanto non esistono evidenze sperimentali che confermino come l'accumulo di elementi in traccia all'interno dei talli lichenici avvenga in maniera lineare e continua nel tempo.

Non viene riportato il grafico relativo alla stazione 1 in quanto i talli esposti in questa stazione non sono risultati recuperabili. Non sono riportati i dati relativi al Na nel 2003, al Cd nel 2004 e a Ag, Al, Ca e Se nel 2005 in quanto i valori di tali elementi nel materiale standard di riferimento IAEA-336 'lichene' standard sono risultati molto superiori rispetto ai valori di riferimento (International Atomic Energy Agency) e non sono stati quindi considerati attendibili (vedi relazioni precedenti).

Jesi loc. Murri

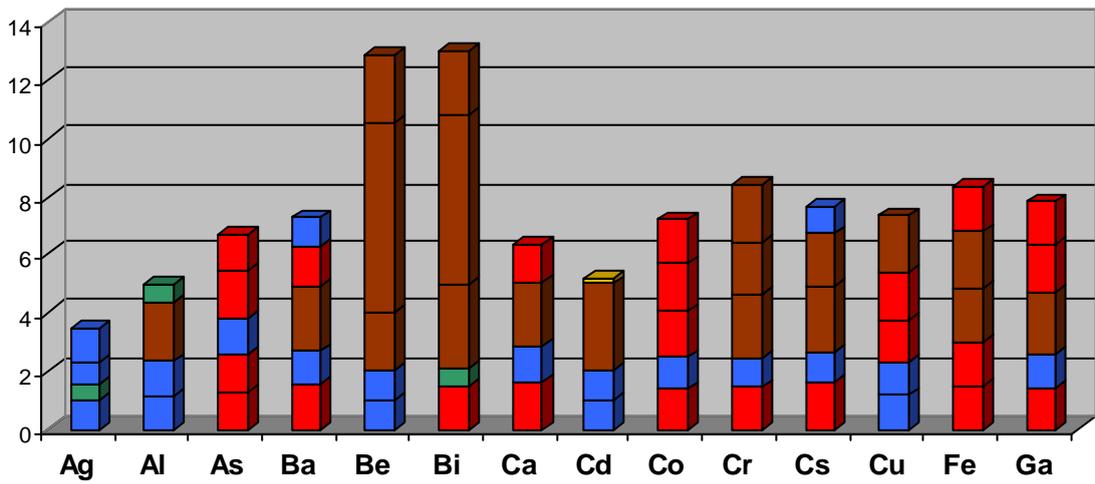


STAZIONE 2

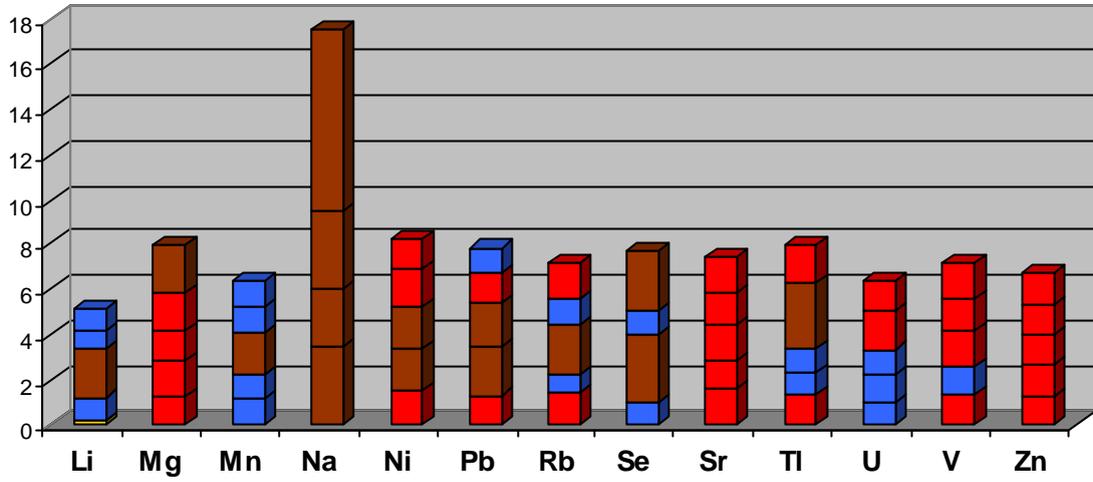


Jesi via Ragazzi del '99

STAZIONE 3

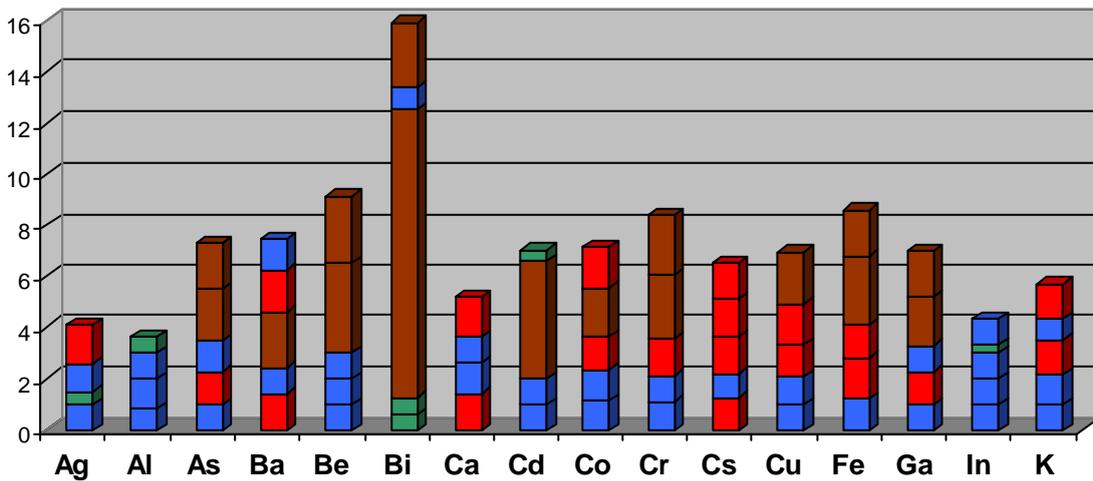


STAZIONE 3

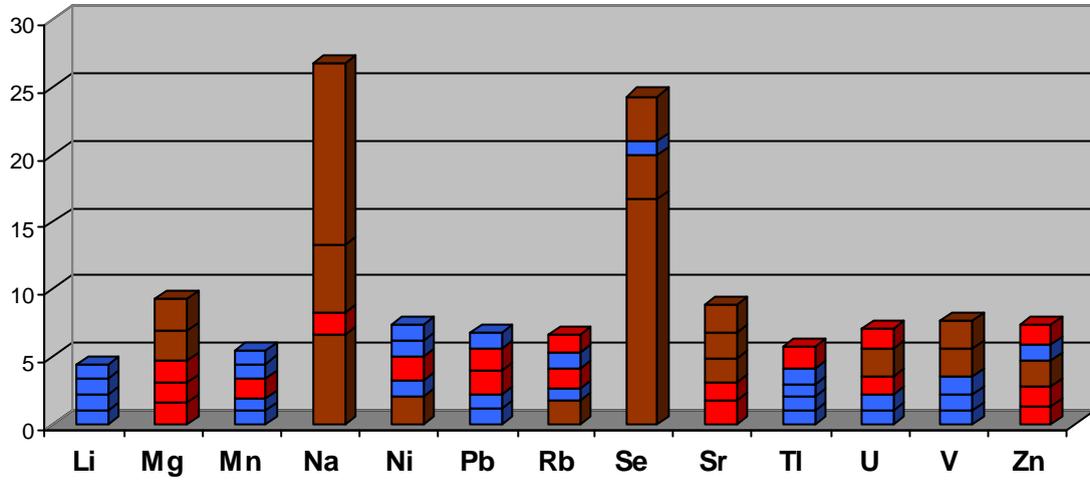


Jesi loc. Pian del Medico, c/o Cooperativa Agricola Val di Cesola

STAZIONE 4

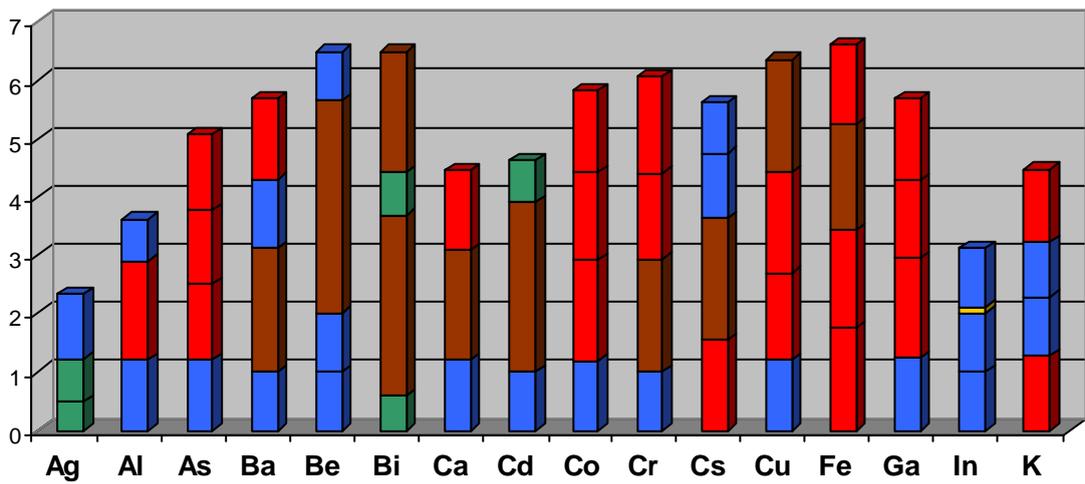


STAZIONE 4

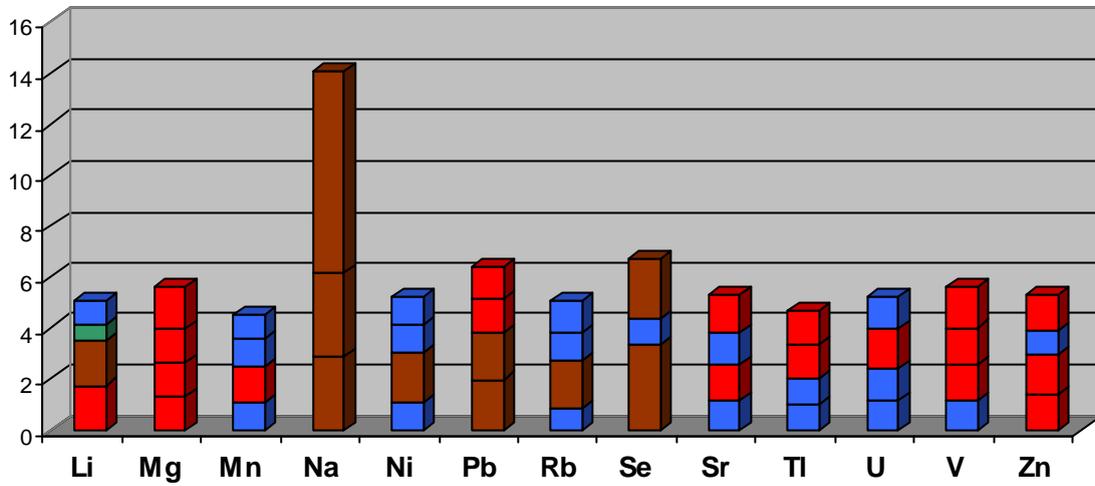


Jesi Negromanti

STAZIONE 5

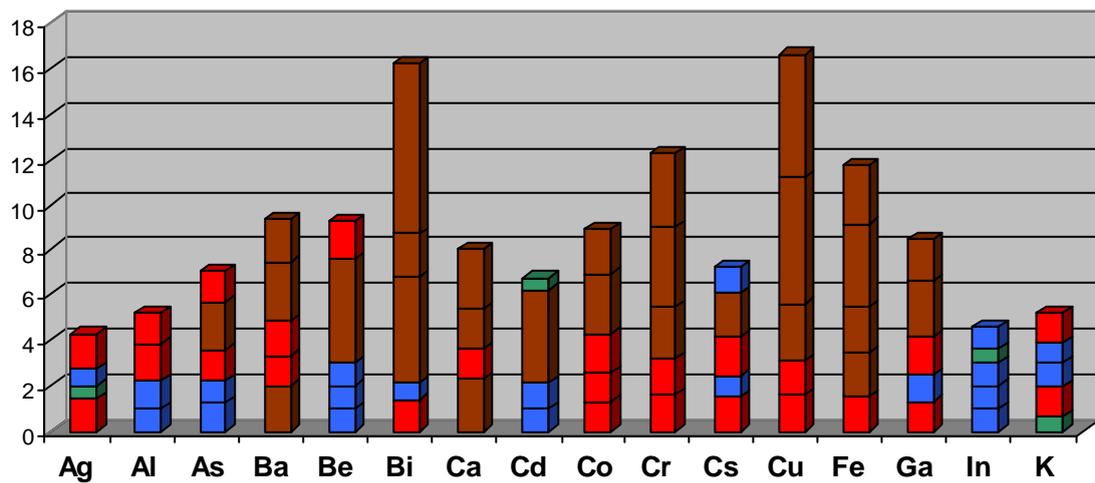


STAZIONE 5

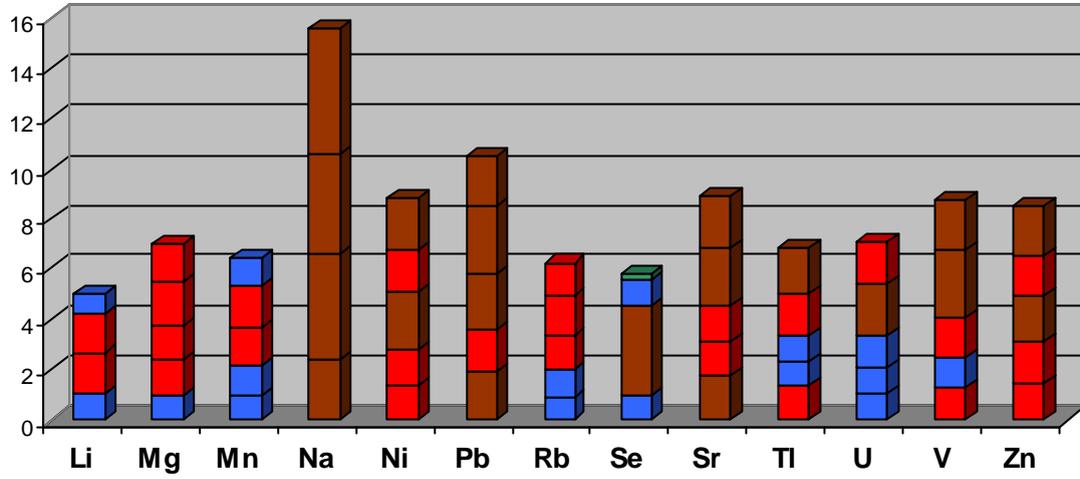


Jesi viale della Vittoria

STAZIONE 6

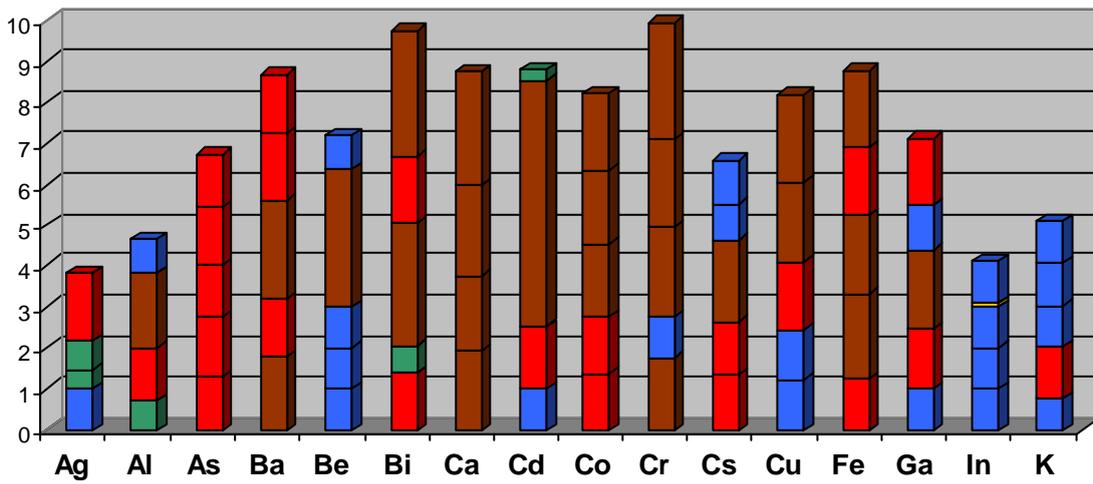


STAZIONE 6

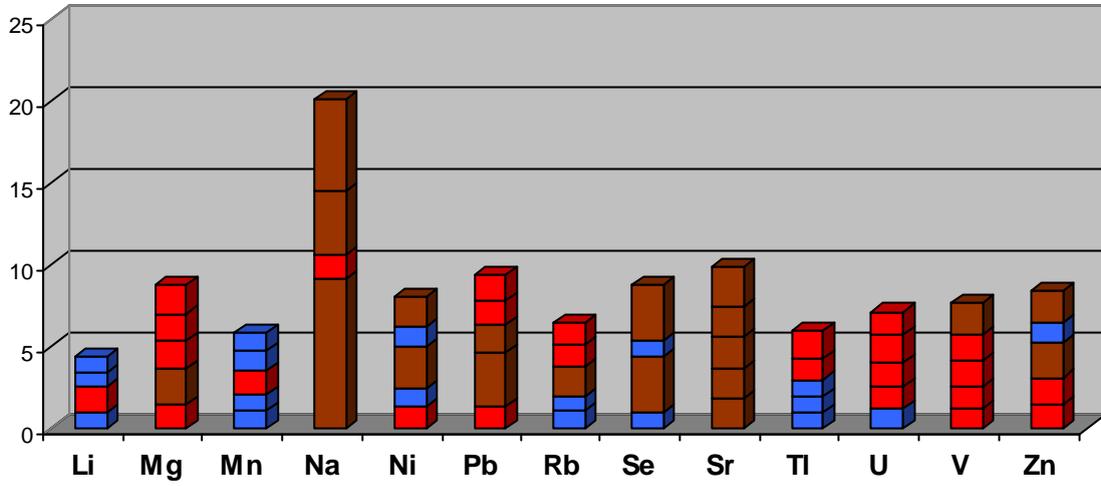


Jesi Zona Industriale – Zipa

STAZIONE 7

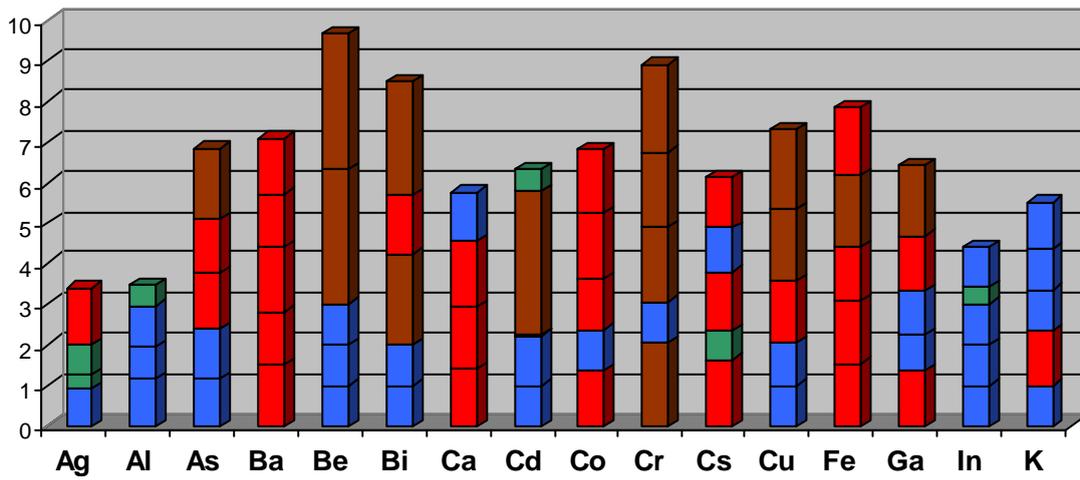


STAZIONE 7

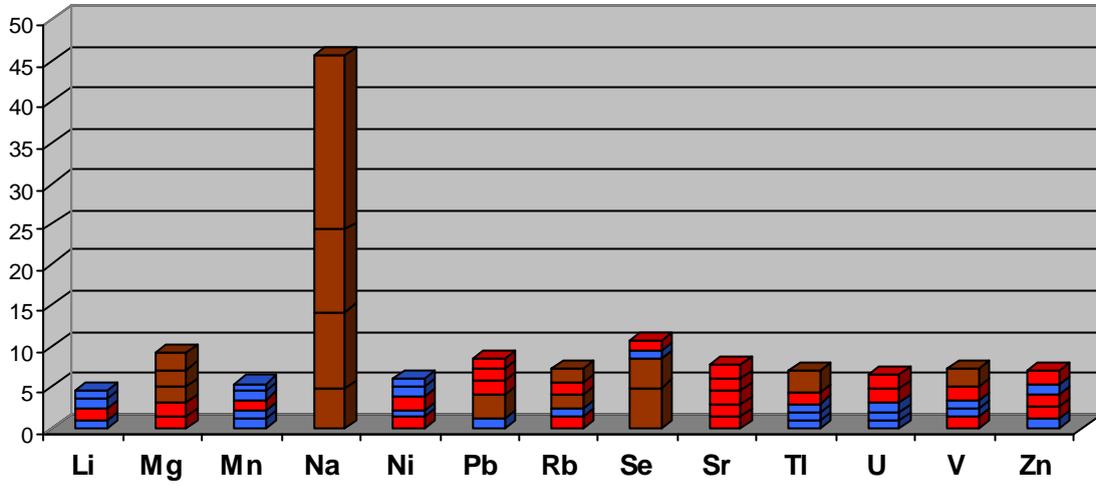


Monsano nei pressi dell'ex-RCD

STAZIONE 8

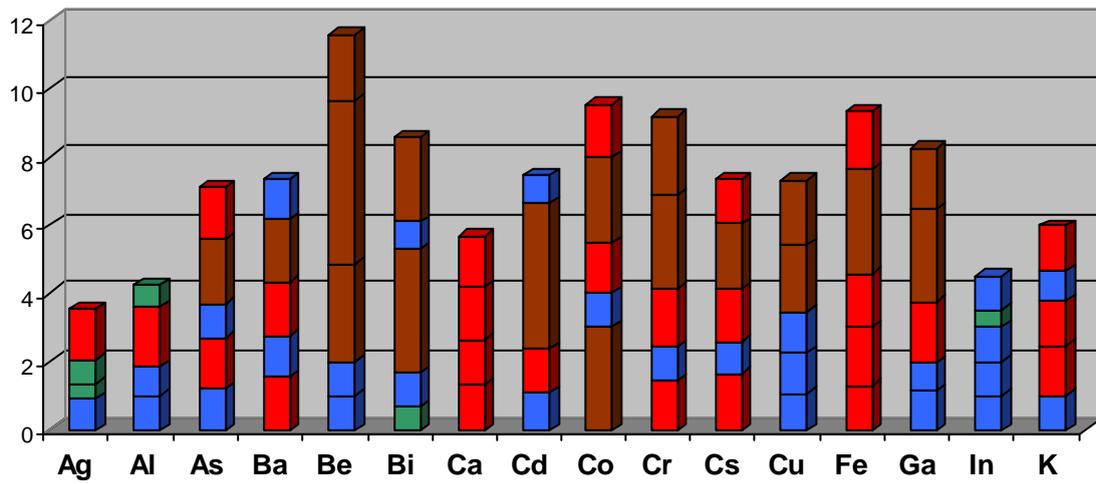


STAZIONE 8

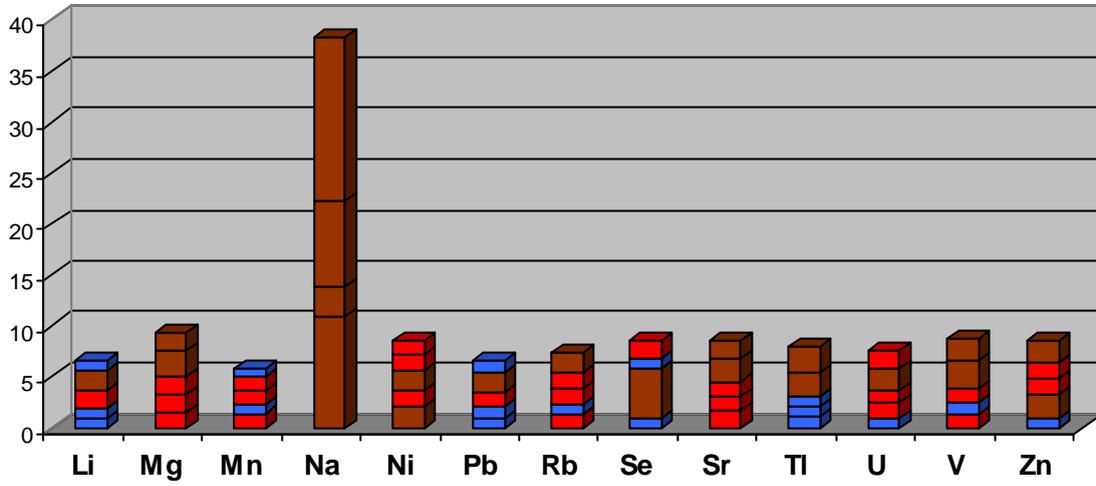


Agugliano Boschetto – incrocio La Chiusa

STAZIONE 9

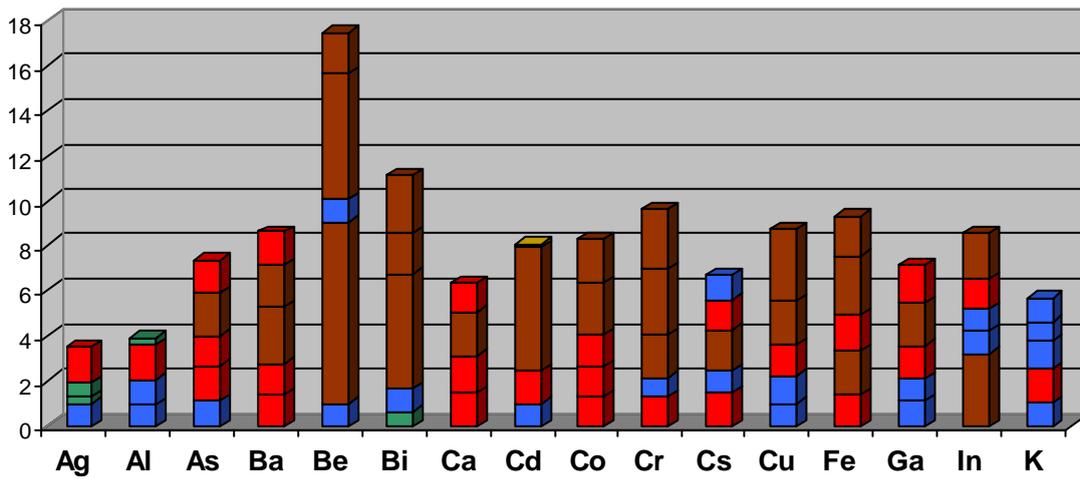


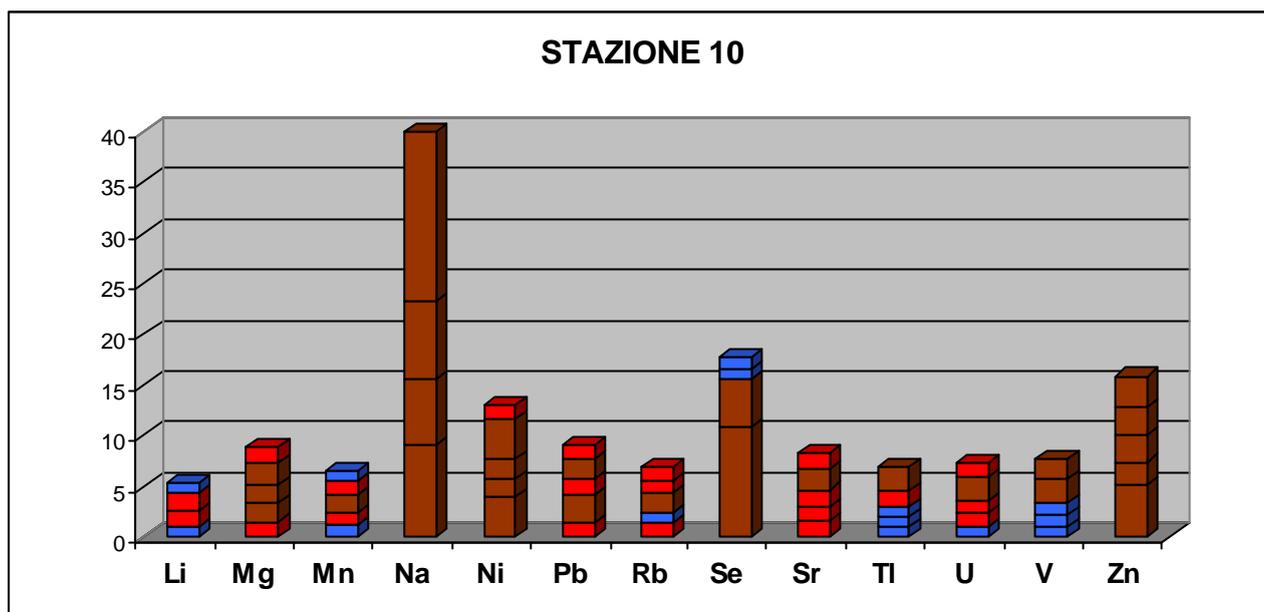
STAZIONE 9



Monsano loc. Selvatorota

STAZIONE 10





4.1.2 COMMENTO AI RISULTATI DI BIOACCUMULO

Di seguito viene fornito un commento relativo ad alcuni elementi in traccia ritenuti di particolare interesse (Bargagli, 1998):

- Be, V, Cr, Ni, As e Pb in quanto tossici per l'uomo anche a basse concentrazioni;
- Cu, Zn, Se, e Ba in quanto tossici a concentrazioni elevate;
- Al, Mn e Fe in quanto poco tossici, ma spesso di derivazione terrigena per cui le loro concentrazioni permettono di stimare il grado di contaminazione da particelle di suolo.

Per quanto riguarda gli usi, le principali fonti di emissione e gli effetti dannosi per gli organismi viventi si rimanda alla relazione del 2002.

Alluminio – Nei talli trapiantati nella maggior parte delle stazioni è stata osservata una perdita di Al rispetto al bianco. Soltanto nella stazione 2 il valore del rapporto fra la concentrazione dell'elemento dopo l'esposizione e la concentrazione nel campione di controllo prima dell'esposizione (EC ratio) è risultato maggiore di 1,75, denotando un forte accumulo di Al rispetto al controllo. Un accumulo di alluminio è stato osservato anche nei talli esposti in Viale della Vittoria. Tuttavia, rispetto agli anni precedenti è stato registrato un minor accumulo di Al in tutta l'area di studio con un valore medio dell'EC Ratio di 0,92, che denota una generale mancanza di contaminazione (Tab. 4.3).

	2002	2003	2004	2005	2006
Ag	1,06	0,51	0,79	–	1,44
Al	0,98	1,11	1,61	–	0,92
As	1,17	1,31	1,27	1,66	1,46
Ba	1,60	1,18	1,96	1,62	1,33
Be	1,00	1,79	1,31	4,14	1,78
Bi	0,99	0,77	4,43	1,67	3,05
Ca	1,65	1,38	1,73	–	1,65
Cd	1,00	1,20	–	4,93	0,44
Co	1,49	1,17	1,54	1,95	1,65
Cr	1,49	1,05	1,93	2,34	2,36
Cs	1,56	1,03	1,80	1,45	1,18
Cu	1,18	1,18	1,50	2,12	2,46
Fe	1,37	1,72	1,65	2,43	1,80
Ga	1,20	1,14	1,63	1,83	1,69
In	1,24	1,00	1,00	2,39	1,11
K	0,90	1,28	1,09	0,97	1,21
Li	0,25	1,11	1,68	1,12	0,96
Mg	1,36	1,68	1,61	1,87	1,92
Mn	1,12	1,02	1,47	1,22	0,96
Na	5,88	–	3,64	5,09	10,95
Ni	1,79	1,34	1,96	2,08	1,37
Pb	1,30	2,13	1,75	1,69	1,37
Rb	1,33	0,92	1,71	1,35	1,45
Se	4,29	3,55	1,00	–	1,80
Sr	1,68	1,39	1,59	1,79	1,84
Tl	1,12	1,00	1,00	1,49	1,93
U	1,03	1,20	1,26	1,82	1,45
V	1,26	1,17	1,39	1,94	1,91
Zn	1,66	1,66	1,80	1,37	1,85

Tabella 4.3 – Valori medi dell’EC ratio relativi a tutti gli elementi in traccia analizzati nei cinque anni di indagine.

Arsenico – Nei talli lichenici trapiantati in tutte le stazioni è stato registrato un accumulo di As rispetto al bianco, che si è mostrato di forte entità nelle stazioni 4 e 8. In generale la situazione è risultata molto simile a quella già registrata lo scorso anno, con un valore medio dell’EC Ratio di 1,46 (Tab. 4.3).

Bario – I valori dell’EC Ratio calcolati per le stazioni 2, 3, 4 e 9 sono risultati compresi fra 0,75 e 1,25, denotando assenza di accumulo di questo elemento rispetto al controllo. In tutte le altre stazioni, invece, i talli lichenici esposti hanno accumulato Ba, con valori piuttosto elevati nella stazione 6. In 5 stazioni su 9 sono stati osservati valori dell’EC Ratio inferiori rispetto a quelli registrati lo scorso anno, denotando una minore contaminazione da parte di questo elemento. Tuttavia il valore medio dell’EC Ratio per l’intera area di studio è di 1,33, che sebbene inferiore a

quello del 2002, 2004 e 2005, denota tuttavia un generale accumulo di questo elemento nei talli esposti (Tab. 4.3).

Berillio – Nella maggior parte delle stazioni è stato osservato un forte accumulo di Be nei talli lichenici esposti nell'area di studio. Soltanto nelle stazioni 5 e 7 non sono stati osservati cambiamenti rispetto al bianco. Il valore medio dell'EC Ratio per l'intera area di studio è 1,78, notevolmente inferiore rispetto a quello registrato lo scorso anno (4,14) e simile a quello del 2003 (1,79; Tab. 4.3).

Cromo – In tutte le stazioni è stato osservato un forte accumulo di questo elemento nei talli trapiantati rispetto al controllo. L'accumulo è risultato più contenuto soltanto nella stazione 5. Il confronto con gli anni precedenti mostra una situazione molto simile a quella già registrata lo scorso anno, con un valore medio dell'EC Ratio di 2,36 (Tab. 4.3).

Ferro – Anche per questo elemento è stato registrato un accumulo in tutte le stazioni dell'area di studio, che si è dimostrato piuttosto elevato nelle stazioni 4, 6, 7 e 10. In generale, tuttavia, il valore dell'EC Ratio è risultato inferiore rispetto a quello registrato lo scorso anno in 5 stazioni su 9 e soltanto nella stazione 7 (Zona Industriale Zipa) è risultato più elevato (1,87 vs 1,65). Il valore medio relativo all'intera area di studio è comunque piuttosto alto (1,8), denotando nei campioni esposti una contaminazione piuttosto elevata da parte di questo elemento.

Manganese – In nessuna delle stazioni è stato osservato accumulo di questo elemento rispetto al bianco. La situazione risulta molto simile a quella registrata nel corso delle precedenti indagini. Il valore medio dell'EC Ratio è di 0,96 (Tab 4.3).

Nichel – Un accumulo di questo elemento è stato registrato soltanto nei talli esposti nelle stazioni 3, 6, 9 e 10. Il valore medio dell'EC Ratio (1,37; Tab 4.3) denota una contaminazione non troppo elevata di questo metallo nell'area di studio. La situazione risulta simile a quella registrata nel 2003.

Piombo – Questo elemento è stato accumulato nei talli lichenici esposti nella maggior parte delle stazioni, ad eccezione delle stazioni 3, 4 e 9. Un forte accumulo è stato registrato nella stazione 6 (Viale della Vittoria). In generale, la situazione risulta leggermente migliorata rispetto allo scorso anno, con un valore medio dell'EC Ratio di 1,37 (Tab 4.3).

Rame – In tutte le stazioni è stato registrato un forte accumulo di Cu, ad eccezione della stazione 2, dove l'accumulo è risultato presente ma meno consistente. Il valore medio dell'EC Ratio è di 2,46, il più elevato registrato nel corso dei 5 anni di indagine. Rispetto allo scorso anno la situazione è risultata simile in tutte le stazioni ad eccezione delle stazioni 3, 4 e 5, dove si è osservato un maggiore accumulo di questo elemento nei talli esposti.

Selenio – Anche per questo elemento è stato registrato un accumulo più o meno elevato in tutte le stazioni, ad eccezione delle 2, 6 e 10, dove si è assistito addirittura ad una perdita. Il valore medio dell'EC Ratio per l'intera area di studio è di 1,80 e risulta superiore a quello registrato nel 2004 ma notevolmente inferiore rispetto a quello del 2002 e 2003 (Tab. 4.3), pur denotando una generale contaminazione nell'area di studio.

Vanadio – Un forte accumulo di questo elemento è stato registrato in tutte le stazioni dell'area di studio. L'accumulo è risultato più contenuto soltanto nelle stazioni 3 e 5. La situazione è pressochè simile a quella riportata nell'indagine dello scorso anno, con un accumulo più elevato nelle stazioni 7 e 8. Il valore medio dell'EC Ratio è di 1,91 (Tab. 4.3).

Zinco – Anche lo Zn risulta accumulato nei talli esposti in tutte le stazioni e in maniera più elevata nelle stazioni 6, 7, 9 e 10. Rispetto allo scorso anno, l'accumulo di questo elemento risulta maggiore in tutte le stazioni ad eccezione della 3 e la 10. La situazione generale nell'area di studio è più simile a quella registrata nell'indagine del 2005, con un valore medio dell'EC Ratio di 1,85 (Tab 4.3).

5. CONCLUSIONI

Nella seguente relazione vengono riportati i risultati dell'indagine di bioaccumulo, tramite l'utilizzo di trapianti lichenici, ripetuta per il sesto anno consecutivo nel territorio interessato dalla centrale turbogas di Jesi. I dati relativi all'indagine di bioindicazione sono già stati forniti in una precedente relazione.

In generale, nei talli di *Evernia prunastri* esposti, è stato registrato l'accumulo rispetto al bianco della maggior parte degli elementi considerati e sono stati calcolati valori medi dell'EC ratio particolarmente elevati per Bi, Cr, Cu, Fe, Se, V e Zn. Tali risultati denotano una contaminazione particolarmente diffusa sul territorio da parte elementi in traccia, molti dei quali con caratteristiche di elevata tossicità.

Il confronto con l'anno precedente ha rivelato un generale aumento delle concentrazioni di Zn mentre, al contrario, è stato registrato un calo nelle concentrazioni medie di Ni. Le concentrazioni di As, Ba, Be, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, e V in generale sono risultate simili a quelle registrate nell'indagine dello scorso anno.

Occorre tuttavia ricordare che mentre negli anni dal 2002 al 2005 i campioni sono stati esposti per 3 mesi, nel corso della presente indagine l'esposizione dei talli è durata 7 mesi, a causa di problemi relativi alla gestione della campagna espositiva condotta dal Comune di Jesi. Questo comporta alcuni problemi di interpretazione rispetto ai dati precedenti in quanto non esistono evidenze sperimentali che confermino come l'accumulo di elementi in traccia all'interno dei talli lichenici avvenga in maniera lineare e continua nel tempo.