



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)**

**GRUPPO DI RICERCA**

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

*Siena, Maggio 2003*

# SOMMARIO

<b>1. SCOPO DELL'INDAGINE .....</b>	<b>3</b>
<b>2. AREA DI STUDIO .....</b>	<b>4</b>
<b>3. MATERIALI E METODI.....</b>	<b>5</b>
3.1 BIOINDICAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA .....	5
3.1.1 INDIVIDUAZIONE DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO .....	5
3.1.2 SCELTA DEGLI ALBERI DA CAMPIONARE.....	6
3.2 BIOACCUMULO DI ELEMENTI IN TRACCIA .....	7
3.2.1 INDIVIDUAZIONE DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO .....	7
3.2.2 RACCOLTA, PREPARAZIONE ED ESPOSIZIONE DEI CAMPIONI PER L'INDAGINE DI BIOACCUMULO .....	9
3.2.3 ANALISI DEI CAMPIONI TRAPIANTATI.....	9
4. RISULTATI E DISCUSSIONE .....	11
4.1 ANALISI DELLA BIODIVERSITÀ LICHENICA .....	11
4.1.1. CONFRONTO CON LE DUE INDAGINI DEL 2001 E DEL 2002.....	21
4.2 BIOACCUMULO DI ELEMENTI IN TRACCIA .....	38
4.2.1 CONFRONTO CON L'INDAGINE DEL 2002 .....	50
4.2.2 COMMENTO AI RISULTATI DI BIOACCUMULO .....	60
<b>5. CONCLUSIONI.....</b>	<b>66</b>
<b>6. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>68</b>

# 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.

Lo studio si è svolto 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.

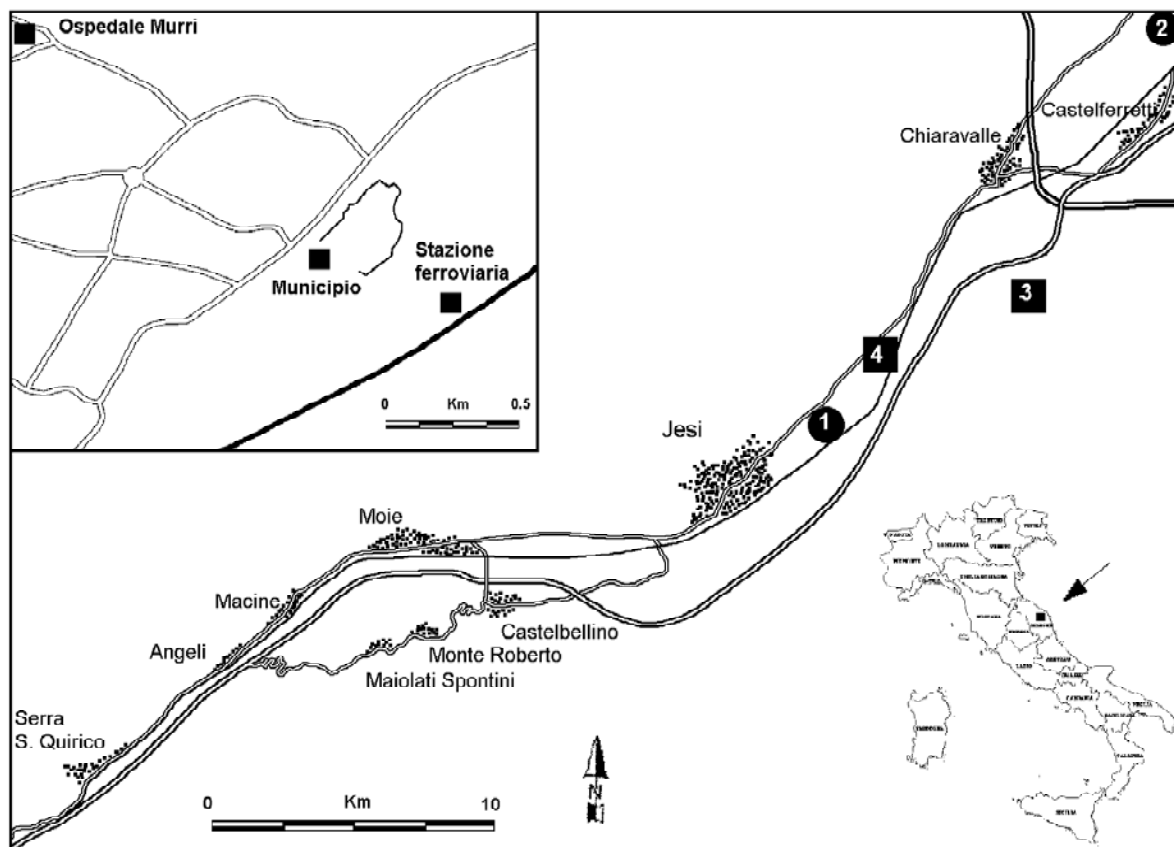
Come da accordi con il Comune di Jesi, si tratta della terza di una serie di campagne di rilevamento annuali volte a misurare eventuali cambiamenti della qualità ambientale nell'area in esame, conseguenti alla messa in funzione della centrale in oggetto.

L'indagine è consistita nelle seguenti attività:

- determinazione dell'IDL in 27 stazioni;
- realizzazione di una mappa della qualità dell'aria;
- confronto dei dati raccolti nella presente indagine con quelli dello studio analogo effettuato nella stessa area l'anno precedente, quando la centrale non era ancora in funzione;
- esposizione di trapianti di talli lichenici in 10 stazioni;
- preparazione dei campioni esposti per le determinazioni analitiche e analisi del contenuto di elementi in traccia;
- realizzazione di mappe di deposizione dei vari elementi in traccia;
- interpretazione del fenomeno;
- confronto dei dati raccolti nella presente indagine di bioaccumulo con quelli dello studio analogo effettuato nella stessa area l'anno precedente.

## 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 BIOINDICAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

Anche per quest'anno, l'attività è consistita nel ricontrollo delle stazioni esaminate nel 2001 e nel 2002.

##### 3.1.1 INDIVIDUAZIONE DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO

Per i criteri di scelta delle stazioni di campionamento si fa riferimento alla relazione del 2001.

Di seguito viene riportato l'elenco di tutte le stazioni di rilevamento: per ognuna, fra parentesi, è indicata l'altitudine.

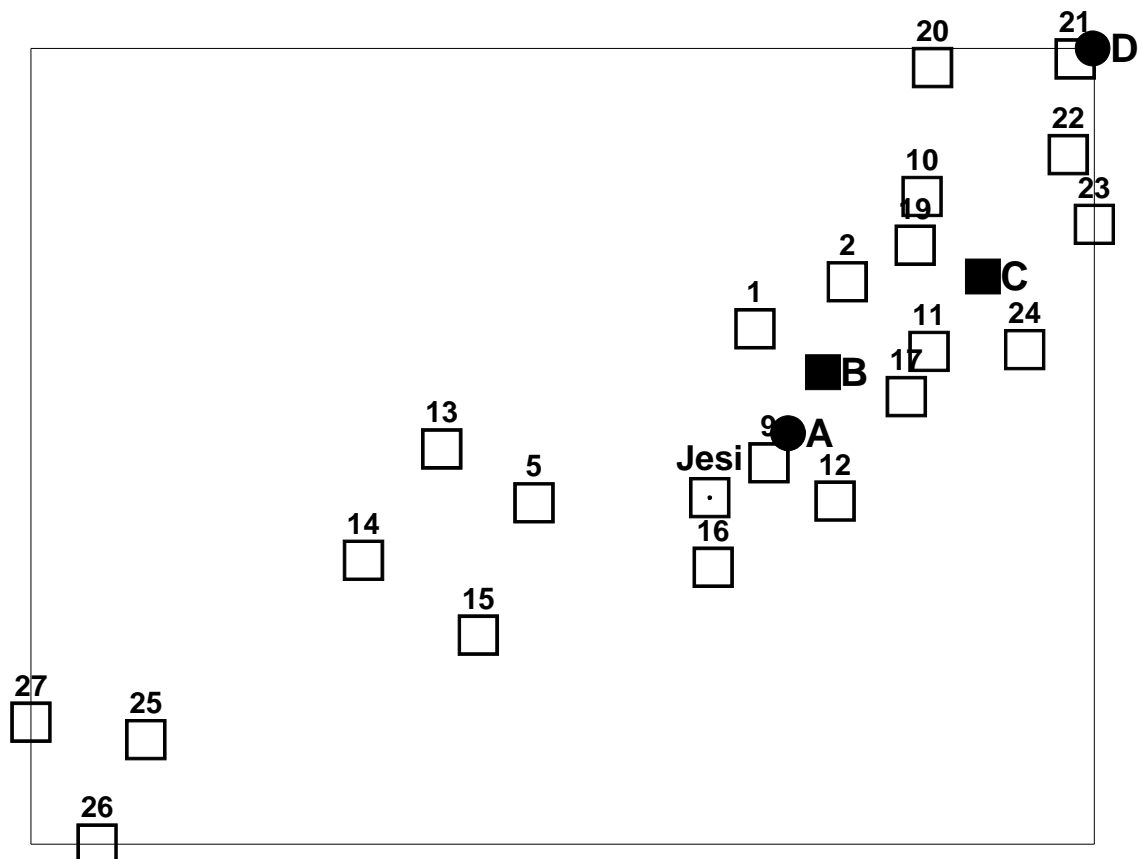
1. **Monsano** loc. S. Maria c/o la chiesa (100 m).
2. **Monsano** loc. Selvatorita via Breccia III (50 m)
3. **Jesi** via S. Pietro Martire (Scuola Materna *Casa dei Bambini*) (95 m)
4. **Jesi** via dei Colli (incrocio con via Forlanini) (130 m)
5. **Jesi** loc. Colle Bellombra (190 m)
6. **Jesi** viale Trieste (95 m)
7. **Jesi** via Ragazzi del '99 (100 m)
8. **Jesi** via Cascamificio (70 m)
9. **Jesi** via G. Latini (60 m)
10. **Chiaravalle** Parco I Maggio (25 m)
11. **Agugliano** loc. La Chiusa ( 35 m)
12. **Jesi** loc. Mazzangrugno (175 m)
13. **Moie** c/o la chiesa del Puzzo (235 m)
14. **Moie** via Torrette (125 m)
15. **Monte Roberto** loc. Pianello c/o il parco della *Scuola Salvati* (190 m)
16. **Jesi** loc. Pian del Medico, c/o *Cooperativa Agricola Val di Cesola* (75 m)
17. **Jesi** loc. Mazzangrugno (70 m)
18. **Jesi** viale della Vittoria (80 m)
19. **Jesi** loc. Aia Murata (30 m)
20. **Montemarciano** loc. Gabella via Romeo (20 m)
21. **Falconara Marittima** loc. Fiumesino SS 76 km 77,8 (10 m)

- 22. **Falconara Marittima** loc. Castelferretti via 14 Luglio (20 m)
- 23. **Falconara Marittima** loc. Castelferretti c/o il cimitero di S. Maria della Misericordia (100 m)
- 24. **Agugliano** c/o C. Paglialunga (100m)
- 25. **Serra S. Quirico** borgo Stazione via Forchiusa (255 m)
- 26. **Serra S. Quirico** strada per S. Elia c/o deposito Sassi Rossi (235 m)
- 27. **Serra S. Quirico** loc. Trivio (460 m)

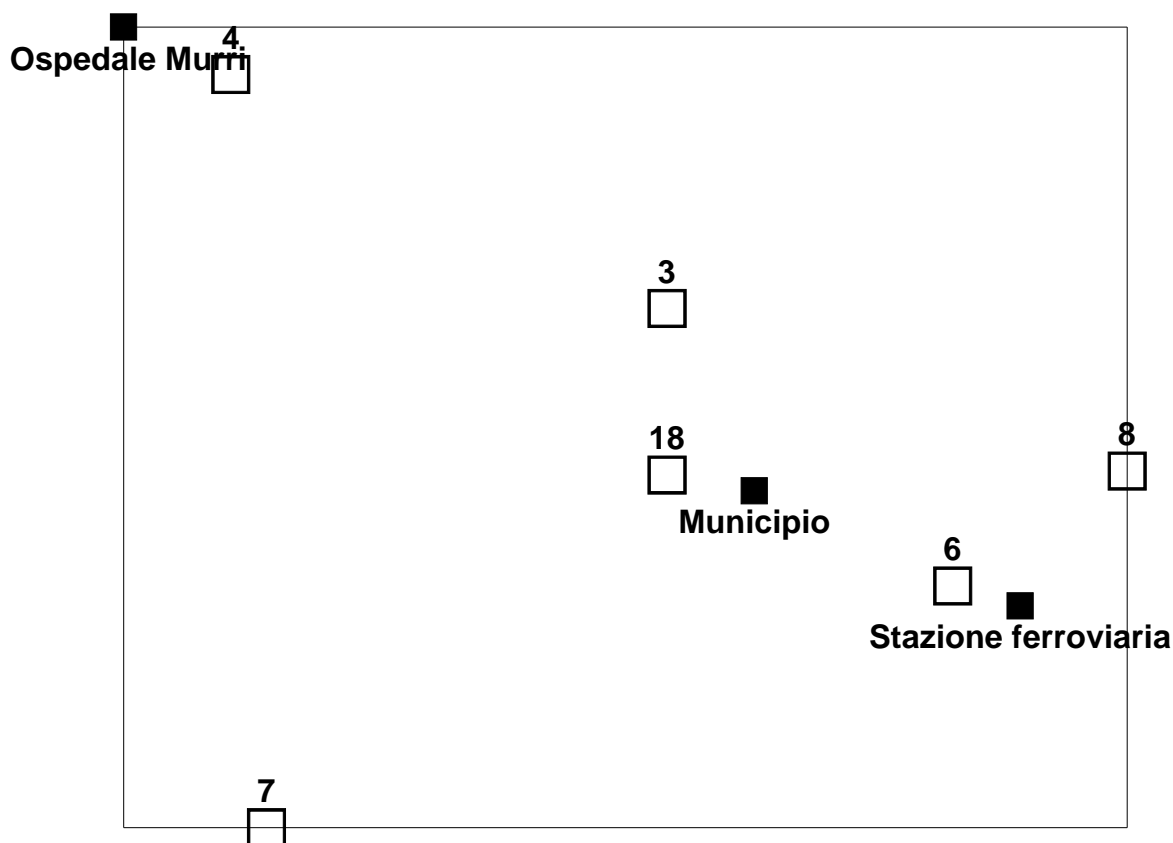
La distribuzione delle stazioni di campionamento all'interno dell'area di studio è mostrata nelle figure 3.1 e 3.2.

### 3.1.2 SCELTA DEGLI ALBERI DA CAMPIONARE

Il campionamento è stato effettuato nella settimana compresa fra il 18 e il 23 Novembre 2002.



*Figura 3.1 – Dislocazione delle stazioni di campionamento nell'area di studio. Le 6 stazioni nella città di Jesi sono rappresentate da un solo quadrato. A = zona industriale di Jesi; B = centrale turbogas; C = centrale ENEL; D = raffineria API.*



*Figura 3.2 – Dislocazione delle stazioni di campionamento all'interno dell'area urbana di Jesi.*

Gli alberi utilizzati sono stati quelli campionati durante l'indagine del 2001 e del 2002.

Per quanto riguarda il metodo di campionamento utilizzato e la determinazione delle specie si rimanda alla relazione del 2001.

## **3.2 BIOACCUMULO DI ELEMENTI IN TRACCIA**

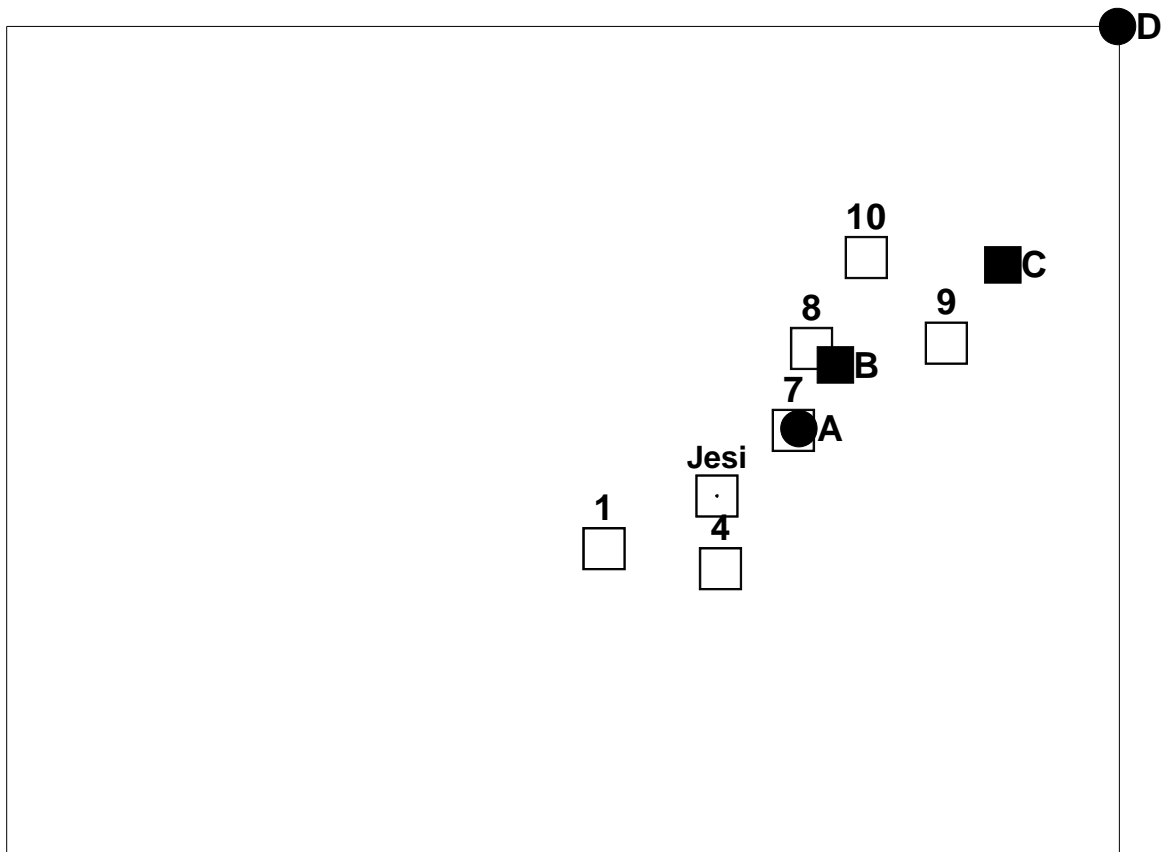
### **3.2.1 INDIVIDUAZIONE DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO**

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*

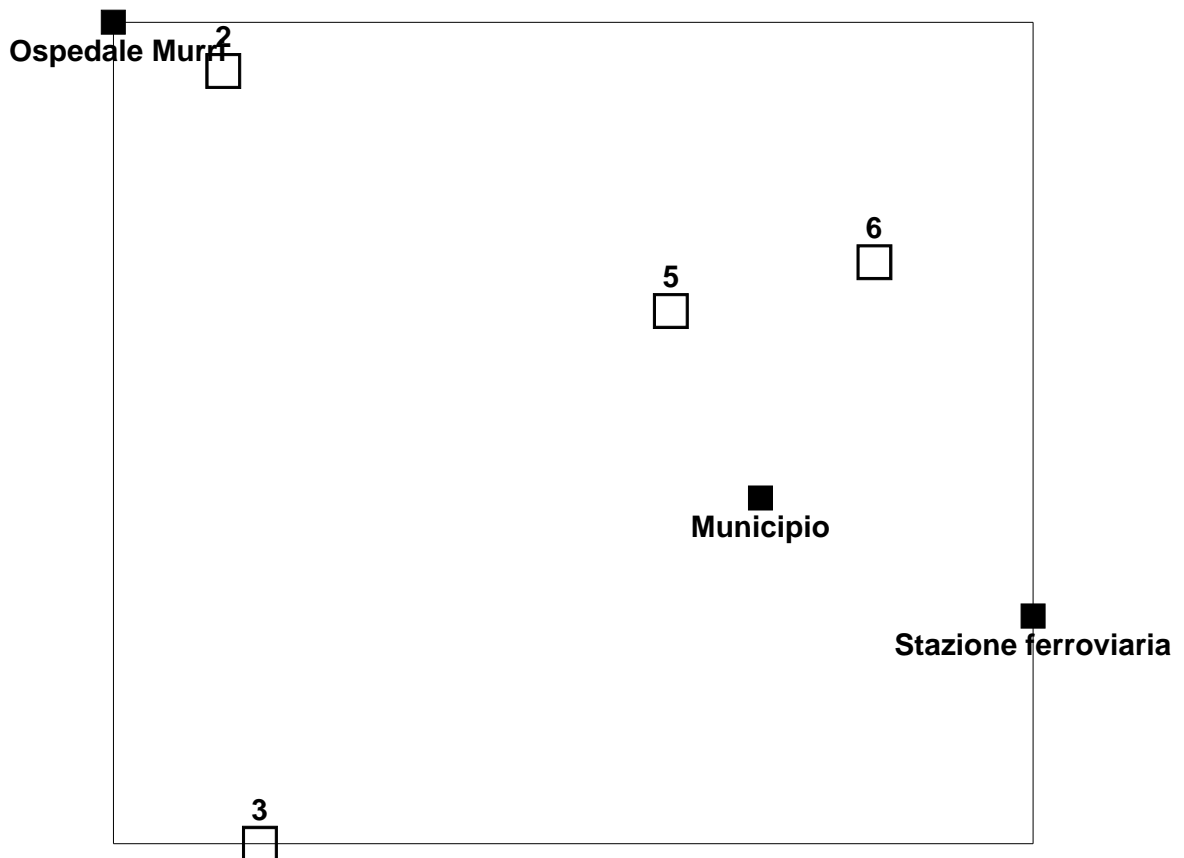
5. **Jesi** Negromanti
6. **Jesi** viale della Vittoria
7. **Jesi** Zona Industriale – Zipa
8. **Monsano** nei pressi dell'ex-RCD
9. **Agugliano** Boschetto – incrocio La Chiusa
10. **Monsano** loc. Selvatorta

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 raddensate 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.

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

All'inizio del mese di Novembre 2002, talli completi di *Evernia prunastri* sono stati prelevati su scorza di quercia (*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.

### 3.2.3 ANALISI DEI CAMPIONI TRAPIANTATI

Dopo 3 mesi di esposizione (dal 13 Dicembre 2003 al 18 Marzo 2003), 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).

## 4.RISULTATI E DISCUSSIONE

### 4.1 ANALISI DELLA BIODIVERSITÀ LICHENICA

Nella tabella 4.1 sono riportati i dati relativi alle 27 stazioni di campionamento.

	S	A	F
<i>Xanthoria parietina</i>	25	58	7,7
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	23	69	9,7
<i>Physcia adscendens</i>	23	64	8,6
<i>Physcia biziana</i>	20	46	6,6
<i>Physconia grisea</i>	17	43	7,7
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	15	32	6,1
<i>Lecanora horiza</i>	12	18	3,3
<i>Lecidella elaeochroma</i>	8	13	5,0
<i>Candelaria concolor</i>	6	11	8,0
<i>Physcia aipolia</i>	6	12	4,8
<i>Lecanora chlarotera</i>	6	10	2,4
<i>Opegrapha varia</i>	5	9	6,9
<i>Lecanora carpinea</i>	4	6	2,7
<i>Physconia distorta</i>	3	8	7,3
<i>Mycomicrothelia confusa</i>	3	9	7,4
<i>Amandinea punctata</i>	2	5	7,4
<i>Collema furfuraceum</i>	2	2	3,0
<i>Parmelia subrudecta</i>	2	2	5,5
<i>Phaeophyscia hirsuta</i>	2	2	6,5
<i>Arthonia radiata</i>	1	1	4,0
<i>Arthopyrenia punctiformis</i>	1	2	6,0
<i>Caloplaca cerina</i>	1	1	2,0
<i>Caloplaca cerinella</i>	1	2	6,0
<i>Candelariella subdeflexa</i>	1	1	10,0
<i>Collema ligerinum</i>	1	1	2,0
<i>Evernia prunastri</i>	1	1	1,0
<i>Melaspilea urceolata</i>	1	3	10,0
<i>Parmelia caperata</i>	1	1	1,0
<i>Parmelia glabra</i>	1	2	2,0
<i>Physconia servitii</i>	1	3	10,0
<i>Physconia venusta</i>	1	1	1,0

**Tabella 4.2** – Specie licheniche ritrovate nell'area di studio. S = numero di stazioni dove la specie è stata trovata; A = numero di alberi su cui la specie è stata trovata; F = frequenza media delle specie sugli alberi campionati.

**Tabella 4.1** – Frequenza di tutte le specie licheniche rinvenute negli 82 rilievi effettuati. *Qp* = *Quercus pubescens*, *Tg* = *Tilia* sp. [Continua→]

**Tabella 4.1** – Frequenza di tutte le specie licheniche rinvenute negli 82 rilievi effettuati. *Qp* = *Quercus pubescens*, *Tg* = *Tilia* sp. [Continua→]

**Tabella 4.1** – Frequenza di tutte le specie licheniche rinvenute negli 82 rilievi effettuati. *Qp* = *Quercus pubescens*, *Tg* = *Tilia* sp. [Continua→]

**Tabella 4.1** – Frequenza di tutte le specie licheniche rinvenute negli 82 rilievi effettuati. *Qp* = *Quercus pubescens*, *Tg* = *Tilia* sp. [Continua→]

**Tabella 4.1** – *Frequenza di tutte le specie licheniche rinvenute negli 82 rilievi effettuati. Qp = Quercus pubescens, Tg = Tilia sp.*



In totale sono state rinvenute 31 specie di licheni epifiti. Il genere più rappresentato è *Physconia*, con 4 specie (*P. distorta*, *P. grisea*, *P. servitii* e *P. venusta*), seguito dai generi *Lecanora*, *Parmelia* e *Physcia*, con 3 specie ciascuno (*L. carpinea*, *L. chlarotera* e *L. horiza*; *Parmelia caperata*, *P. glabra* e *P. subrudecta*; *Physcia adscendens*, *P. aipolia* e *P. biziana*).

Le specie più comuni sono risultate *Xanthoria parietina*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Physcia adscendens* e *Physcia biziana* (Tab 4.2): tutte e quattro le specie fanno parte dell'alleanza *Xanthorion parietinae* (vedi relazione 2001).

<b>S</b>	<b>IDLs</b>	<b>D.S.</b>	<b>C.V.</b>
<b>1</b>	36,7	8,6	24
<b>2</b>	31,8	9,5	30
<b>3</b>	21,0	8,5	41
<b>4</b>	54,3	9,7	18
<b>5</b>	42,5	7,8	18
<b>6</b>	10,3	0,6	6
<b>7</b>	33,0	1,7	5
<b>8</b>	16,7	5,8	35
<b>9</b>	28,3	7,6	27
<b>10</b>	59,7	9,5	16
<b>11</b>	60,3	9,3	15
<b>12</b>	39,0	15,4	40
<b>13</b>	51,7	4,5	9
<b>14</b>	44,7	3,8	8
<b>15</b>	41,0	0,0	0
<b>16</b>	46,7	13,1	28
<b>17</b>	37,7	5,5	15
<b>18</b>	14,7	8,1	55
<b>19</b>	70,3	9,5	13
<b>20</b>	51,0	4,4	9
<b>21</b>	26,7	10,2	38
<b>22</b>	9,7	4,2	43
<b>23</b>	25,0	4,4	17
<b>24</b>	23,3	10,1	43
<b>25</b>	55,3	10,0	18
<b>26</b>	59,0	12,9	21
<b>27</b>	57,0	3,0	5

**Tabella 4.3** – Descrizione statistica dei valori dell'IDL misurati in ciascuna stazione. S = stazione di campionamento; IDLs = valore dell'IDL per ogni stazione; D.S. = deviazione standard; C.V. = coefficiente di variazione (%).

Per quanto riguarda i valori dell'IDLr (IDL dei singoli rilievi) riscontrati negli 82 rilievi effettuati (Tab. 4.1), il valore più basso (5) è stato riscontrato, ancora una volta, su un taglio nei pressi di Castelferretti, nel comune di Falconara Marittima, circa 6 km a SSW della raffineria API (stazione 22). Tale stazione continua ad essere anche quella con il più basso valore medio dell'IDLs (9,7). La stazione con i valori più elevati dell'IDLr (81) e dell'IDLs medio (70,3) rimane la 19 (loc. Aia Murata).

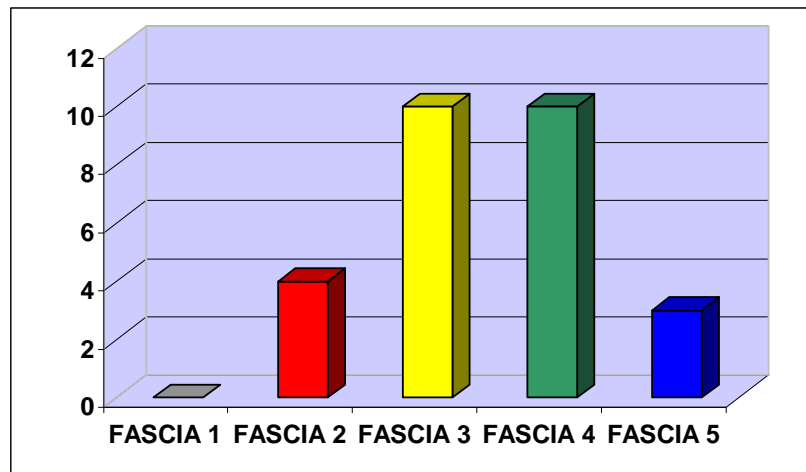
In tabella 4.3 sono riportati per ogni stazione il valore dell'IDLs, la deviazione standard e il coefficiente di variazione. Il valore dell'IDL medio è di  $38,8 \pm 16,9$  ed indica che in generale è presente un'alterazione ambientale media. Il valore piuttosto alto del coefficiente di variazione (43,6%) indica che le 27 stazioni non sono tutte sottoposte a livelli simili di inquinamento atmosferico.

I valori medi dell'IDLs sono stati valutati sulla base della scala di naturalità/alterazione riportata in tabella 4.4 (Loppi *et al.*, 2002), già utilizzata per la valutazione dei valori dell'IDL raccolti nelle due campagne 2001 e 2002. Tale scala è suddivisa in 5 intervalli che esprimono il grado di deviazione da condizioni "naturali" (non inquinate).

VALORI DELL'IDL	GIUDIZIO	COLORE
0	deserto lichenico	■
1-20	alterazione	■
20-40	semi-alterazione	■
40-60	semi-naturalità	■
>60	naturalità	■

**Tabella 4.4** – *Scala di naturalità/alterazione utilizzata nel presente studio.*

In base al valore dell'IDLs riscontrato e alla scala di naturalità/alterazione adottata, le stazioni campionate sono state assegnate ad una fascia, ognuna identificata nei riporti cartografici da uno specifico colore (Fig. 4.1).



**Figura 4.1** – Distribuzione delle stazioni di campionamento nelle cinque fasce considerate.

**Fascia 1:** *deserto lichenico* (0% delle stazioni)

- stazioni

**Fascia 2:** *alterazione* (14,8 % delle stazioni)

- stazioni 6, 8, 18, 22.

**Fascia 3:** *semi-alterazione* (37% delle stazioni)

- stazioni 1,2, 3, 7, 9, 12, 17, 21, 23, 24.

**Fascia 4:** *semi-naturalità* (37 % delle stazioni)

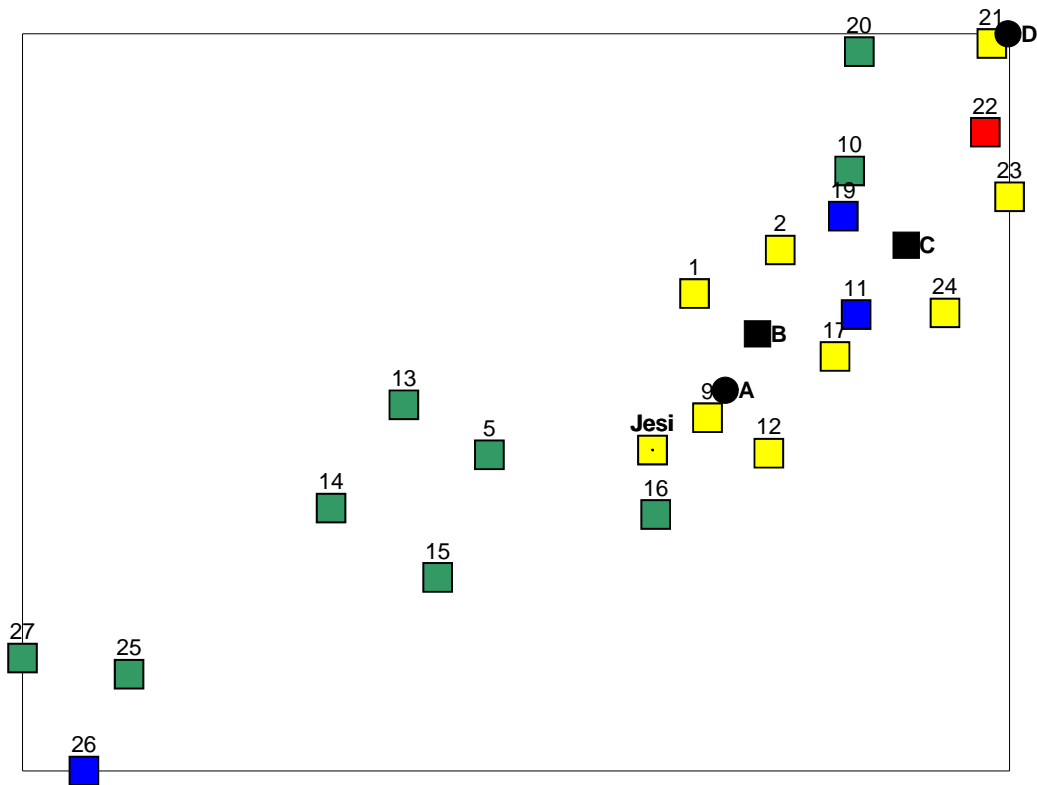
- stazioni 4, 5, 10, 13, 14, 15, 16, 20, 25, 27.

**Fascia 5:** *naturalità* (11.1% delle stazioni)

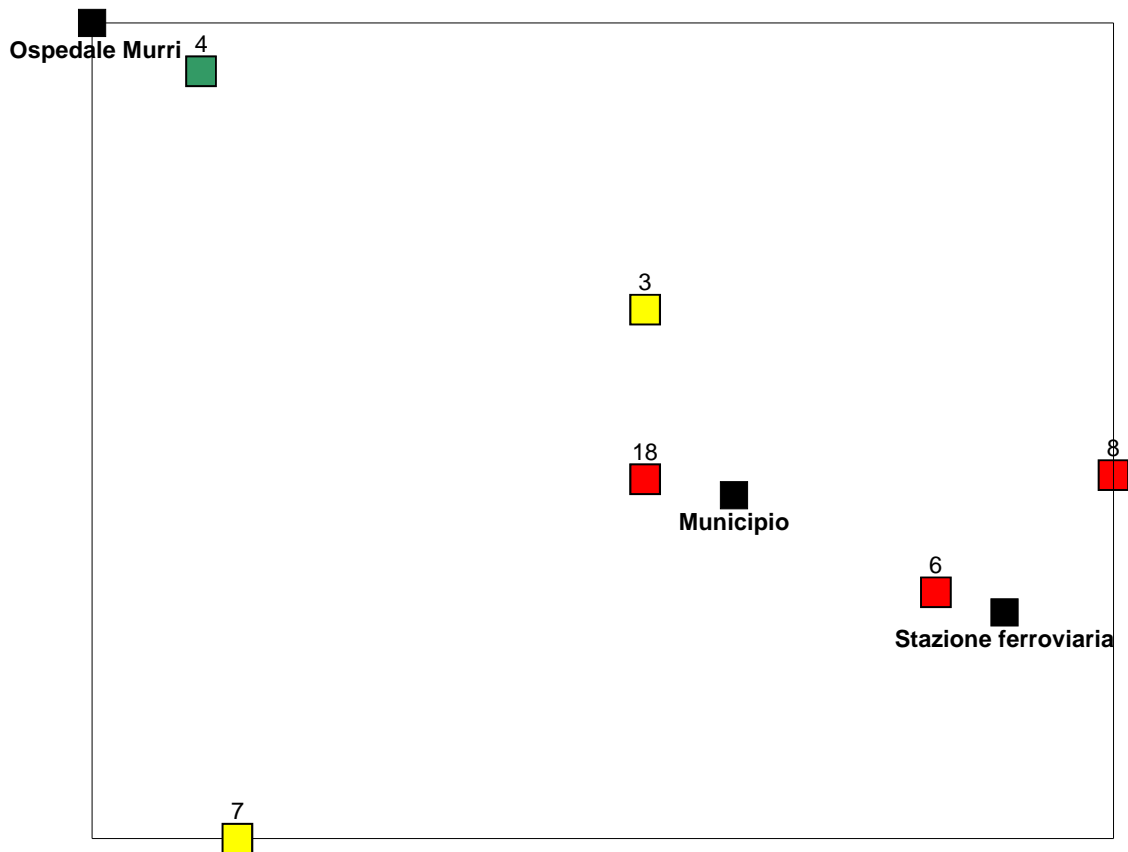
- stazioni 11, 19, 26.

In figura 4.2 viene mostrata la naturalità/alterazione della singole stazioni dell'area di studio. Ogni stazione di campionamento è rappresentata da un quadratino di colore diverso a seconda della fascia corrispondente. In tale figura, la città di Jesi viene identificata da un unico quadratino, il cui valore dell'IDL è stato calcolato facendo la media aritmetica dei valori dell'IDLs misurati nelle 6 stazioni campionate nell'area urbana.

In figura 4.3 viene invece mostrata la naturalità/alterazione delle stazioni campionate nel centro urbano di Jesi.



**Figura 4.2** – Naturalità/alterazione delle stazioni presenti nell'area di studio. A = zona industriale di Jesi; B = centrale turbogas; C = centrale ENEL; D = raffineria API.



**Figura 4.3** – Naturalità/alterazione delle stazioni del centro urbano di Jesi.

#### 4.1.1. CONFRONTO CON LE DUE INDAGINI DEL 2001 E DEL 2002

Di seguito viene riportato un elenco in cui vengono messi a confronto i risultati dei rilevamenti di bioindicazione effettuati nell'area di studio nel 2001, nel 2002 e nella presente indagine. Il rilevamento è stato effettuato ogni anno sui medesimi alberi ad eccezione della stazione 8, dove i tigli utilizzati nell'indagine del 2001 sono stati tagliati. Per questo motivo nell'indagine del 2002 sono stati sostituiti con altri alberi idonei, che sono stati monitorati una seconda volta nel corso della presente campagna. Per ogni stazione vengono riportati il valore dell'IDL e il giudizio ambientale per ogni anno di indagine, la lista floristica riferita all'indagine del 2001 e i cambiamenti riscontrati negli anni successivi, ognuno riferito alla campagna dell'anno precedente.

##### **Stazione 1**

###### **Monsano loc. S. Maria**

Valore IDL 2001: **38,6**

Giudizio 2001: **semi-alterazione**

Valore IDL 2002: **35,3**

Giudizio 2002: **semi-alterazione**

Valore IDL 2003: **36,7**

Giudizio 2003: **semi-alterazione**

**Specie indagine 2001:** *Arthopyrenia punctiformis*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2002:** *Physconia venusta*.

**Specie nuove indagine 2002:** *Melaspilea urceolata*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2003:** *Melaspilea urceolata*.

**Specie nuove indagine 2003:**

##### **Stazione 2**

###### **Monsano loc. Selvatorta**

Valore IDL 2001: **32,5**

Giudizio 2001: **semi-alterazione**

Valore IDL 2002: **33,8**

Giudizio 2002: **semi-alterazione**

Valore IDL 2003: **31,8**

Giudizio 2003: **semi-alterazione**

**Specie indagine 2001:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora horiza*, *Lecidella elaeochroma*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Physconia venusta*, *Xanthoria parietina*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2002:** *Physconia venusta*, *Phaeophyscia orbicularis*.

**Specie nuove indagine 2002:** *Physconia grisea*, *Lecanora sp.*

**Specie non ritrovate nell'indagine 2003:** *Lecanora sp.*

**Specie nuove indagine 2003:**

### **Stazione 3**

Jesi via S. Pietro Martire

Valore IDL 2001: **20,7**

Giudizio 2001: **semi-alterazione**

Valore IDL 2002: **21**

Giudizio 2002: **semi-alterazione**

Valore IDL 2003: **21**

Giudizio 2003: **semi-alterazione**

**Specie indagine 2001:** *Parmelia subrudecta*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2002:**

**Specie nuove indagine 2002:** *Hyperphyscia adglutinata*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2003:** *Hyperphyscia adglutinata*.

**Specie nuove indagine 2003:** *Opegrapha varia*, *Phaeophyscia orbicularis*.

### **Stazione 4**

Jesi via dei Colli

Valore IDL 2001: **56**

Giudizio 2001: **semi-naturalità**

Valore IDL 2002: **56,3**

Giudizio 2002: **semi-naturalità**

Valore IDL 2003: **54,3**

Giudizio 2003: **semi-naturalità**

**Specie indagine 2001:** *Arthonia radiata*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora horiza*, *Opegrapha varia*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Physconia grisea*, *P.a venusta*, *Xanthoria parietina*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2002:** *Physconia venusta*.

**Specie nuove indagine 2002:** *Lecidella elaeochroma*, *Phaeophyscia hirsuta*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2003:** *Phaeophyscia hirsuta*.

**Specie nuove indagine 2003:** *Phaeophyscia orbicularis*.

## **Stazione 5**

Jesi loc. Colle Bellombra

Valore IDL 2001: **45,5**

Giudizio 2001: **semi-naturalità**

Valore IDL 2002: **48**

Giudizio 2002: **semi-naturalità**

Valore IDL 2003: **42,5**

Giudizio 2003: **semi-naturalità**

**Specie indagine 2001:** *Amandinea punctata*, *Buellia griseovirens*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora chlorotera*, *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2002:** *Buellia griseovirens*.

**Specie nuove indagine 2002:** *Physconia distorta*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2003:** *Physconia distorta*.

**Specie nuove indagine 2003:** *Physcia biziana*, *P. adscendens*.

## **Stazione 6**

Jesi viale Trieste

Valore IDL 2001: **10,3**

Giudizio 2001: **alterazione**

Valore di IDL 2002: **10,7**

Giudizio 2002: **alterazione**

Valore IDL 2003: **10,3**

Giudizio 2003: **alterazione**

**Specie indagine 2001:** *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2002:**

**Specie nuove indagine 2002:**

**Specie non ritrovate nell'indagine 2003:**

**Specie nuove indagine 2003:**

## **Stazione 7**

Jesi via Ragazzi del '99

Valore IDL 2001: **38,6**

Giudizio 2001: **semi-alterazione**

Valore di IDL 2002: **36,3**

Giudizio 2002: **semi-alterazione**

Valore IDL 2003: **33**

Giudizio 2003: **semi-alterazione**

**Specie indagine 2001:** *Hyperphyscia adglutinata, Lecanora horiza, Physcia adscendens, P. biziana, Physconia grisea, P. venusta, Xanthoria parietina.*

**Specie non ritrovate nell'indagine 2002:**

**Specie nuove indagine 2002:**

**Specie non ritrovate nell'indagine 2003:** *Physconia venusta.*

**Specie nuove indagine 2003:**

## **Stazione 8**

Jesi via Cascamificio

Valore IDL 2001: **27**

Giudizio 2001: **semi-alterazione**

Valore IDL 2002: **14,7**

Giudizio 2002: **alterazione**

Valore IDL 2003: **16,7**

Giudizio 2003: **alterazione**

**Specie indagine 2001:** *Amandinea punctata, Hyperphyscia adglutinata, Lecanora horiza, Mycomicrothelia confusa, Opegrapha varia, Xanthoria parietina.*

**Specie non ritrovate nell'indagine 2002:** *Amandinea punctata, Hyperphyscia adglutinata, Lecanora horiza, Opegrapha varia, Xanthoria parietina.*



**Specie nuove indagine 2002:** *Arthonia radiata*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2003:** *Arthonia radiata*, *Physcia adscendens*.

**Specie nuove indagine 2003:**

## **Stazione 9**

Jesi via G. Latini

Valore IDL 2001: **29**

Giudizio 2001: **semi-alterazione**

Valore IDL 2002: **29,3**

Giudizio 2002: **semi-alterazione**

Valore IDL 2003: **28,3**

Giudizio 2003: **semi-alterazione**

**Specie indagine 2001:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora horiza*, *Opegrapha varia*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Xanthoria parietina*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2002:**

**Specie nuove indagine 2002:**

**Specie non ritrovate nell'indagine 2003:** *Lecanora horiza*.

**Specie nuove indagine 2003:**

## **Stazione 10**

Chiaravalle Parco I Maggio

Valore IDL 2001: **60**

Giudizio 2001: **semi-naturalità**

Valore IDL 2002: **58**

Giudizio 2002: **semi-naturalità**

Valore IDL 2003: **59,7**

Giudizio 2003: **semi-naturalità**

**Specie indagine 2001:** *Candelaria concolor*, *Lecanora carpinea*, *L. chlarotera*, *L. horiza*, *Lecidella elaeochroma*, *Lepraria* sp., *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Physconia grisea*, *Ramalina* sp., *Xanthoria parietina*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2002:** *Lecanora horiza*.

**Specie nuove indagine 2002:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Evernia prunastri*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2003:** *Lepraria sp.*, *Ramalina sp.*

**Specie nuove indagine 2003:** *Physcia aipolia*.

## **Stazione 11**

Agugliano loc. La Chiusa

Valore IDL 2001: **62**

Giudizio 2001: **naturalità**

Valore IDL 2002: **63,3**

Giudizio 2002: **naturalità**

Valore IDL 2003: **60,3**

Giudizio 2003: **naturalità**

**Specie indagine 2001:** *Caloplaca cerinella*, *Candelaria concolor*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora carpinea*, *L. chlarotera*, *L. horiza*, *L. sambuci*, *Lecidella elaeochroma*, *Parmelia subrudecta*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Rinodina sophodes*, *Xanthoria parietina*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2002:** *Lecanora sambuci*.

**Specie nuove indagine 2002:** *Physconia grisea*, *P. distorta*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2003:** *Lecanora chlarotera*, *Parmelia subrudecta*, *Physconia grisea*, *P. distorta*, *Rinodina sophodes*.

**Specie nuove indagine 2003:**

## **Stazione 12**

Jesi loc. Mazzangrugno

Valore IDL 2001: **42,5**

Giudizio 2001: **semi-naturalità**

Valore IDL 2002: **33,5**

Giudizio 2002: **semi-alterazione**

Valore IDL 2003: **39**

Giudizio 2003: **semi-alterazione**

**Specie indagine 2001:** *Candelaria concolor*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Physconia venusta*, *Xanthoria parietina*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2002:** *Physconia venusta*.

**Specie nuove indagine 2002:** *Physconia grisea*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2003:**

**Specie nuove indagine 2003:** *Lecidella elaeochroma*, *Physcia aipolia*.

### **Stazione 13**

Moie c/o la chiesa del Puzzo

Valore IDL 2001: **45**

Giudizio 2001: **semi-naturalità**

Valore IDL 2002: **48**

Giudizio 2002: **semi-naturalità**

Valore IDL 2003: **51,7**

Giudizio 2003: **semi-naturalità**

**Specie indagine 2001:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora horiza*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Physconia grisea*, *P. distorta*, *Xanthoria parietina*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2002:**

**Specie nuove indagine 2002:** *Parmelia subrudecta*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2003:**

**Specie nuove indagine 2003:** *Physcia aipolia*.

### **Stazione 14**

Moie via Torrette

Valore IDL 2001: **45,3**

Giudizio 2001: **semi-naturalità**

Valore IDL 2002: **46**

Giudizio 2002: **semi-naturalità**

Valore IDL 2003: **44,7**

Giudizio 2003: **semi-naturalità**

**Specie indagine 2001:** *Buellia griseovirens*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora horiza*, *Phaeophyscia orbicularis*, *P. hirsuta*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Physconia grisea*, *P. venusta*, *Xanthoria parietina*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2002:** *Buellia griseovirens*, *Physconia venusta*.

**Specie nuove indagine 2002:** *Opegrapha varia*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2003:** *Phaeophyscia hirsuta*.

**Specie nuove indagine 2003:** *Mycomicrothelia confusa*, *Lecanora chlarotera*.

## **Stazione 15**

### **Monte Roberto loc. Pianello**

Valore IDL 2001: **41**

Giudizio 2001: **semi-naturalità**

Valore IDL 2002: **41**

Giudizio 2002: **semi-naturalità**

Valore IDL 2003: **41**

Giudizio 2003: **semi-naturalità**

**Specie indagine 2001:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora chlarotera*, *Melaspilea urceolata*, *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2002:**

**Specie nuove indagine 2002:**

**Specie non ritrovate nell'indagine 2003:**

**Specie nuove indagine 2003:**

## **Stazione 16**

### **Jesi loc. Pian del Medico**

Valore IDL 2001: **43,7**

Giudizio 2001: **semi-naturalità**

Valore IDL 2002: **47,7**

Giudizio 2002: **semi-naturalità**

Valore IDL 2003: **46,7**

Giudizio 2003: **semi-naturalità**

**Specie indagine 2001:** *Caloplaca cerinella*, *Candelaria concolor*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora horiza*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P.biziana*, *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2002:**

**Specie nuove indagine 2002:**

**Specie non ritrovate nell'indagine 2003:** *Caloplaca cerinella*, *Lecanora horiza*.

**Specie nuove indagine 2003:**

## **Stazione 17**

Jesi loc. Mazzangrugno

Valore IDL 2001: **32,6**

Giudizio 2001: **semi-alterazione**

Valore IDL 2002: **33,7**

Giudizio 2002: **semi-alterazione**

Valore IDL 2003: **37,7**

Giudizio 2003: **semi-alterazione**

**Specie indagine 2001:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora horiza*, *Physcia adscendens*, *P.biziana*, *Physconia venusta*, *Xanthoria parietina*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2002:** *Physconia venusta*.

**Specie nuove indagine 2002:** *Physconia grisea*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2003:**

**Specie nuove indagine 2003:**

## **Stazione 18**

Jesi viale della Vittoria

Valore IDL 2001: **12**

Giudizio 2001: **alterazione**

Valore IDL 2002: **12**

Giudizio 2002: **alterazione**

Valore IDL 2003: **14,7**

Giudizio 2003: **alterazione**

**Specie indagine 2001:** *Phaeophyscia orbicularis*, *Mycomicrothelia confusa*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2002:**

**Specie nuove indagine 2002:**

**Specie non ritrovate nell'indagine 2003:**

**Specie nuove indagine 2003:** *Xanthoria parietina*, *Candelariella subdeflexa*.

## **Stazione 19**

Jesi loc. Aia Murata

Valore IDL 2001: **65**

Giudizio 2001: **naturalità**

Valore IDL 2002: **75**

Giudizio 2002: **naturalità**

Valore IDL 2003: **70,3**

Giudizio 2003: **naturalità**

**Specie indagine 2001:** *Candelaria concolor*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora carpinea*, *L. chlarotera*, *Lecidella elaeochroma*, *Lepraria sp.*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2002:**

**Specie nuove indagine 2002:** *Lecanora horiza*, *Ramalina sp.*

**Specie non ritrovate nell'indagine 2003:** *Lepraria sp.*, *Ramalina sp.*

**Specie nuove indagine 2003:** *Parmelia caperata*.

## **Stazione 20**

Montemarciano loc. Gabella

Valore IDL 2001: **54**

Giudizio 2001: **semi-naturalità**

Valore IDL 2002: **55,3**

Giudizio 2002: **semi-naturalità**

Valore IDL 2003: **51**

Giudizio 2003: **semi-naturalità**

**Specie indagine 2001:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora horiza*, *Opegrapha varia*, *Phaeophyscia hirsuta*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2002:** *Phaeophyscia hirsuta*.

**Specie nuove indagine 2002:** *Phaeophyscia orbicularis*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2003:**

**Specie nuove indagine 2003:**

## **Stazione 21**

**Falconara Marittima** loc. Fiumesino

Valore IDL 2001: **22**

Giudizio 2001: **semi-alterazione**

Valore IDL 2002: **24**

Giudizio 2002: **semi-alterazione**

Valore IDL 2003: **26,7**

Giudizio 2003: **semi-alterazione**

**Specie indagine 2001:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora chlarotera*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Xanthoria parietina*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2002:** *Lecanora chlarotera*

**Specie nuove indagine 2002:** *Pertusaria* sp.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2003:** *Pertusaria* sp.

**Specie nuove indagine 2003:**

## **Stazione 22**

**Falconara Marittima** loc. Castelferretti via 14 Luglio

Valore IDL 2001: **9**

Giudizio 2001: **alterazione**

Valore IDL 2002: **9,7**

Giudizio 2002: **alterazione**

Valore IDL 2003: **9,7**

Giudizio 2003: **alterazione**

**Specie indagine 2001:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Physcia adscendens*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2002:**

**Specie nuove indagine 2002:**

**Specie non ritrovate nell'indagine 2003:**

**Specie nuove indagine 2003:**

## **Stazione 23**

Falconara Marittima loc. Castelferretti c/o il cimitero di S. Maria della Misericordia

Valore IDL 2001: **24**

Giudizio 2001: **semi-alterazione**

Valore IDL 2002: **24,7**

Giudizio 2002: **semi-alterazione**

Valore IDL 2003: **25**

Giudizio 2003: **semi-alterazione**

**Specie indagine 2001:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Xanthoria parietina*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2002:**

**Specie nuove indagine 2002:**

**Specie non ritrovate nell'indagine 2003:**

**Specie nuove indagine 2003:**

## **Stazione 24**

Agugliano c/o C. Paglialunga

Valore IDL 2001: **20**

Giudizio 2001: **alterazione**

Valore IDL 2002: **19**

Giudizio 2002: **alterazione**

Valore IDL 2003: **23,3**

Giudizio 2003: **semi-alterazione**

**Specie indagine 2001:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecidella elaeochroma*, *Opegrapha varia*, *Lecanora horiza*, *Xanthoria parietina*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2002:** *Lecidella elaeochroma*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove indagine 2002:**

**Specie non ritrovate nell'indagine 2003:** *Lecanora horiza*.

**Specie nuove indagine 2003:** *Physcia adscendens*, *Xanthoria parietina*.

## **Stazione 25**

Serra S. Quirico borgo Stazione



Valore IDL 2001: **49,3**

Giudizio 2001: **semi-naturalità**

Valore IDL 2002: **44,3**

Giudizio 2002: **semi-naturalità**

Valore IDL 2003: **55,3**

Giudizio 2003: **semi-naturalità**

**Specie indagine 2001:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora carpinea*, *L. horiza*, *Phaeophyscia hirsuta*, *Physcia adscendens*, *P. aipolia*, *P. biziana*, *Physconia distorta*, *Xanthoria parietina*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2002:** *Lecanora horiza*.

**Specie nuove indagine 2002:**

**Specie non ritrovate nell'indagine 2003:**

**Specie nuove indagine 2003:** *Candelaria concolor*, *Collema furfuraceum*, *Lecanora horiza*, *Lecidella elaeochroma*, *Phaeophyscia orbicularis*.

## **Stazione 26**

### **Serra S. Quirico deposito Sassi Rossi**

Valore IDL 2001: **61,6**

Giudizio 2001: **naturalità**

Valore IDL 2002: **60,3**

Giudizio 2002: **naturalità**

Valore IDL 2003: **60,6**

Giudizio 2003: **naturalità**

**Specie indagine 2001:** *Amandinea punctata*, *Caloplaca cerina*, *Collema furfuraceum*, *C. ligerinum*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecidella elaeochroma*, *Lecanora carpinea*, *L. chlarotera*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P. aipolia*, *P. biziana*, *Physconia distorta*, *Xanthoria parietina*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2002:** *Lecanora carpinea*.

**Specie nuove indagine 2002:**

**Specie non ritrovate nell'indagine 2003:**

**Specie nuove indagine 2003:** *Phaeophyscia hirsuta*.

## **Stazione 27**

**Serra S. Quirico loc. Trivio**

Valore IDL 2001: **56**

Giudizio 2001: **semi-naturalità**

Valore IDL 2002: **53,7**

Giudizio 2002: **semi-naturalità**

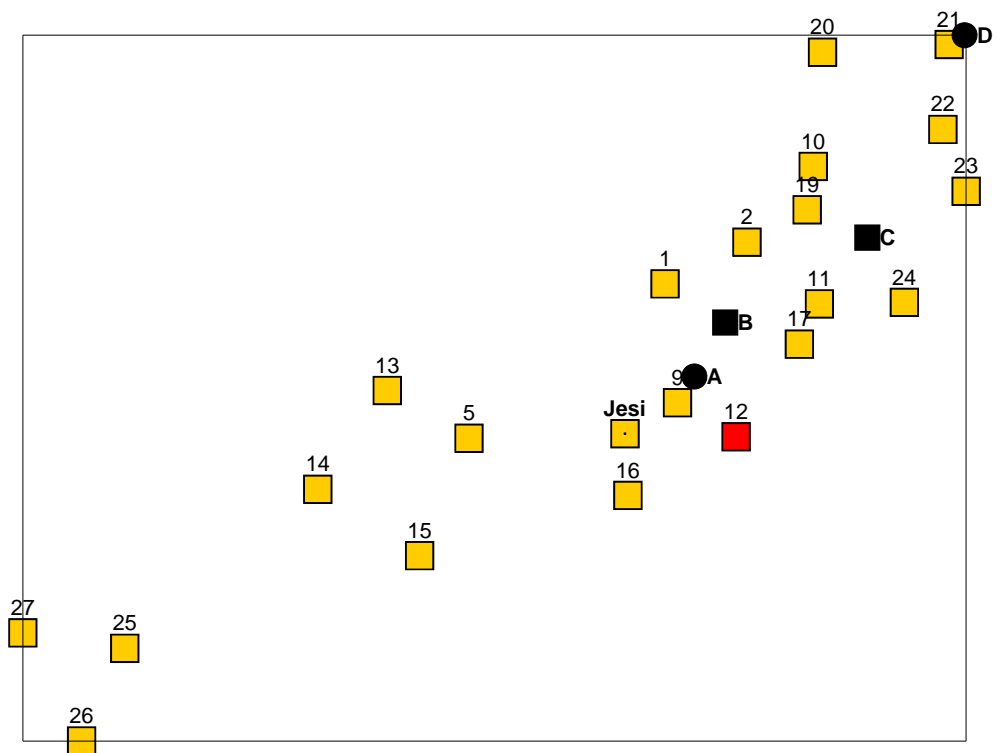
Valore IDL 2003: **57**

Giudizio 2003: **semi-naturalità**

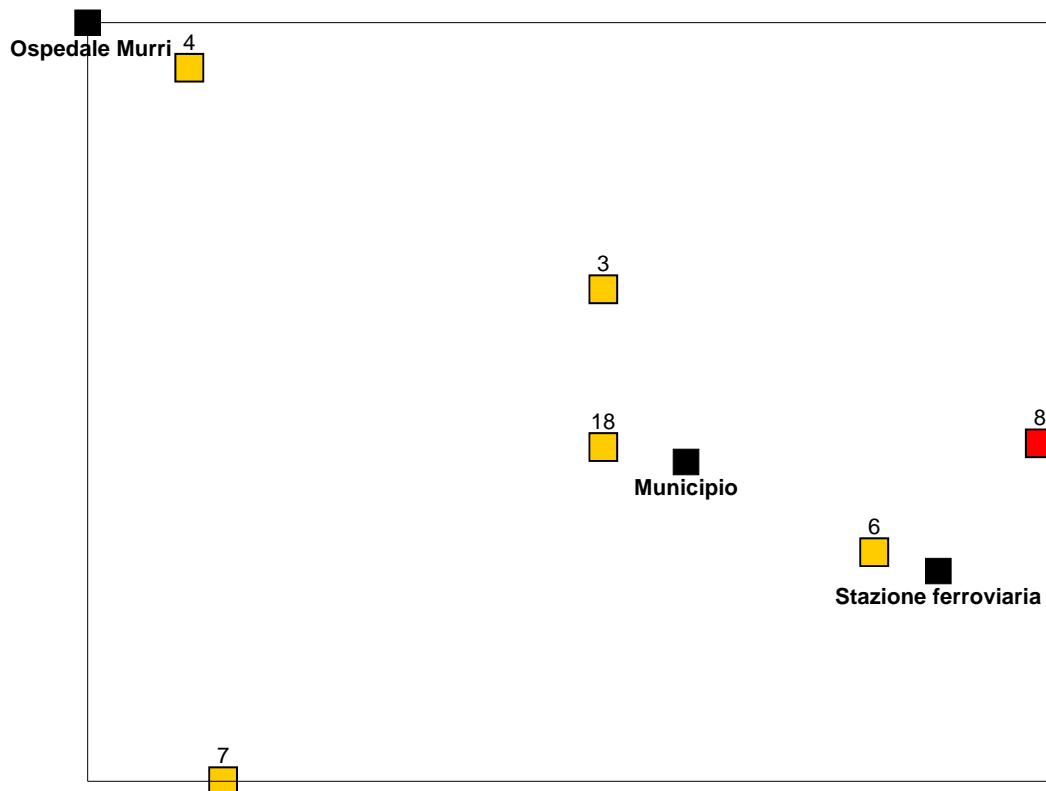
**Specie indagine 2001:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Parmelia glabra*, *Phaeophyscia hirsuta*, *Physcia adscendens*, *P. aipolia*, *P. biziana*, *Physconia servitii*, *Xanthoria parietina*.

**Specie non ritrovate nell'indagine 2002:** *Phaeophyscia hirsuta*.

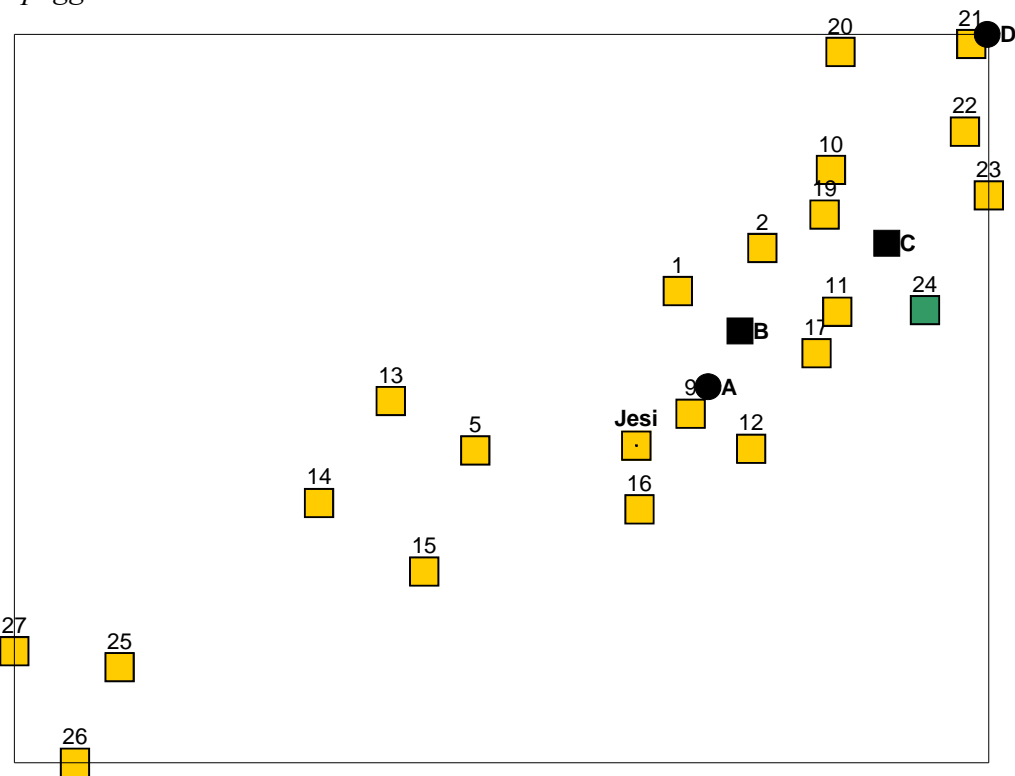
**Specie nuove indagine 2002:**



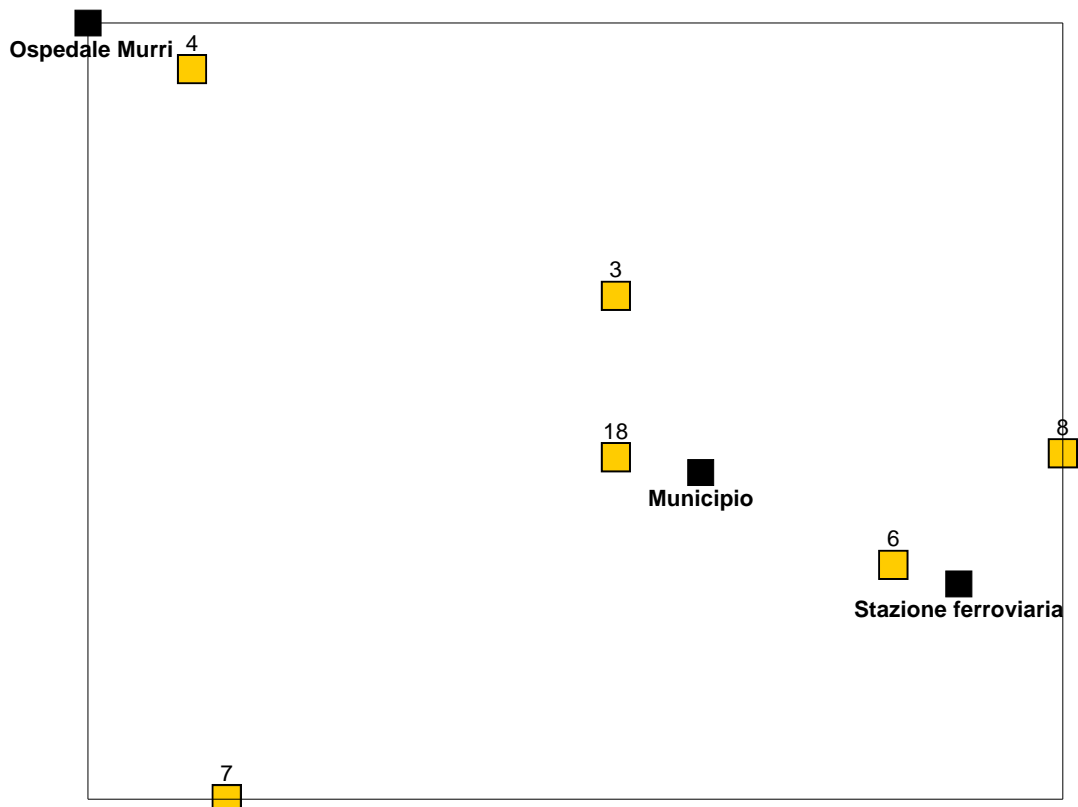
**Figura 4.4** – Cambiamenti registrati nel valore dell'IDL rispetto al 2001 nell'area di studio. ■ = situazione invariata; ■ = situazione peggiorata.



**Figura 4.5** – Cambiamenti registrati nel valore dell'IDL rispetto al 2001 nell'area urbana di Jesi. ■ = situazione invariata; ■ = situazione peggiorata.



**Figura 4.6** – Cambiamenti registrati nel valore dell'IDL rispetto al 2002 nell'area di studio. ■ = situazione invariata; ■ = situazione migliorata.



**Figura 4.7** – Cambiamenti registrati nel valore dell'IDL rispetto al 2002 nell'area urbana di Jesi. ■ = situazione invariata.

#### **Specie non ritrovate nell'indagine 2003:**

**Specie nuove indagine 2003:** *Lecanora chlarotera*, *Physconia grisea*.

In generale la situazione della qualità ambientale nell'area di studio risulta pressoché invariata rispetto a quella registrata nelle due campagne di biomonitoraggio precedenti (2001 e 2002). La parte maggiormente interessata da fenomeni di inquinamento atmosferico rimane quella compresa fra la costa e la città di Jesi, dove sono concentrate le principali fonti di emissione (Fig. 4.2). Le figure 4.4, 4.5, 4.6 e 4.7 mostrano i cambiamenti rispetto alle due indagini precedenti.

Per quanto riguarda il confronto con la campagna di monitoraggio del 2001 (Fig. 4.4), nella stazione 12 (Loc. Mazzangrugno) è stato registrato il passaggio dalla fascia di semi-naturalità a quella di semi-alterazione (IDLs 2001 = 42.5; IDLs 2003 = 39). Le roverelle monitorate in questa stazione si trovano in prossimità di filari di vite e di alberi da frutto ed è quindi possibile che l'abbassamento del valore dell'IDLs sia dovuto ai trattamenti riservati a queste colture. Naturalmente non è da escludere che le emissioni della centrale a turbogas, sommate alle altre emissioni dell'area di studio, stiano producendo graduali cambiamenti a livello delle comunità licheniche, che comportano

minimi ma costanti peggioramenti. Tuttavia, occorre tener conto che la differenza nel valore dell'IDLs è minima, ed essendo i due valori prossimi alla soglia fra una fascia e l'altra, anche una così piccola differenza nella frequenza lichenica comporta un salto di qualità.

SPECIE INDAGINE 2001	SPECIE INDAGINE 2002	SPECIE INDAGINE 2003
<i>Amandinea punctata</i>	<i>Amandinea punctata</i>	<i>Amandinea punctata</i>
<i>Arthonia radiata</i>	<i>Arthonia radiata</i>	<i>Arthonia radiata</i>
<i>Arthopyrenia punctiformis</i>	<i>Arthopyrenia punctiformis</i>	<i>Arthopyrenia punctiformis</i>
<b><i>Buellia griseovirens</i></b>	<i>Caloplaca cerina</i>	<i>Caloplaca cerina</i>
<i>Caloplaca cerina</i>	<i>Caloplaca cerinella</i>	<i>Caloplaca cerinella</i>
<i>Caloplaca cerinella</i>	<i>Candelaria concolor</i>	<i>Candelaria concolor</i>
<i>Candelaria concolor</i>	<i>Collema furfuraceum</i>	<b><i>Candelariella subdeflexa</i></b>
<i>Collema furfuraceum</i>	<i>Collema ligerinum</i>	<i>Collema furfuraceum</i>
<i>Collema ligerinum</i>	<b><i>Evernia prunastri</i></b>	<i>Collema ligerinum</i>
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	<i>Evernia prunastri</i>
<i>Lecanora carpinea</i>	<i>Lecanora carpinea</i>	<i>Hyperphyscia adglutinata</i>
<i>Lecanora chlarotera</i>	<i>Lecanora chlarotera</i>	<i>Lecanora carpinea</i>
<i>Lecanora horiza</i>	<i>Lecanora horiza</i>	<i>Lecanora chlarotera</i>
<b><i>Lecanora sambuci</i></b>	<b><i>Lecanora sp.</i></b>	<i>Lecanora horiza</i>
<i>Lecidella elaeochroma</i>	<i>Lecidella elaeochroma</i>	<i>Lecidella elaeochroma</i>
<i>Lepraria sp.</i>	<i>Lepraria sp.</i>	<i>Melaspilea urceolata</i>
<i>Melaspilea urceolata</i>	<i>Melaspilea urceolata</i>	<i>Mycomicrothelia confusa</i>
<i>Mycomicrothelia confusa</i>	<i>Mycomicrothelia confusa</i>	<i>Opegrapha varia</i>
<i>Opegrapha varia</i>	<i>Opegrapha varia</i>	<b><i>Parmelia caperata</i></b>
<i>Parmelia glabra</i>	<i>Parmelia glabra</i>	<i>Parmelia glabra</i>
<i>Parmelia subrudecta</i>	<i>Parmelia subrudecta</i>	<i>Parmelia subrudecta</i>
<i>Phaeophyscia hirsuta</i>	<b><i>Pertusaria sp.</i></b>	<i>Phaeophyscia hirsuta</i>
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	<i>Phaeophyscia hirsuta</i>	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>
<i>Physcia adscendens</i>	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	<i>Physcia adscendens</i>
<i>Physcia aipolia</i>	<i>Physcia adscendens</i>	<i>Physcia aipolia</i>
<i>Physcia biziana</i>	<i>Physcia aipolia</i>	<i>Physcia biziana</i>
<i>Physconia distorta</i>	<i>Physcia biziana</i>	<i>Physconia distorta</i>
<i>Physconia grisea</i>	<i>Physconia distorta</i>	<i>Physconia grisea</i>
<i>Physconia servitii</i>	<i>Physconia grisea</i>	<i>Physconia venusta</i>
<i>Physconia venusta</i>	<i>Physconia servitii</i>	<i>Physconia servitii</i>
<i>Ramalina sp.</i>	<i>Physconia venusta</i>	<i>Xanthoria parietina</i>
<i>Rinodina sophodes</i>	<i>Ramalina sp.</i>	
<i>Xanthoria parietina</i>	<i>Rinodina sophodes</i>	
	<i>Xanthoria parietina</i>	

**Tabella 4.5** – Specie licheniche ritrovate nelle tre indagini del 2001, 2002 e 2003. In neretto sono indicate nella prima colonna le specie ritrovate solo nell'indagine del 2001, nella seconda colonna quelle ritrovate solo nell'indagine del 2002 e nella terza quelle ritrovate solo nell'indagine del 2003.

Lo stesso ragionamento può essere fatto per la stazione 24 (C. Paglialunga) in cui è stato registrato, dal 2002 al 2003, il passaggio dalla fascia di alterazione a quella di semi-alterazione (Fig. 4.6). Anche in questo caso, infatti, la differenza fra il valore dell'IDLs trovato nel 2002 (19) e quello registrato nella presente indagine (23,3) è molto bassa.

Anche per il centro urbano di Jesi, la situazione generale è rimasta pressoché invariata rispetto ai due anni scorsi (Fig. 4.5 e 4.7). L'unico cambiamento registrato è stato il salto dalla fascia di semi-alterazione (IDL = 27) alla fascia di alterazione (IDLs = 14,7) nella stazione 8 (Via Cascamificio). Tale cambiamento è da imputare però non tanto ad un peggioramento della qualità dell'aria, quanto al fatto che gran parte dei tigli che costeggiavano la via sono stati tagliati. Per questo motivo non è stato possibile eseguire il rilievo sugli stessi alberi utilizzati nella campagna del 2001 e la scelta degli alberi da utilizzare per il campionamento è stata limitata ai pochi esemplari di tiglio rimasti.

Per quanto riguarda i cambiamenti a livello delle liste floristiche nelle singole stazioni, la comparsa e/o scomparsa di alcune specie in alcune stazioni rientrano per lo più nelle normali fluttuazioni temporali e spaziali delle comunità licheniche epifite oppure a piccoli spostamenti nel posizionamento del reticolo sul tronco dell'albero. Quest'ultima osservazione vale anche per le differenze riscontrate nelle liste floristiche delle tre campagne di monitoraggio (Tab. 4.5). Nella maggior parte dei casi si tratta, infatti, di specie di piccole dimensioni, tutte molto rare nell'area di indagine.

## **4.2 BIOACCUMULO DI ELEMENTI IN TRACCIA**

In Tabella 4.6 sono riportate le concentrazioni degli elementi in traccia riscontrate all'interno dei talli trapiantati di *Evernia prunastri*.

I coefficienti di variazione indicano che le concentrazioni della maggior parte degli elementi esaminati sono sostanzialmente costanti.

In tabella 4.7 sono riportati i risultati del confronto statistico (Test U di Mann-Whitney) fra le concentrazioni degli elementi in traccia nei talli trapiantati e i valori registrati nel controllo. Nella maggior parte dei casi si tratta di differenze statisticamente significative.

Per ogni elemento in traccia considerato è stato calcolato il valore di discostamento percentuale (VD%) dal campione di controllo per ogni singola stazione.

In base a tale valore sono state poi costruite delle carte in cui ad ogni stazione corrisponde uno specifico colore in base ad una scala suddivisa in 5 intervalli, che esprimono il grado di deviazione dalle concentrazioni dei vari elementi rispetto al controllo (Tab. 4.8).






	<b>B</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>M</b>	<b>DS</b>	<b>CV%</b>
<b>Ag</b>	0,25	0,16	0,28	0,14	0,13	0,13	0,14	0,12	0,09	0,11	0,08	0,14	0,06	41,26
<b>Al</b>	375	430	431	445	451	454	449	479	293	314	417	416	61,8	14,84
<b>As</b>	0,28	0,27	0,36	0,36	0,35	0,33	0,31	0,40	0,34	0,41	0,42	0,36	0,05	12,89
<b>Ba</b>	12,7	14,8	13,2	14,1	13,8	13,2	16,7	17,9	16,6	14,9	17,1	15,2	1,71	11,22
<b>Be</b>	0,00	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,04	0,01	0,01	64,89
<b>Bi</b>	0,11	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,08	0,07	0,10	0,10	0,09	0,08	0,01	18,96
<b>Ca</b>	4909	5278	5986	6045	5846	5898	6591	8836	7337	6327	7928	6607	1099	16,64
<b>Cd</b>	0,10	0,09	0,12	0,10	0,11	0,10	0,11	0,15	0,12	0,12	0,14	0,11	0,02	16,03
<b>Co</b>	0,24	0,26	0,26	0,26	0,28	0,28	0,30	0,33	0,24	0,24	0,31	0,28	0,03	10,73
<b>Cr</b>	2,14	1,71	1,79	2,20	2,30	1,90	3,41	3,80	1,61	1,90	1,82	2,24	0,75	33,56
<b>Cs</b>	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,13	0,08	0,11	0,06	0,08	0,08	0,09	0,02	22,32
<b>Cu</b>	10,3	11,6	10,7	11,7	11,0	12,3	15,4	12,4	10,8	12,1	12,7	12,1	1,35	11,18
<b>Fe</b>	343	434	495	516	553	596	653	702	529	588	675	574	85,0	14,81
<b>Ga</b>	0,12	0,14	0,15	0,14	0,16	0,15	0,14	0,18	0,11	0,10	0,14	0,14	0,02	16,01
<b>In</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>K</b>	1080	1034	1261	1117	1250	1375	1464	1371	1444	1573	1633	1352	190	14,05
<b>Li</b>	0,34	0,42	0,42	0,40	0,38	0,59	0,38	0,41	0,33	0,33	0,38	0,40	0,07	18,34
<b>Mg</b>	695	848	1343	1088	1062	904	1002	1497	1182	1194	1248	1137	198	17,44
<b>Mn</b>	61,1	55,3	51,0	65,3	52,0	66,8	71,9	55,0	60,7	57,3	78,0	61,3	8,96	14,60
<b>Ni</b>	1,88	1,88	2,08	3,51	2,27	2,06	2,71	2,01	1,63	3,10	3,32	2,46	0,66	26,76
<b>Pb</b>	4,5	8,1	9,9	9,7	5,1	9,0	7,6	14,8	13,4	5,3	12,4	9,54	3,25	34,02
<b>Rb</b>	3,39	2,96	3,40	2,67	2,82	2,91	3,66	3,10	2,98	3,34	3,12	3,10	0,30	9,60
<b>Se</b>	0,85	1,33	2,21	2,57	2,73	2,82	2,98	2,88	2,98	4,04	3,90	2,84	0,77	27,12
<b>Sr</b>	15,9	18,2	22,0	20,3	21,2	18,6	21,4	29,0	23,9	21,4	22,2	21,8	3,01	13,81
<b>Tl</b>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
<b>U</b>	0,21	0,26	0,22	0,25	0,25	0,24	0,22	0,27	0,21	0,30	0,28	0,25	0,03	11,33
<b>V</b>	1,33	1,50	1,49	1,65	1,59	1,51	1,58	1,78	1,34	1,56	1,52	1,55	0,11	7,36
<b>Zn</b>	22,5	29,1	35,2	31,7	34,4	31,3	36,7	36,8	31,6	50,9	48,8	36,7	7,41	20,23

**Tabella 4.6** – Concentrazione degli elementi in traccia nei talli trapiantati di *Evernia prunastri* dopo i tre mesi di esposizione e nei campioni di controllo. *B* = campione di controllo; *M* = valore medio per Jesi; *D.S.* = deviazione standard; *C.V.* = coefficiente di variazione (%).

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 di discostamento percentuale delle tre stazioni urbane, e l'altra relativa al centro urbano di Jesi, dove le tre stazioni sono state considerate separatamente.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ag	S	NS	S	S	S	S	S	S	S	S
Al	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
As	NS	S	S	S	S	NS	S	S	S	S
Ba	S	NS	S	NS	NS	S	S	S	S	S
Be	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S
Bi	S	S	S	S	S	S	S	NS	NS	NS
Ca	NS	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Cd	NS	S	NS	NS	NS	S	S	S	S	S
Co	S	S	S	S	S	S	S	NS	NS	S
Cr	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS	NS	NS	S
Cs	S	NS	NS	S	S	S	S	S	S	NS
Cu	S	NS	S	S	S	S	S	S	S	S
Fe	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Ga	S	S	S	S	S	S	S	S	S	NS
In	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
K	NS	S	NS	S	S	S	S	S	S	S
Li	S	S	NS	NS	S	NS	NS	NS	NS	NS
Mg	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Mn	S	S	S	S	S	S	S	NS	S	S
Ni	NS	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Pb	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Rb	S	NS	S	S	S	S	S	S	NS	S
Se	NS	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Sr	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Tl	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
U	S	NS	S	S	S	S	S	NS	S	S
V	S	S	S	S	S	S	S	NS	S	S
Zn	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

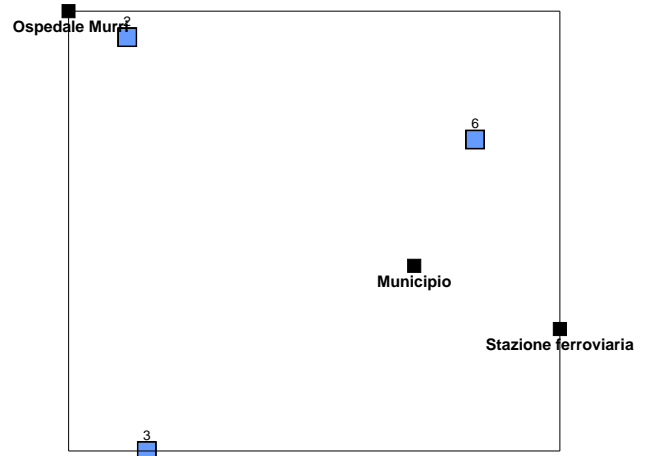
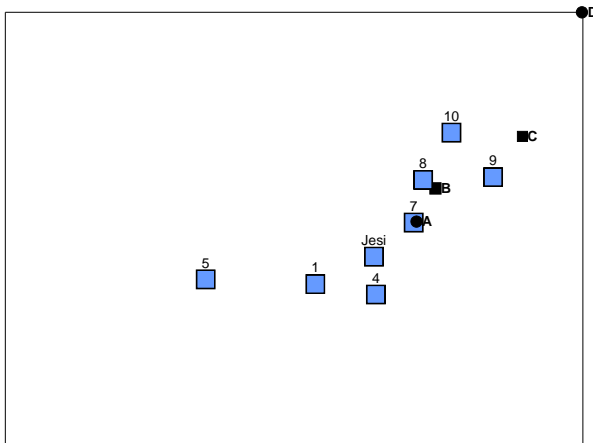
**Tabella 4.7** – Risultati del confronto statistico (test U di Mann-Whitney) fra le concentrazioni degli elementi in traccia nel campione di controllo e quelli nei talli trapiantati. S = differenze significative ( $p < 0,05$ ); NS = differenze non significative.

VD %	COLORE
fino a 25	
25 – 50	
50 – 75	
75 – 100	
>100	

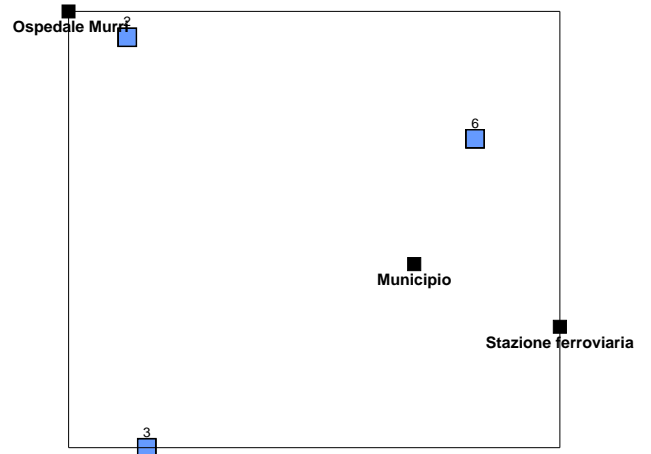
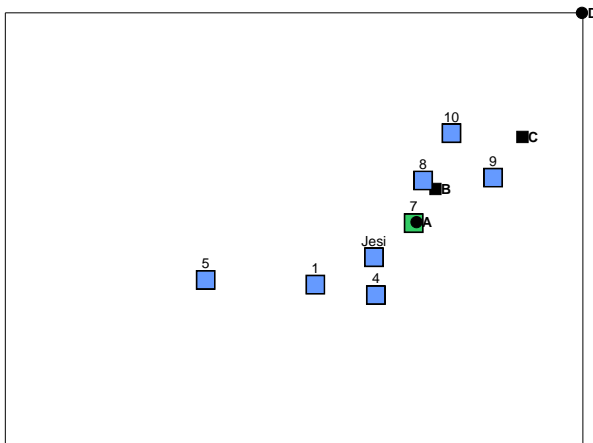
**Tabella 4.8** – Scala utilizzata nei rapporti cartografici per visualizzare il valore di discostamento percentuale (VD %) di ogni elemento dal campione di controllo.



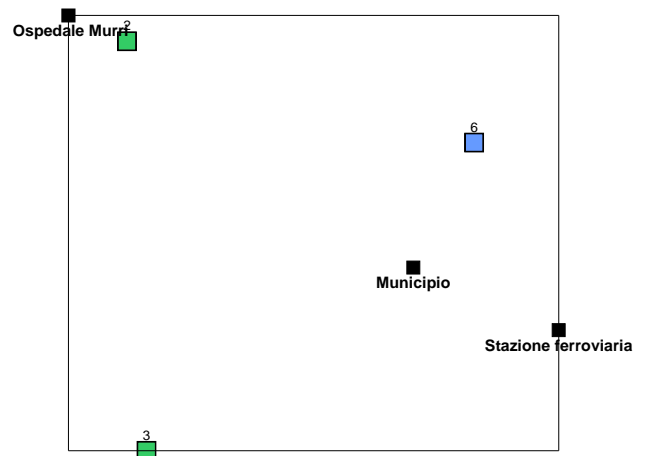
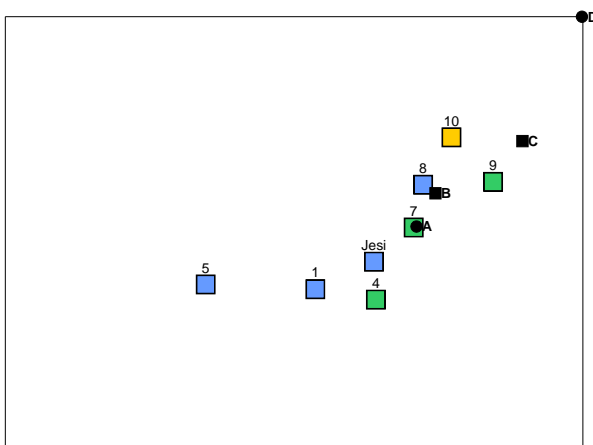
**Argento:**



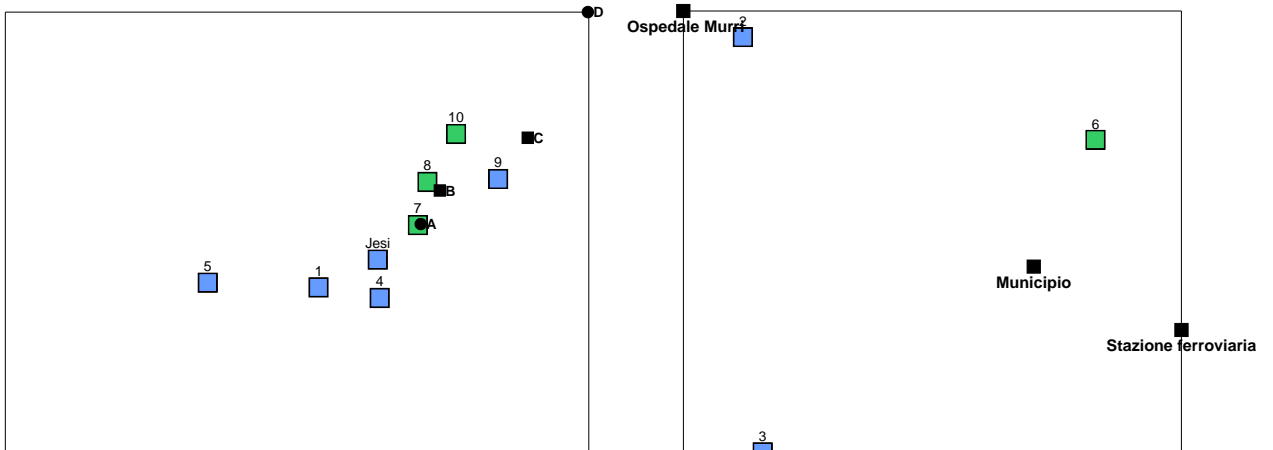
**Alluminio:**



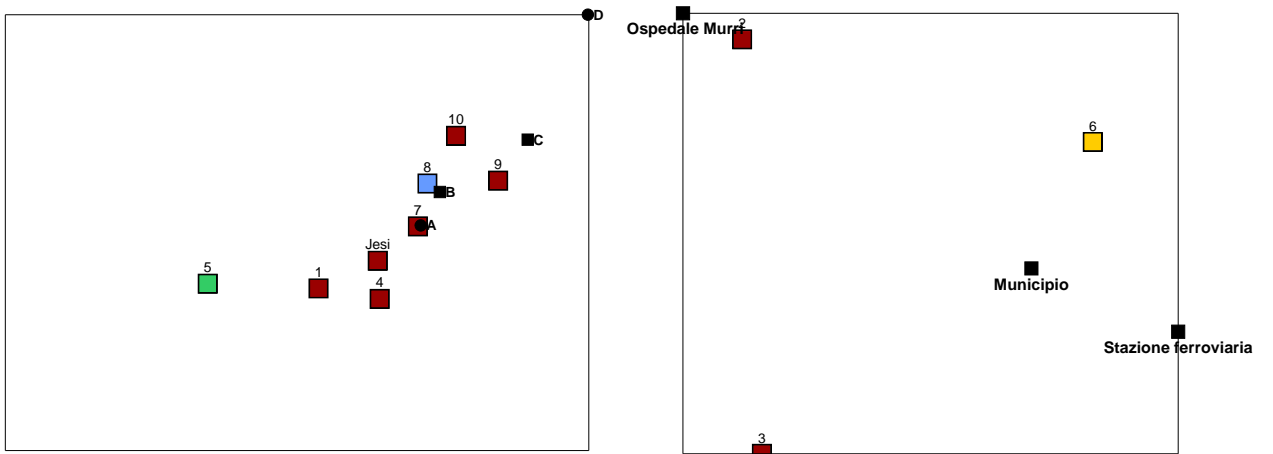
**Arsenico:**



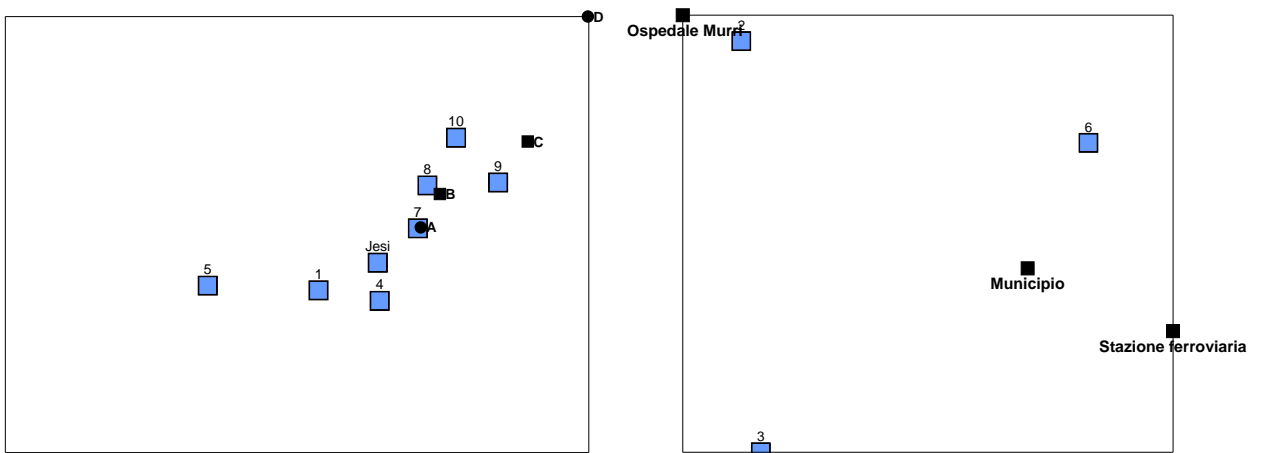
**Bario:**



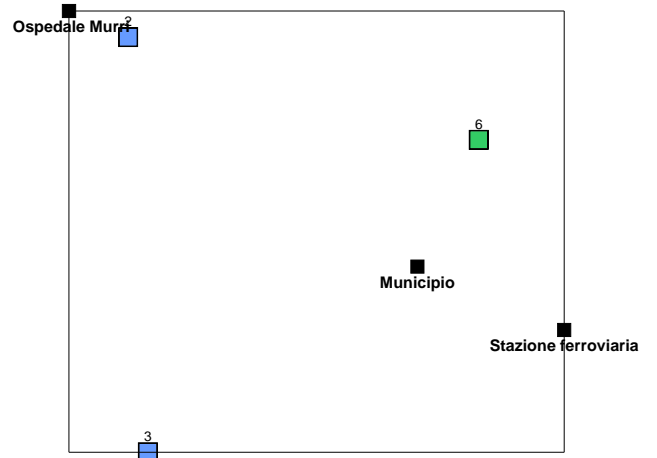
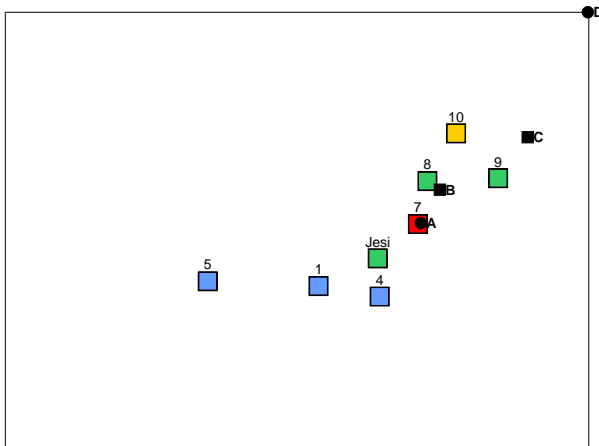
**Berillio:**



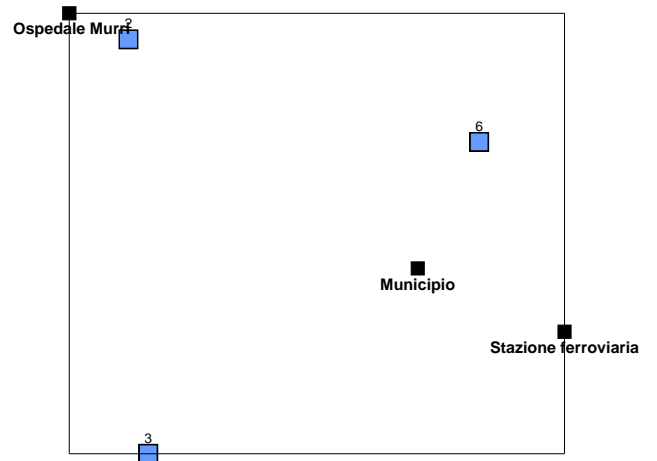
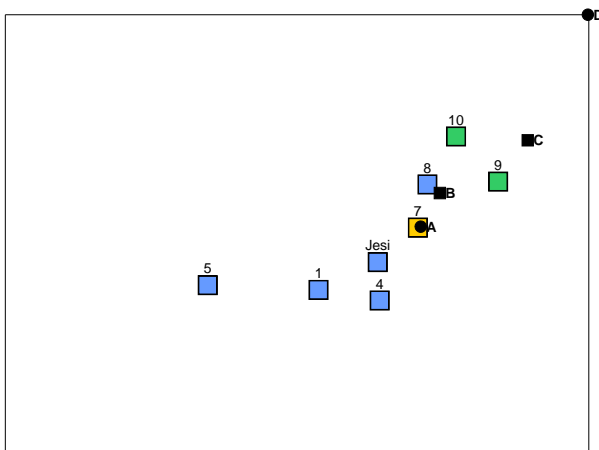
**Bismuto:**



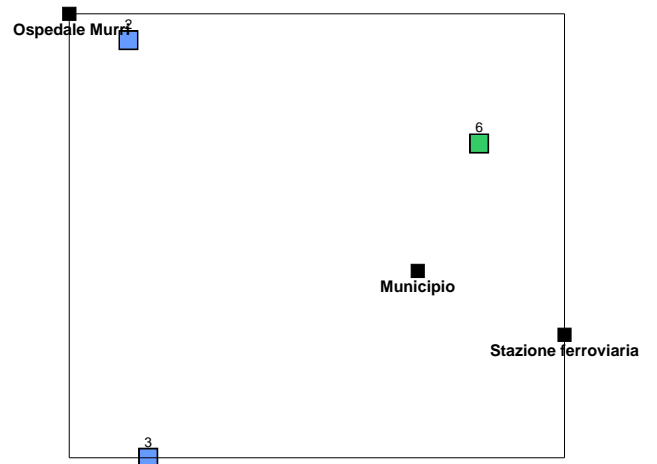
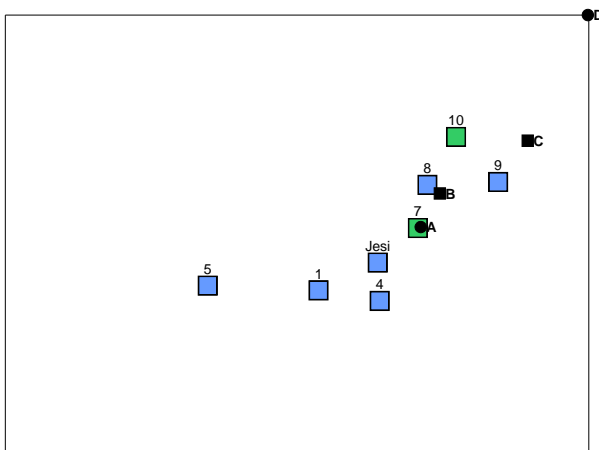
**Calcio:**



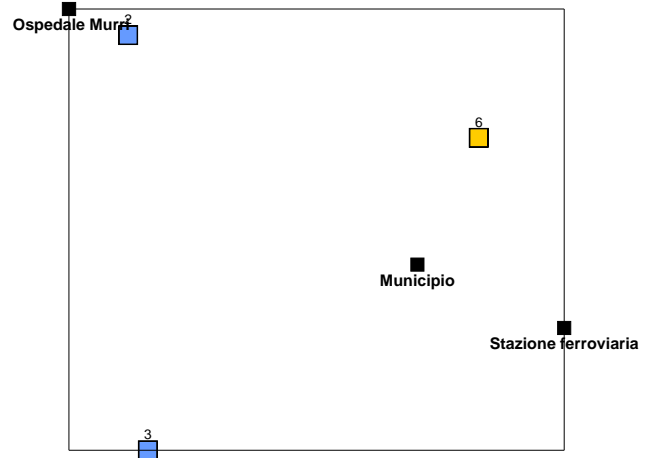
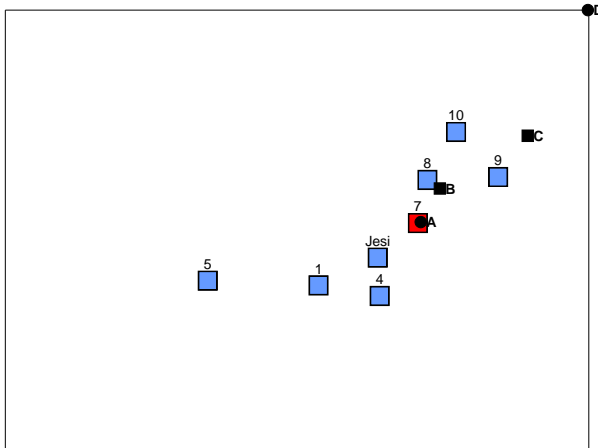
**Cadmio:**



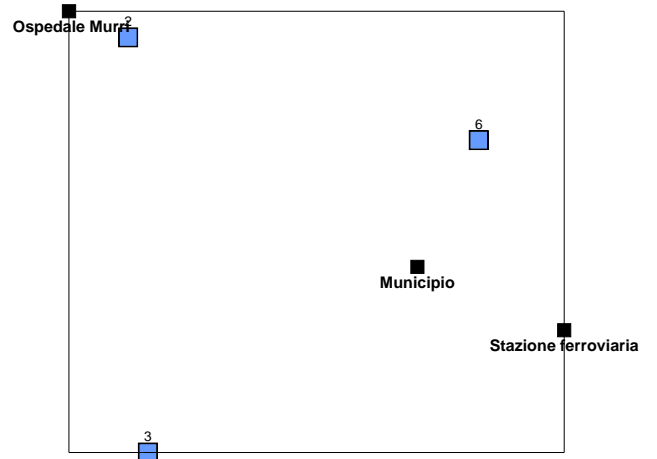
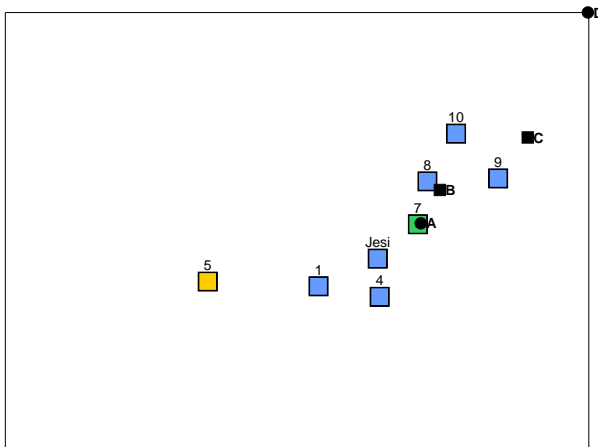
**Cobalto:**



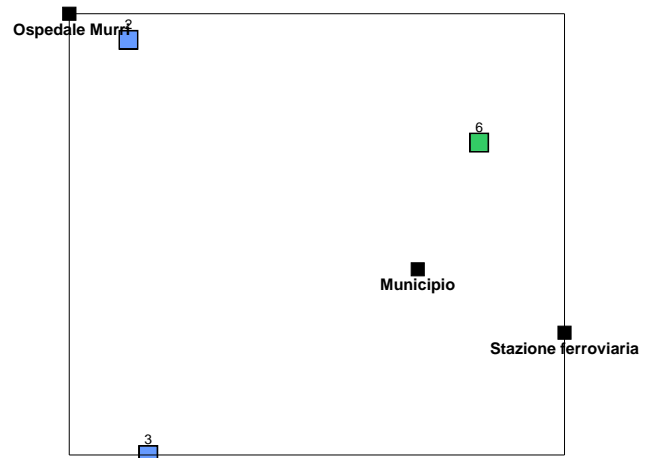
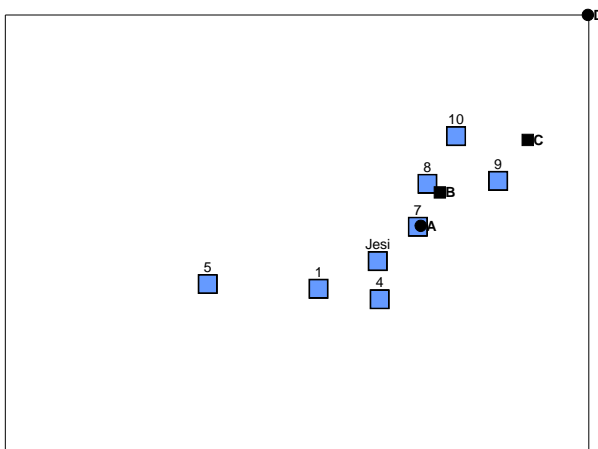
**Cromo:**



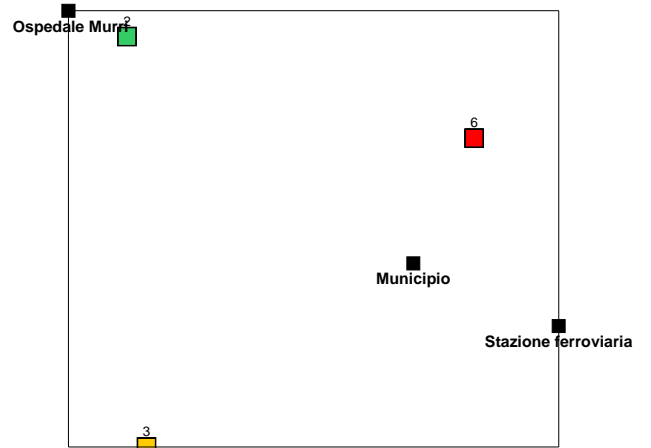
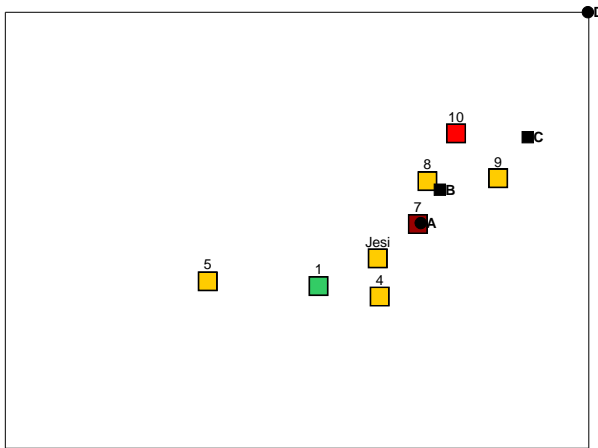
**Cesio:**



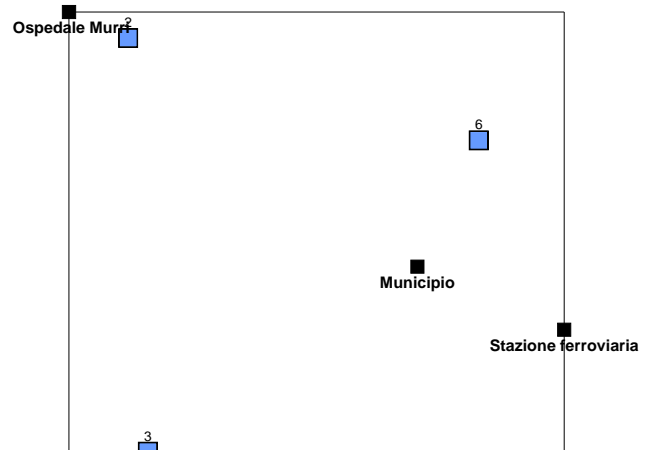
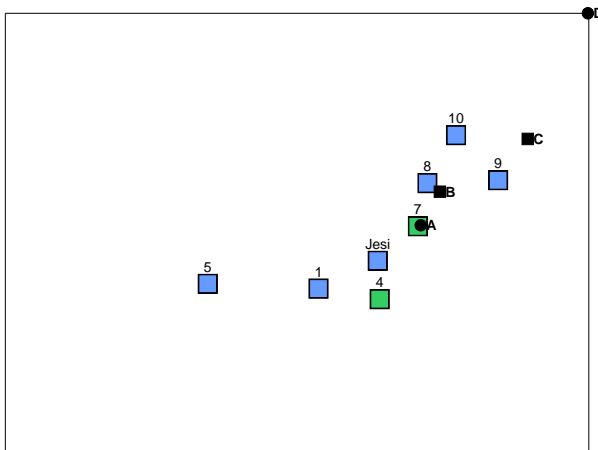
**Rame:**



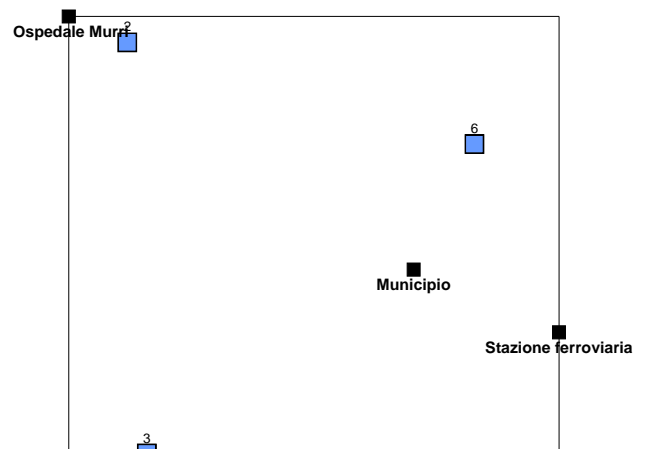
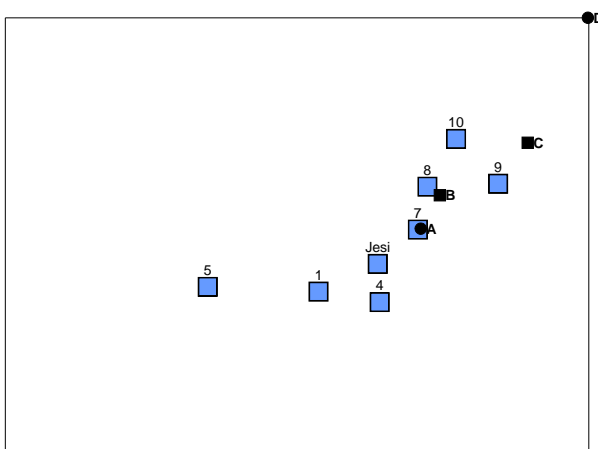
**Ferro:**



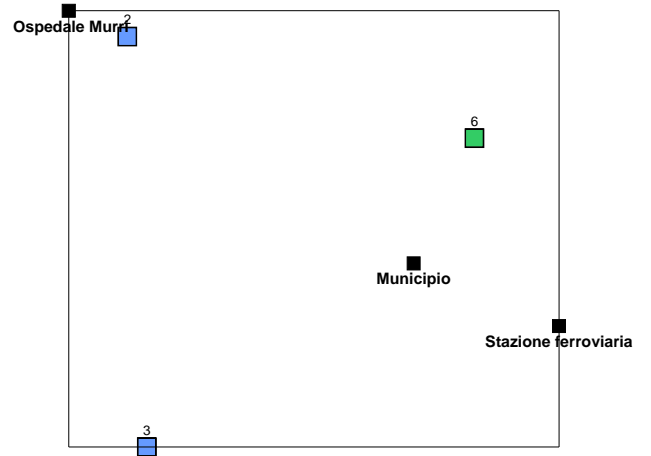
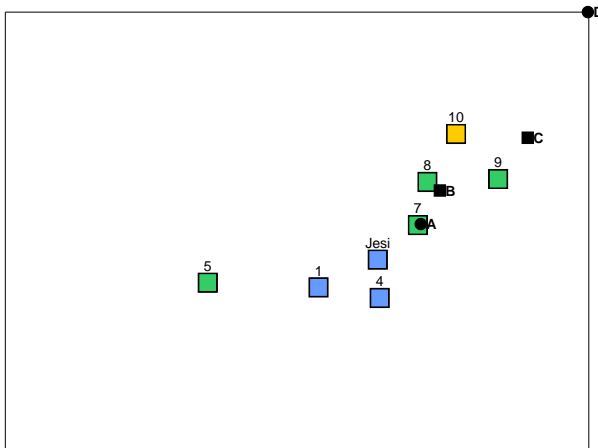
**Gallo:**



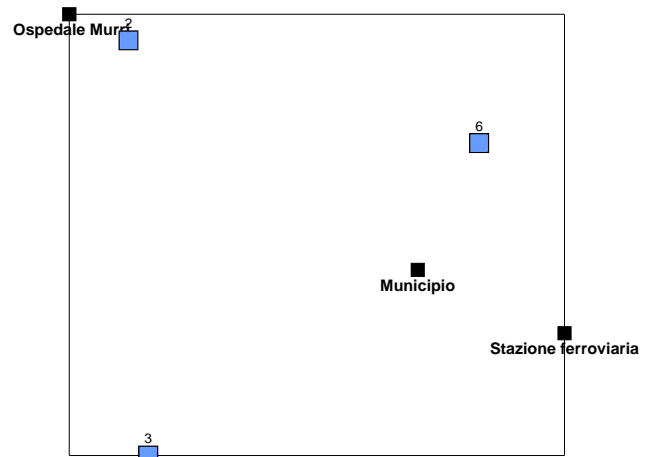
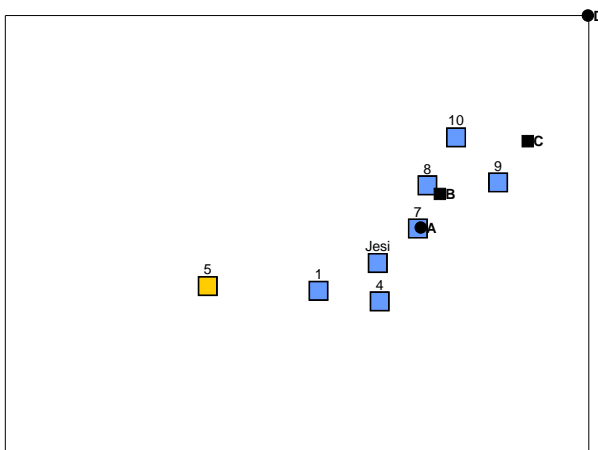
**Indio:**



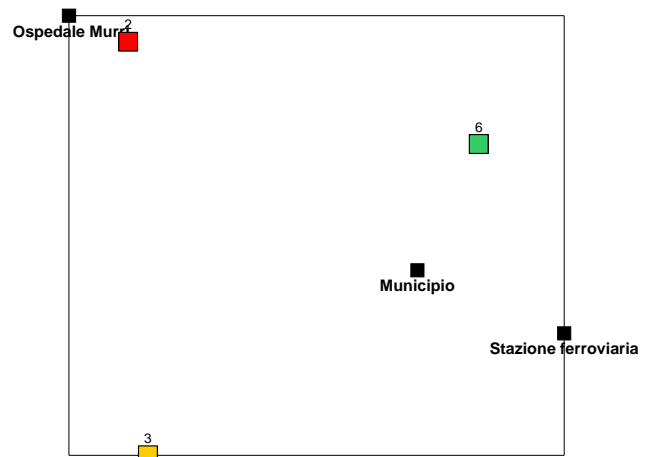
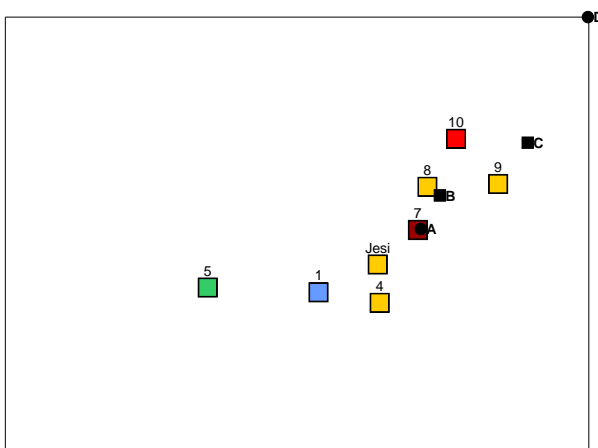
**Potassio:**



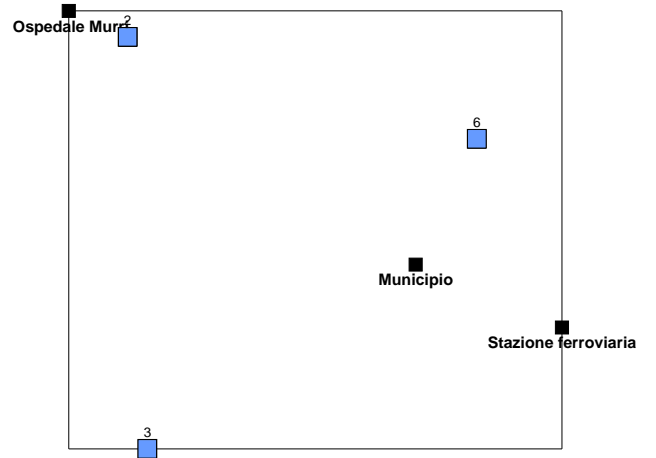
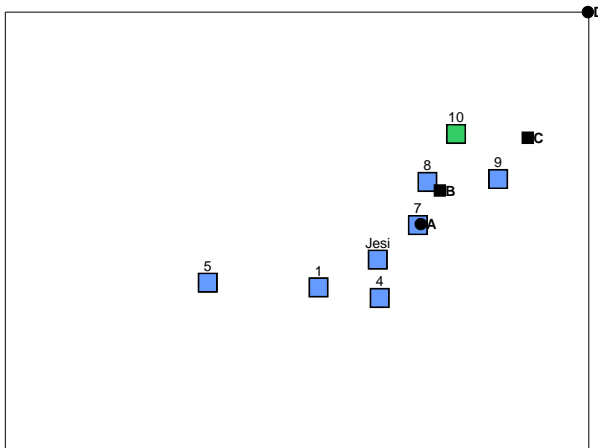
**Litio:**



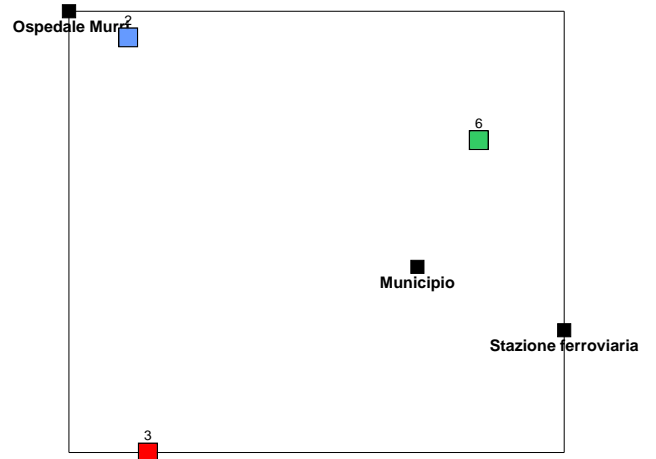
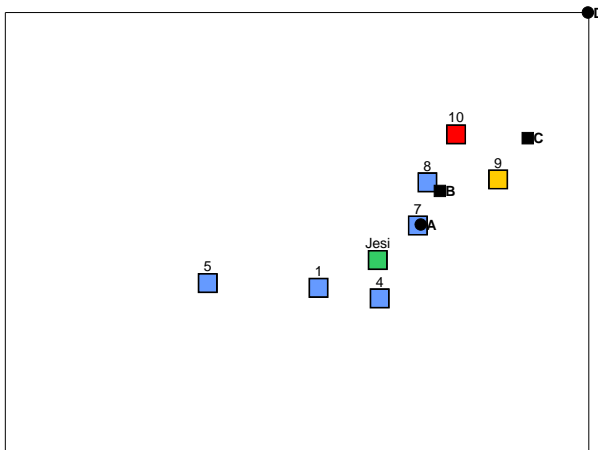
**Magnesio:**



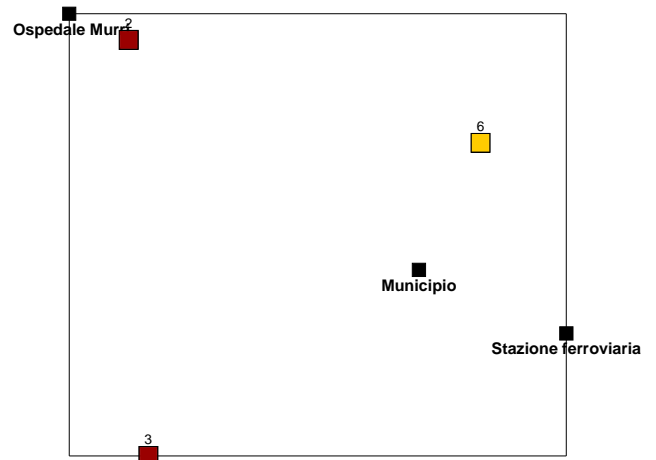
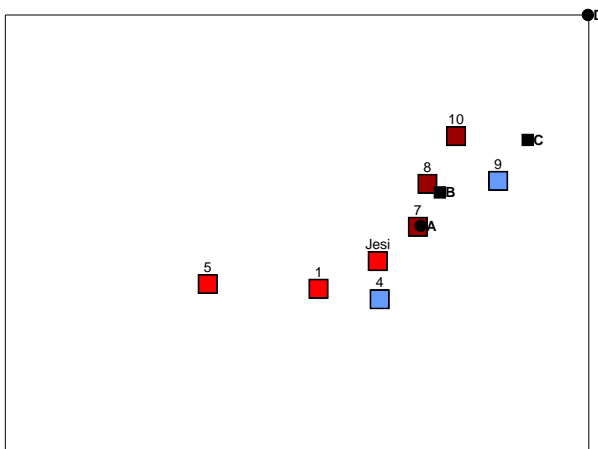
**Manganese:**



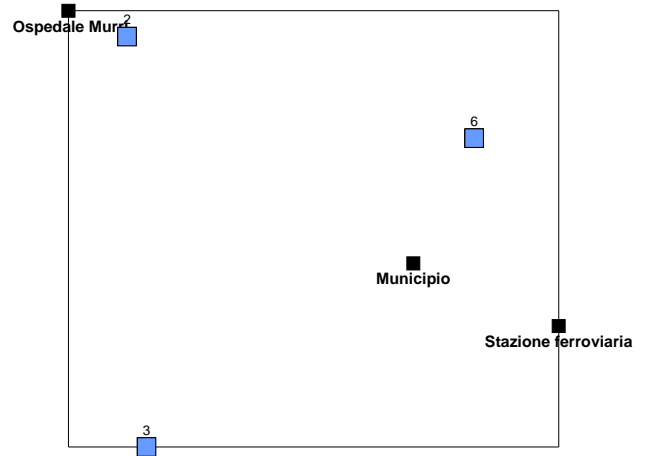
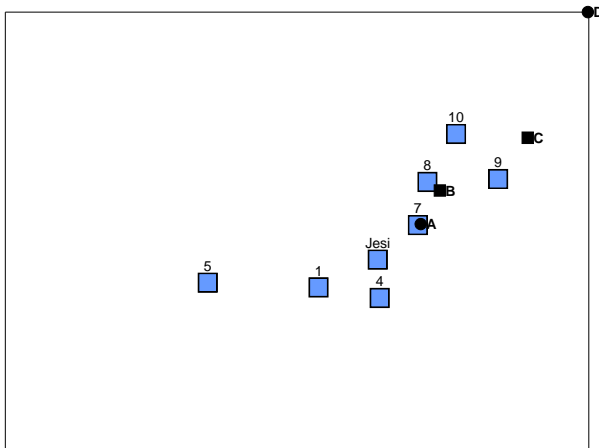
**Nichel:**



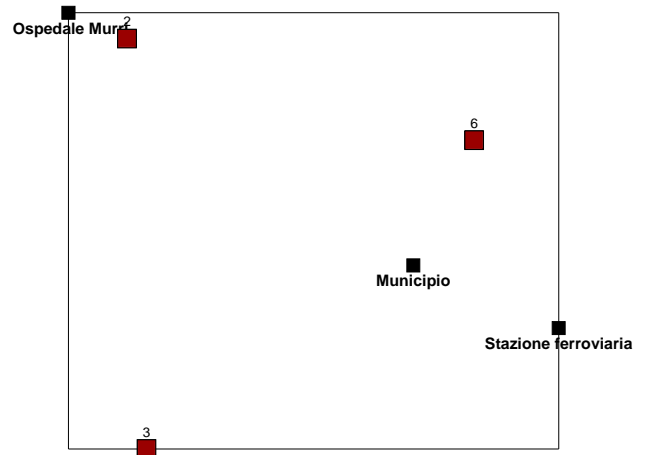
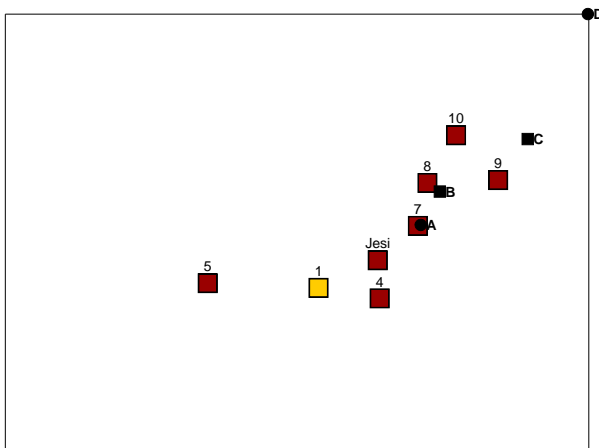
**Piombo:**



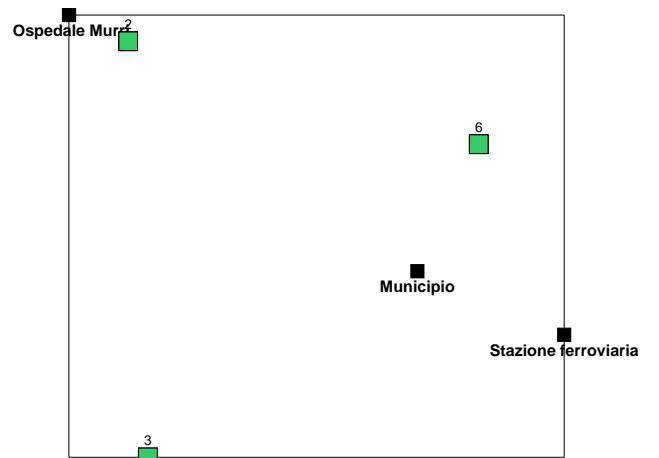
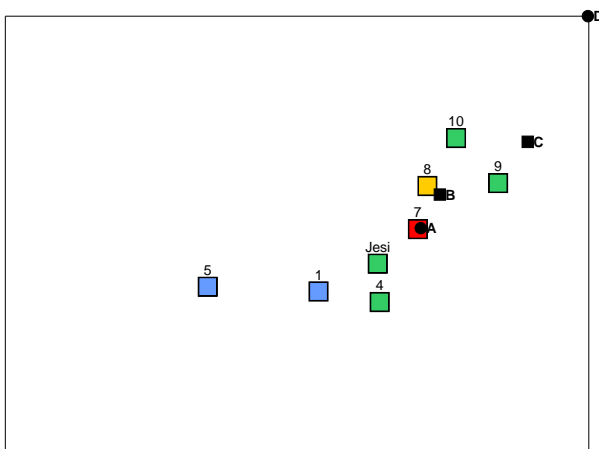
**Rubidio:**



**Selenio:**

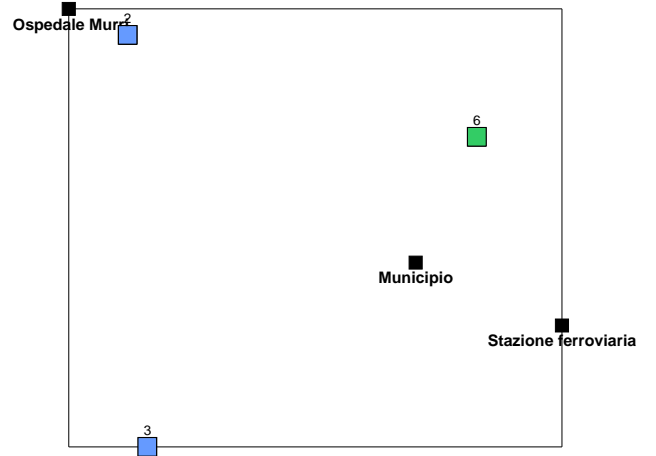
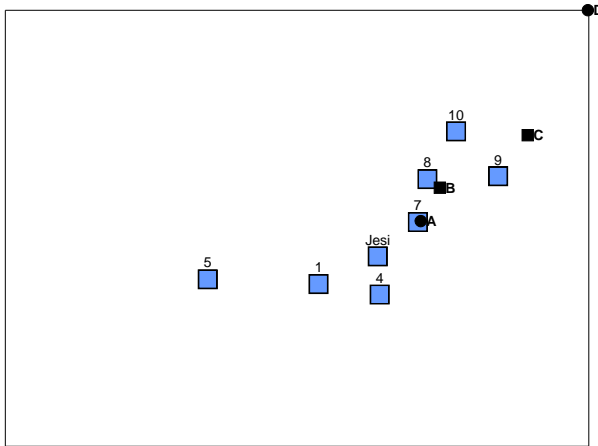


**Stronzio:**

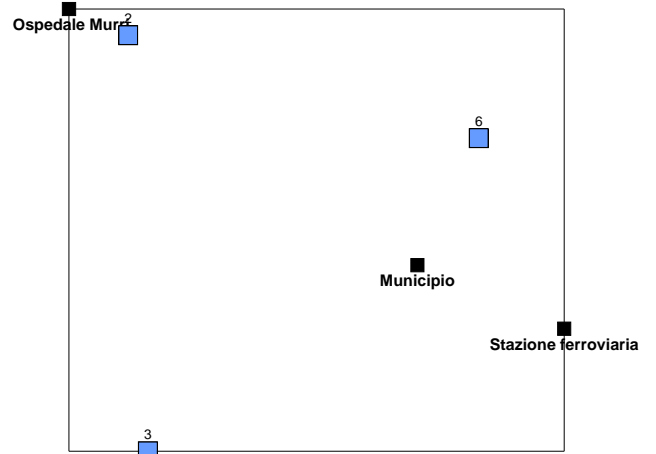
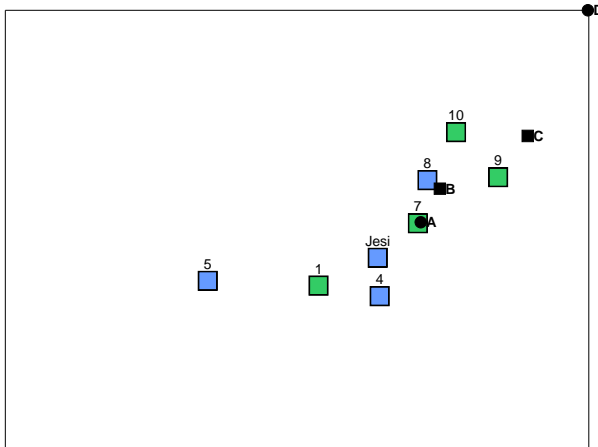




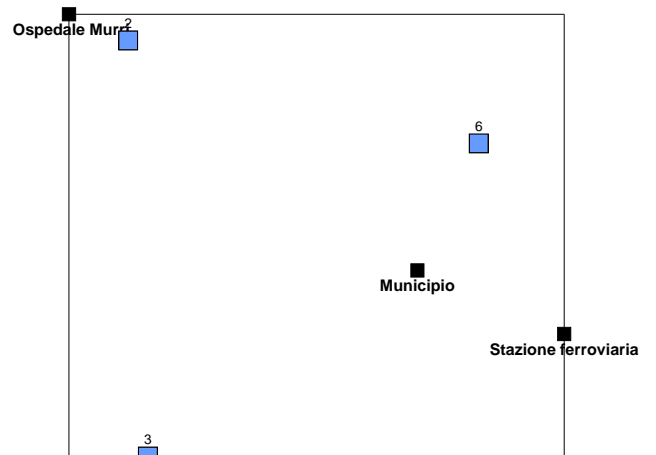
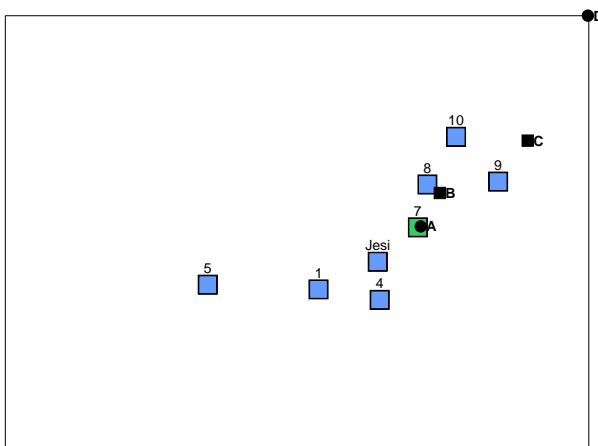
**Tallio:**



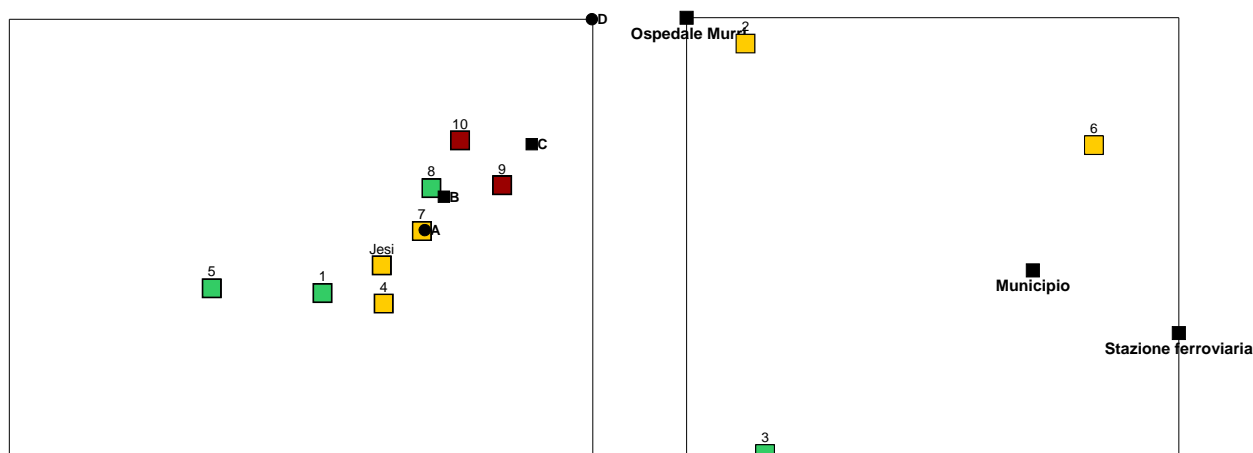
**Uranio:**



**Vanadio:**



## Zinco:



### 4.2.1 CONFRONTO CON L'INDAGINE DEL 2002

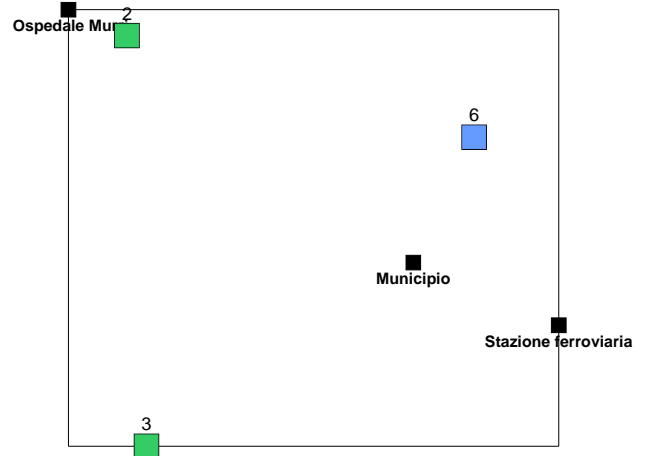
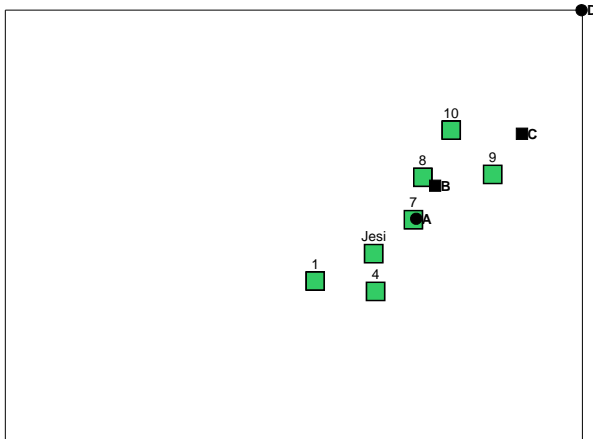
Di seguito, per ogni elemento in traccia analizzato, vengono riportate due carte, una per l'area di studio in generale e l'altra relativa al centro urbano di Jesi, che illustrano i cambiamenti registrati nelle concentrazioni di ogni metallo, rispetto allo studio di bioaccumulo dello scorso anno.

Il confronto è stato effettuato tenendo conto sia delle differenze statisticamente significative fra le concentrazioni degli elementi in traccia nel campione di controllo e nei campioni esposti, per entrambe le indagini, sia del valore di discostamento percentuale dal bianco, interpretato secondo la scala riportata in tabella 4.8. Non è stato possibile effettuare tale confronto per la stazione 5 (Jesi, Negromanti) a causa della mancanza dei dati relativi al 2002, dovuta alla potatura dell'albero sul quale era stata esposta la lichen-bag.

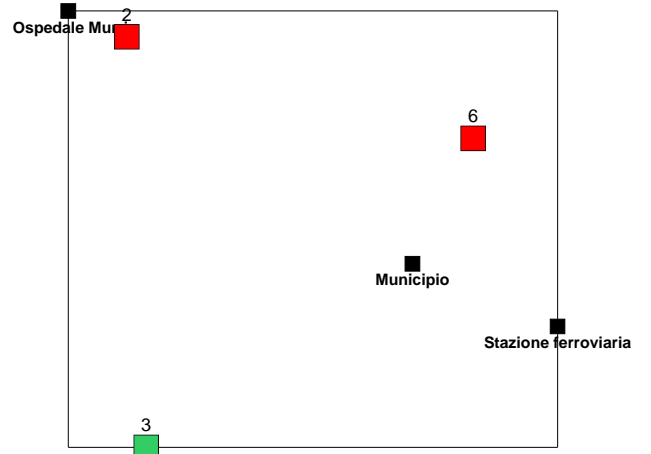
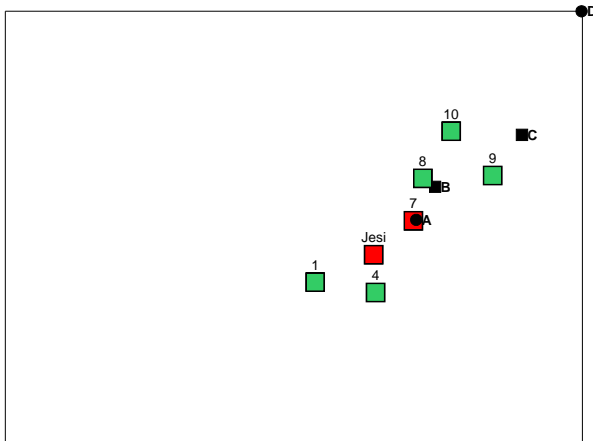
Per i riporti cartografici si rimanda alla tabella riportata di seguito:

situazione peggiorata =	■
situazione invariata =	■
situazione migliorata =	■

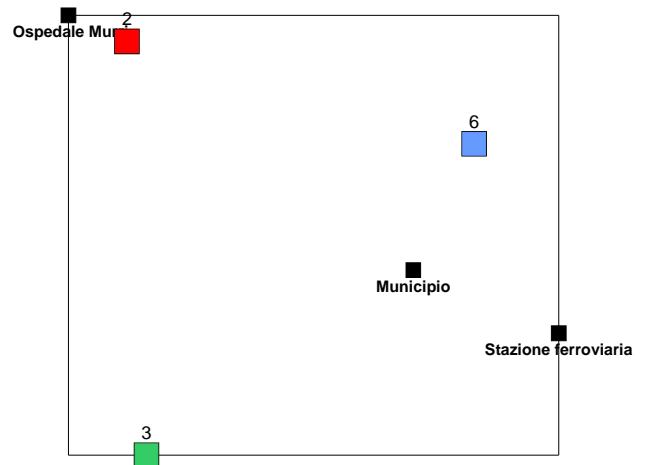
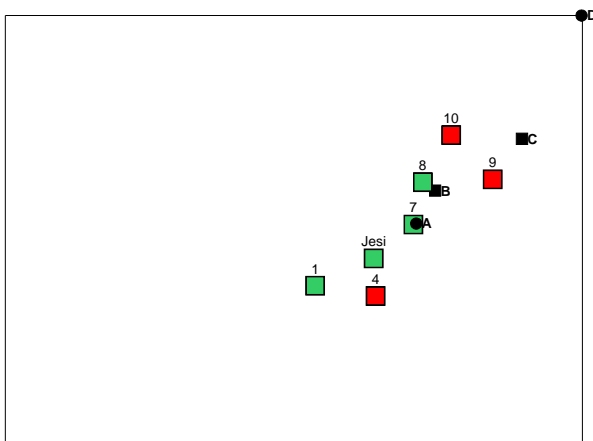
**Argento:**



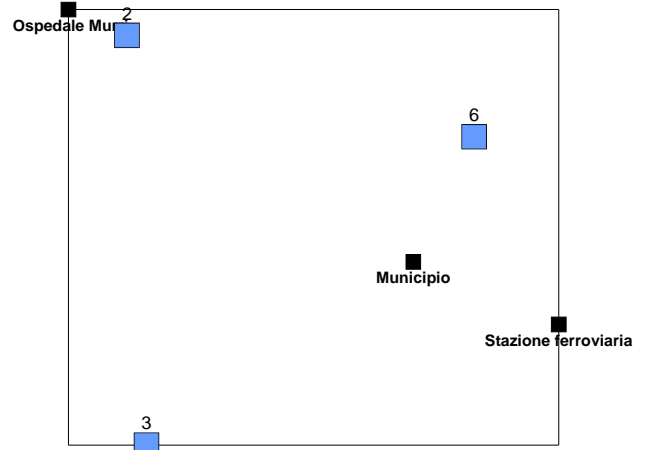
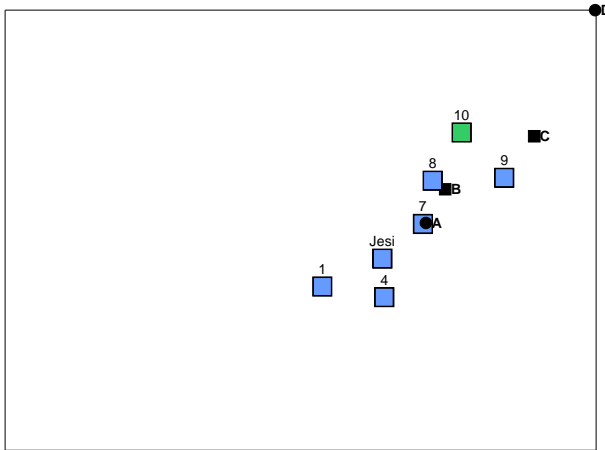
**Alluminio:**



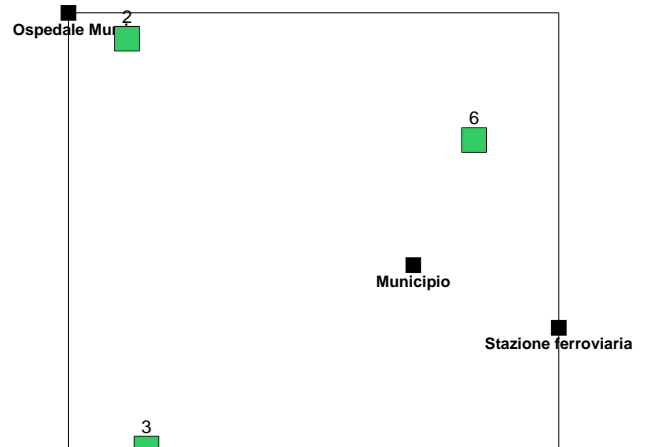
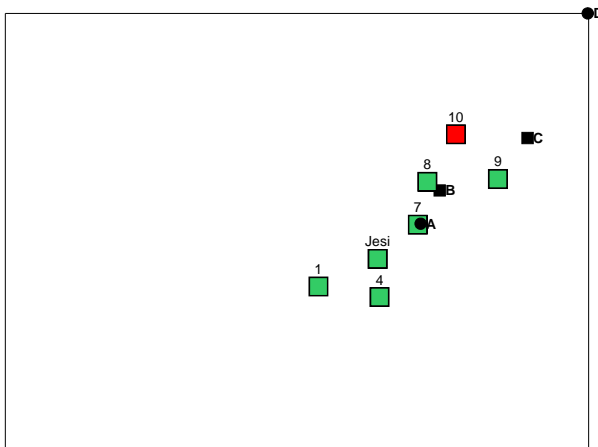
**Arsenico:**



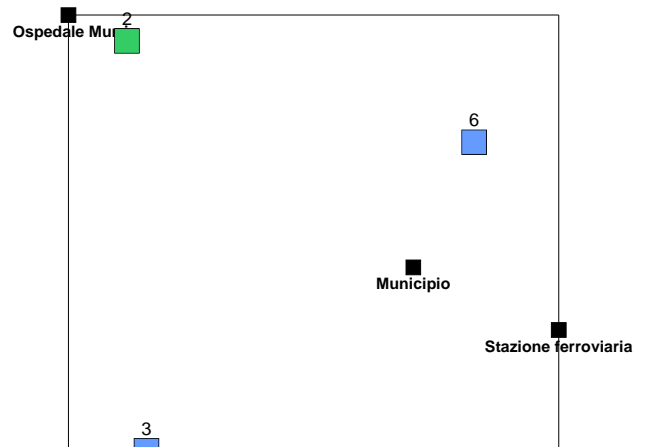
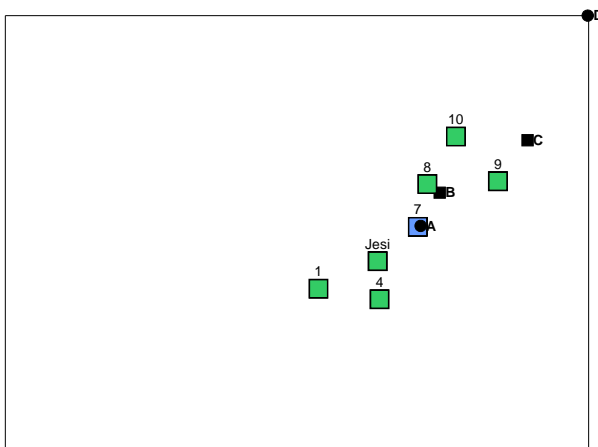
**Bario:**



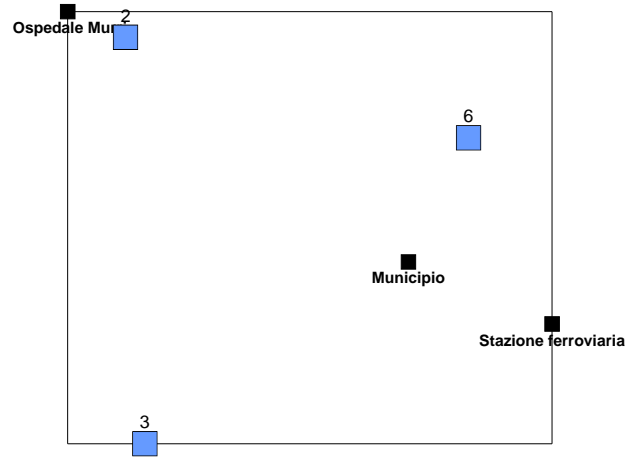
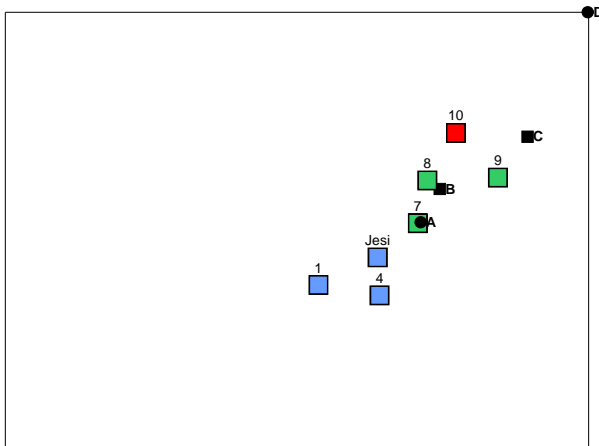
**Berillio:**



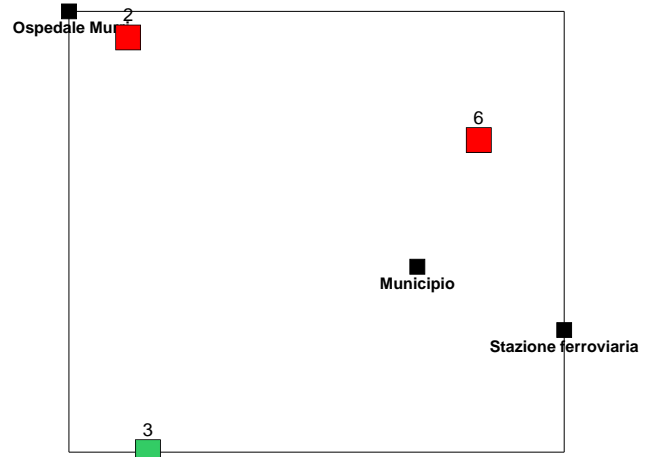
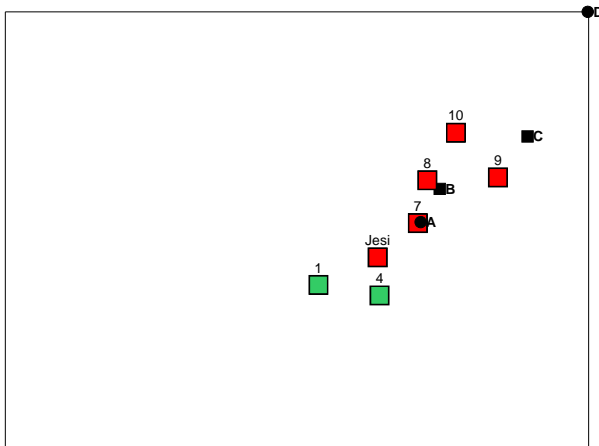
**Bismuto:**



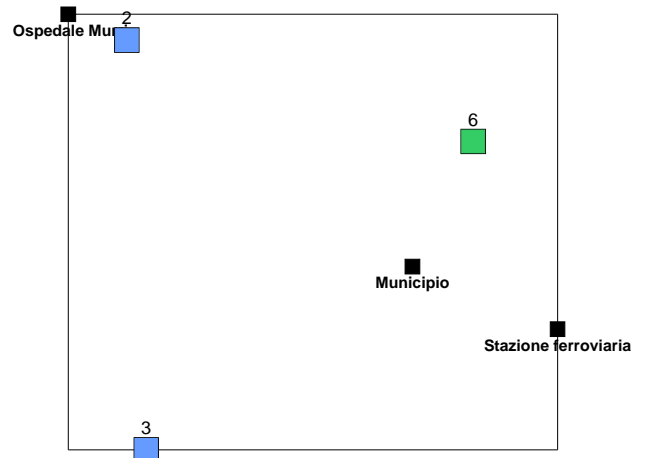
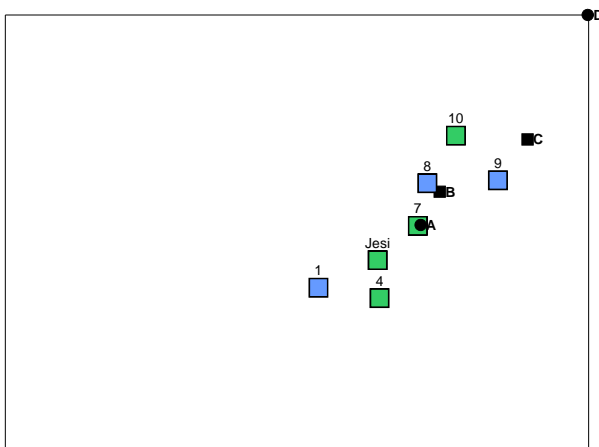
**Calcio:**



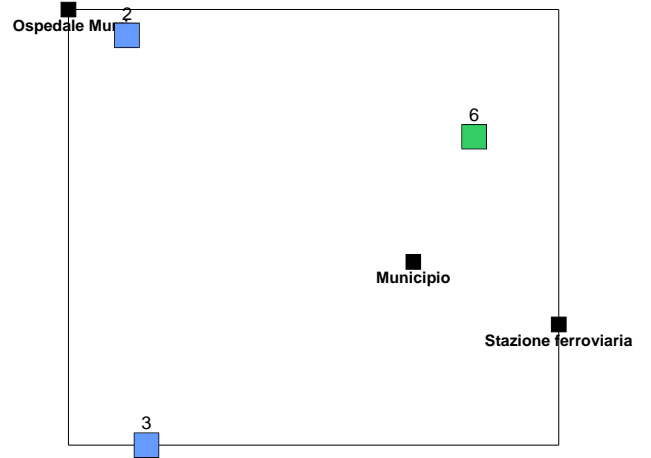
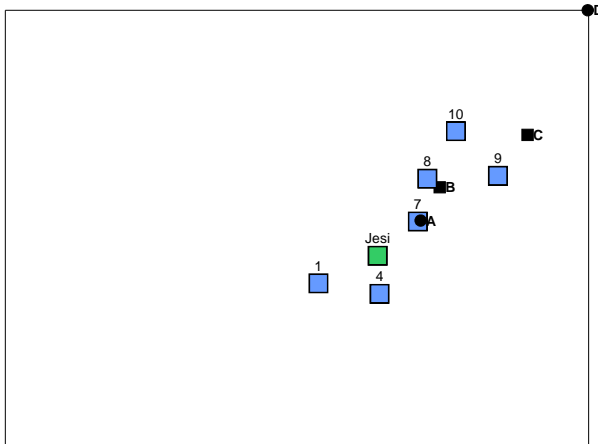
**Cadmio:**



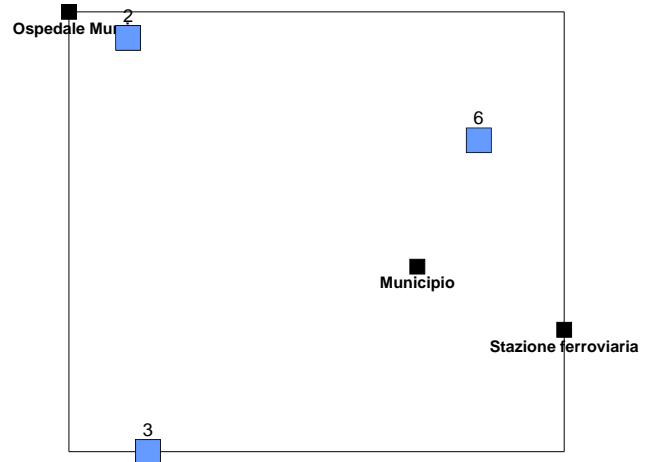
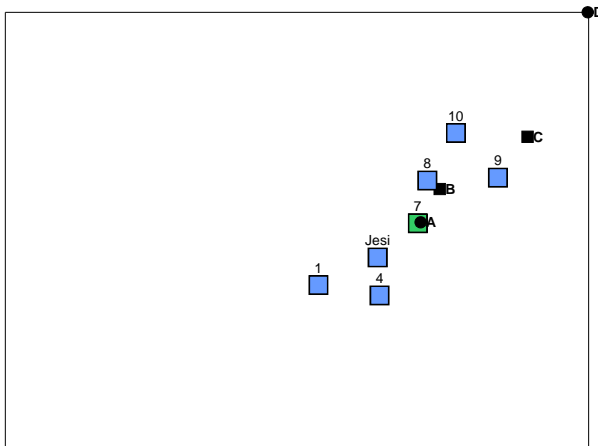
**Cobalto:**



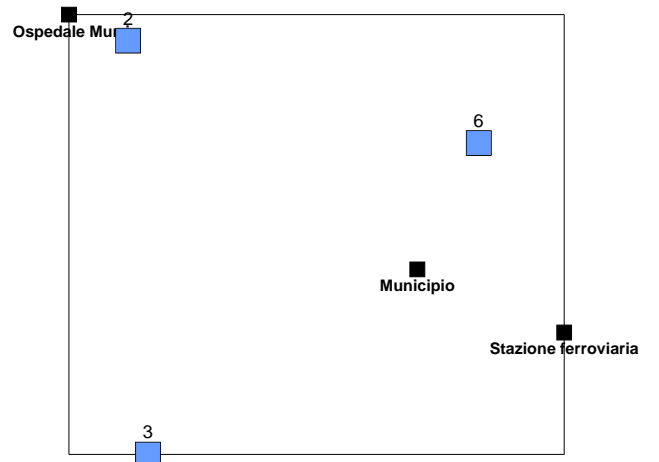
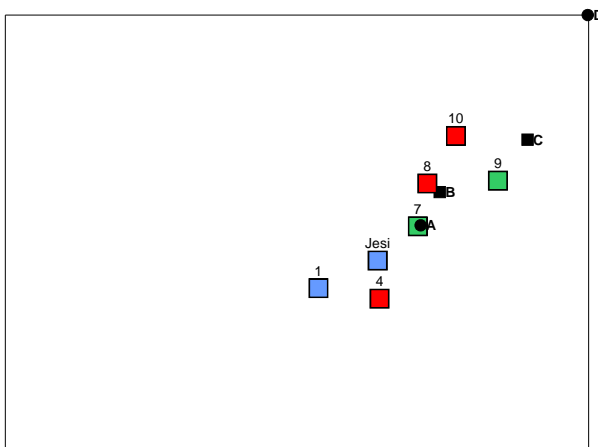
**Cromo:**



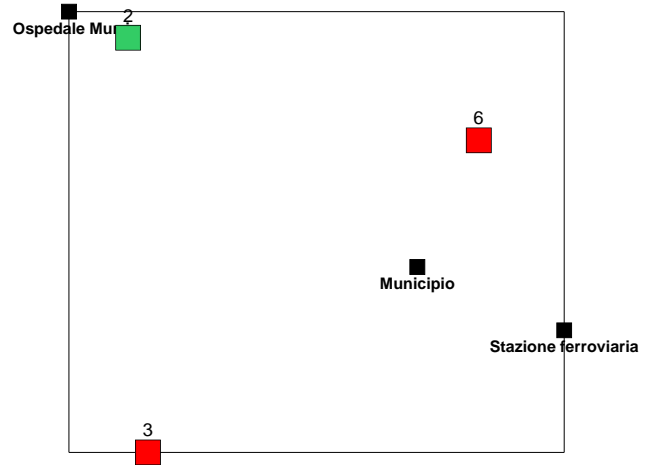
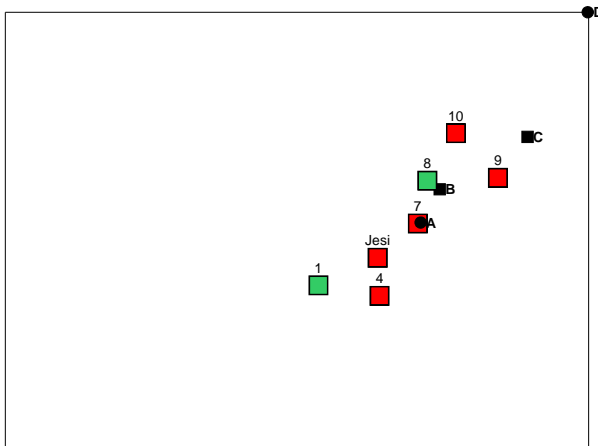
**Cesio:**



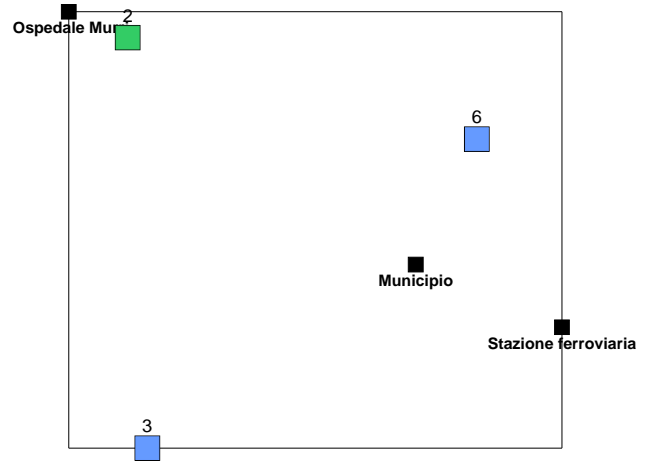
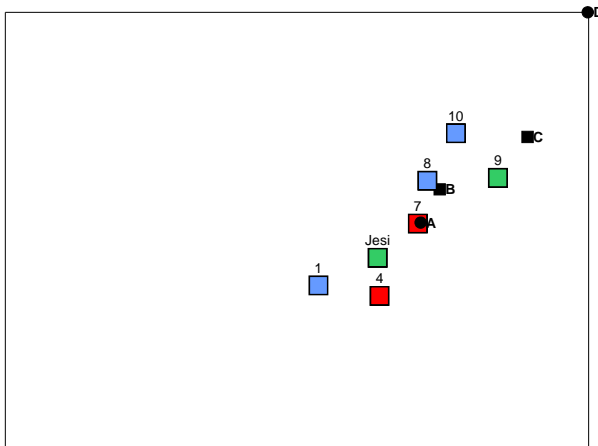
**Rame:**



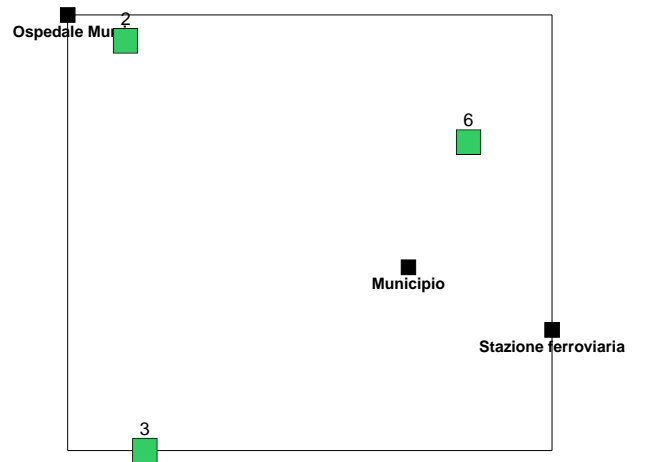
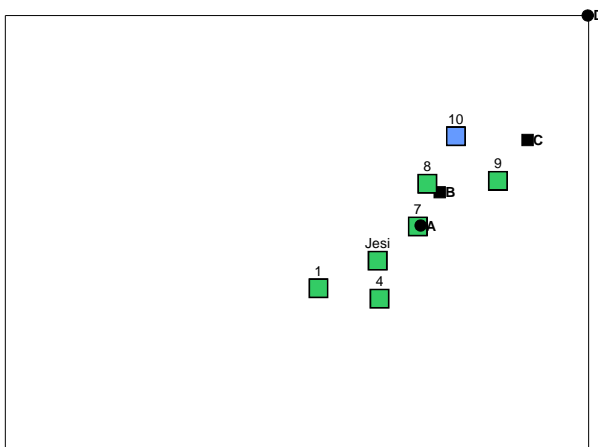
**Ferro:**



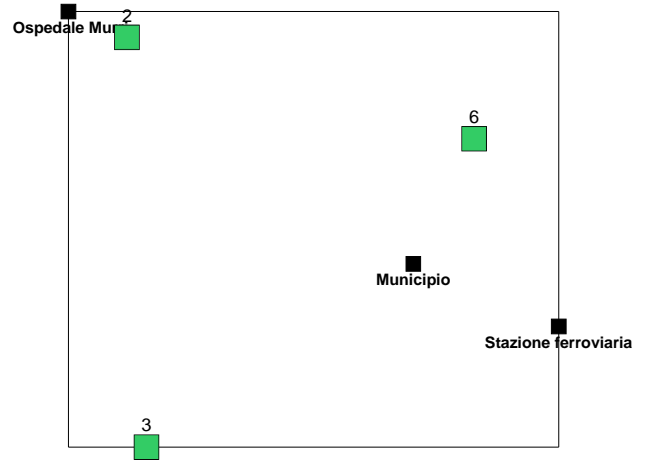
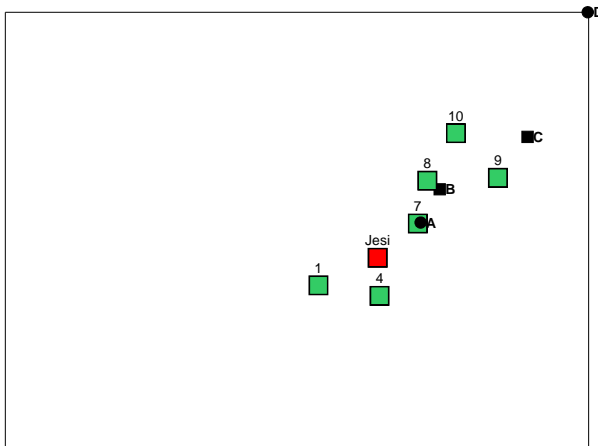
**Gallo:**



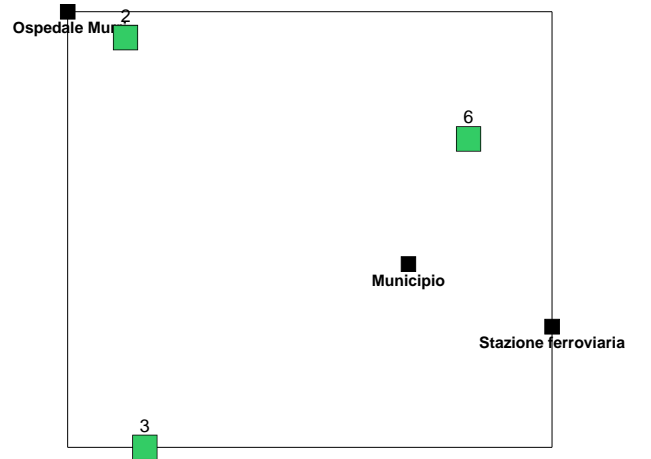
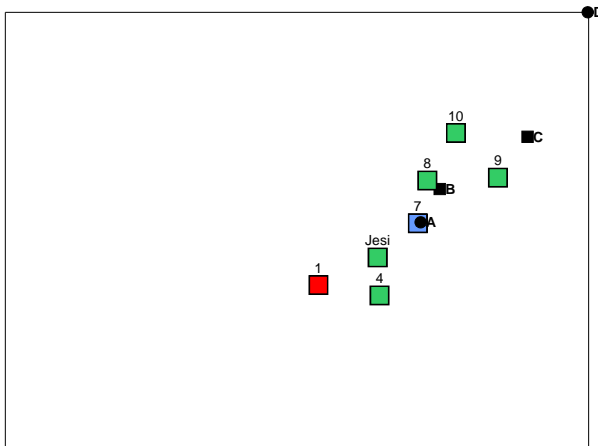
**Indio:**



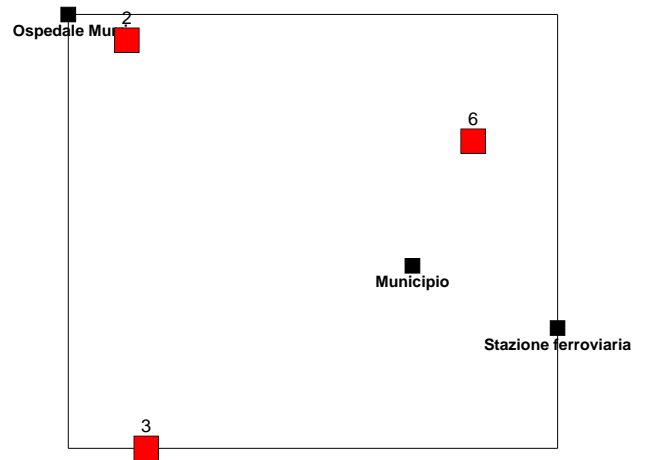
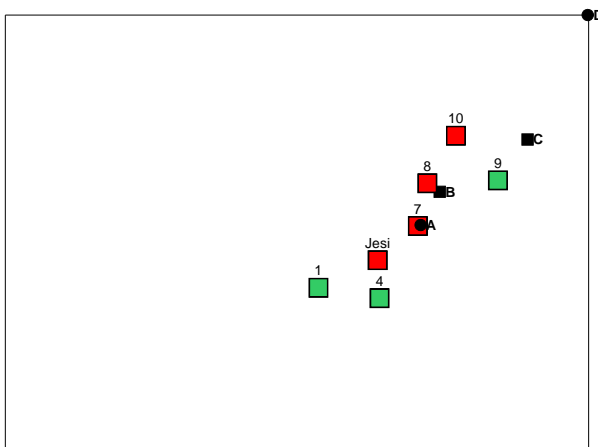
**Potassio:**



**Litio:**

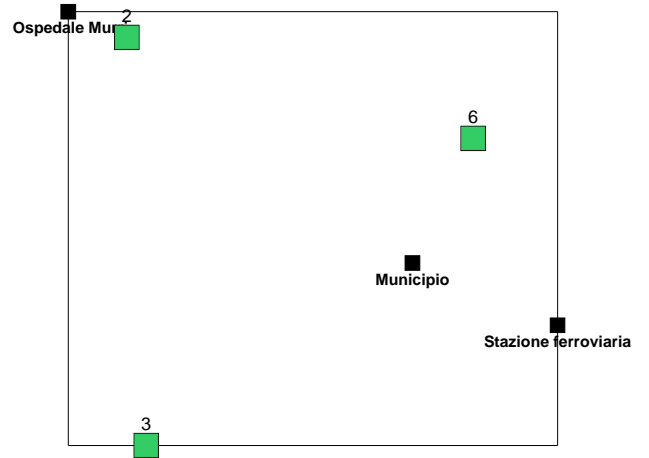
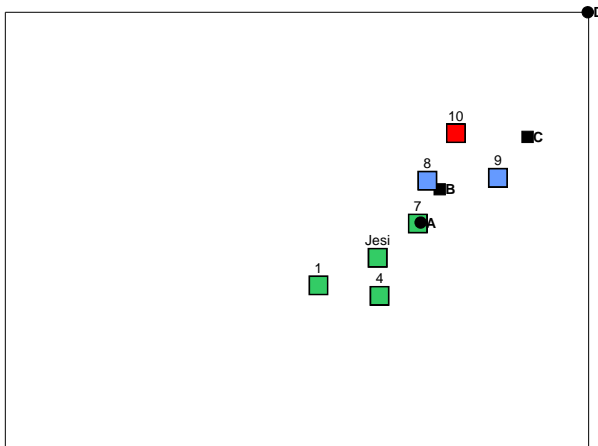


**Magnesio:**

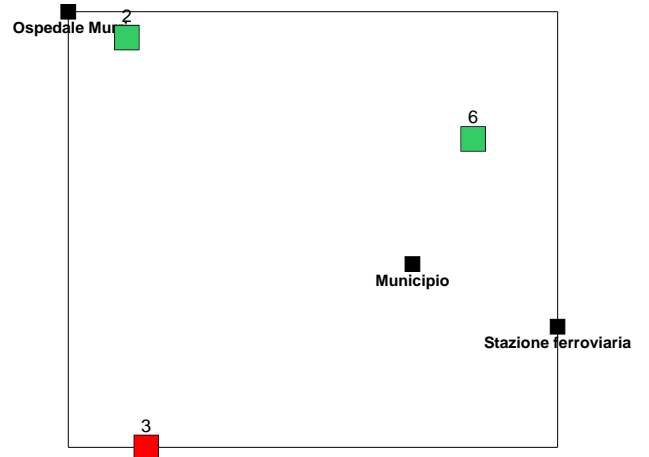
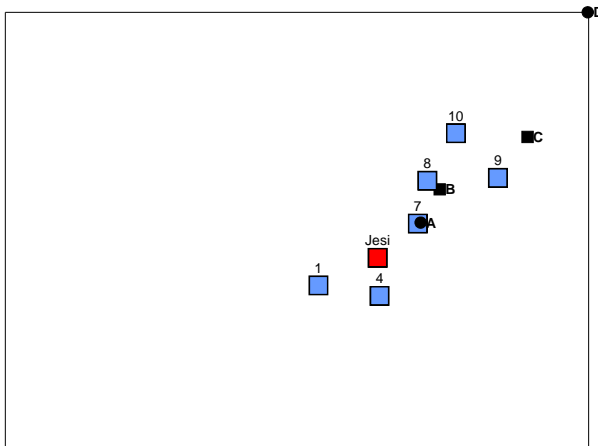




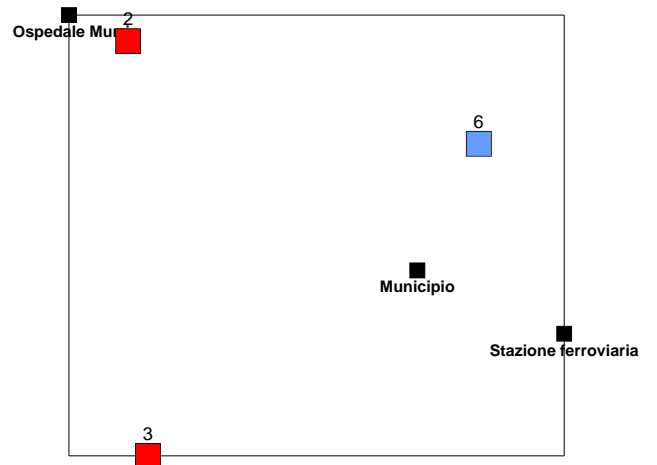
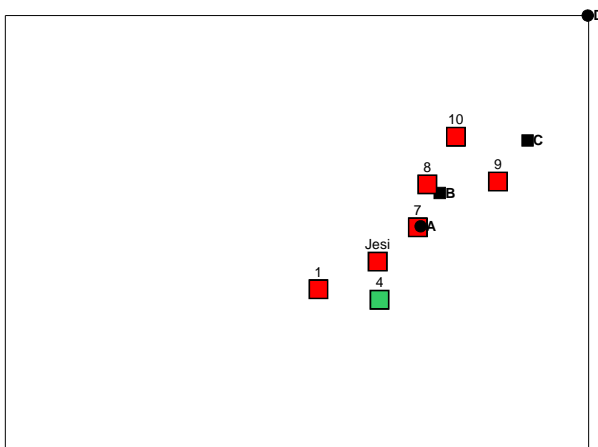
**Manganese:**



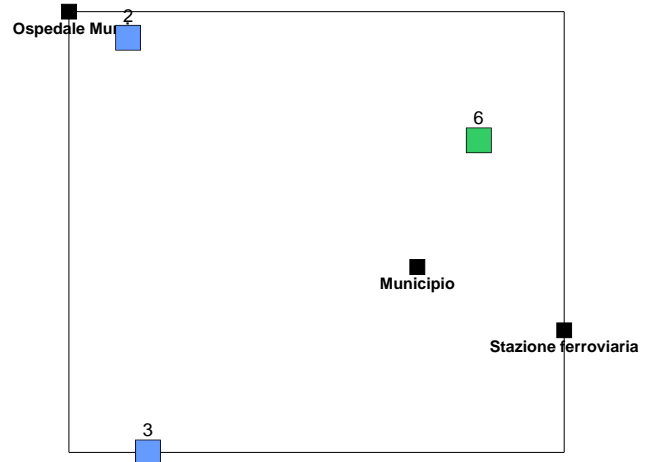
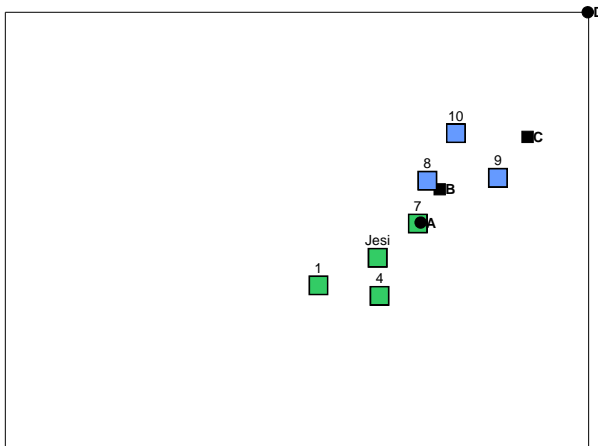
**Nichel:**



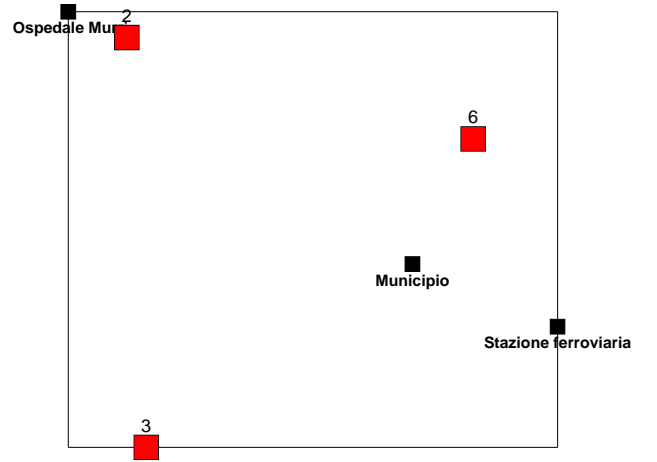
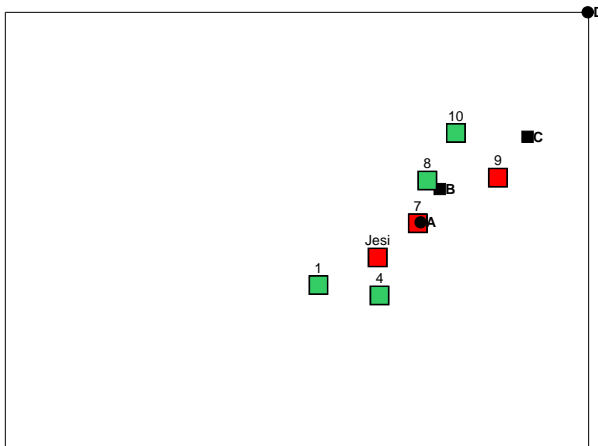
**Piombo:**



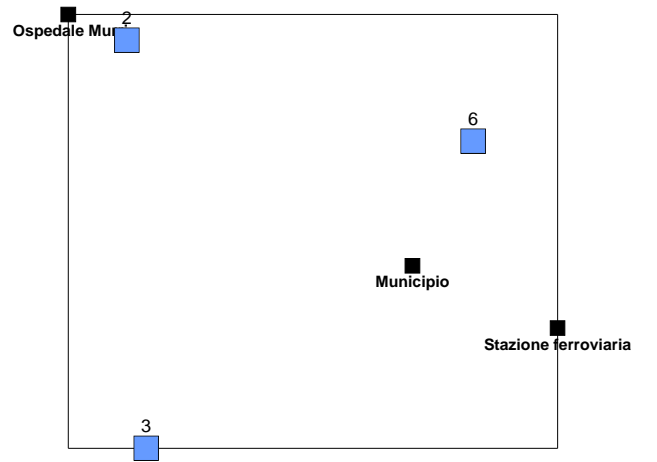
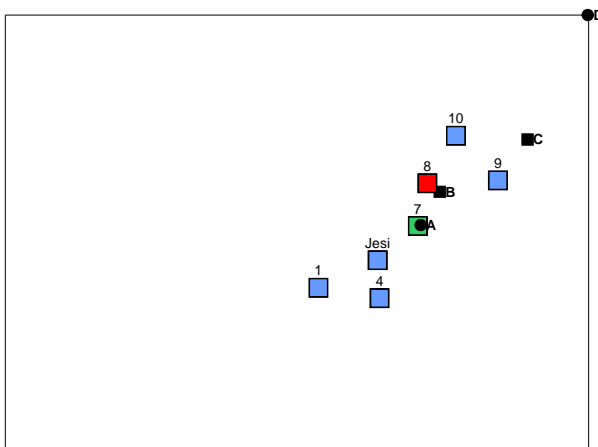
**Rubidio:**



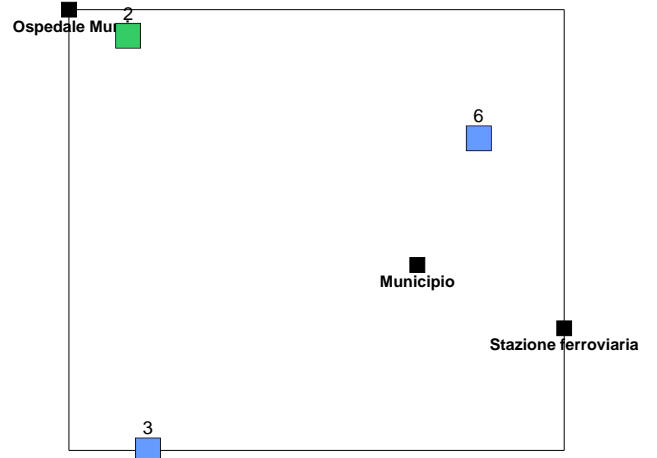
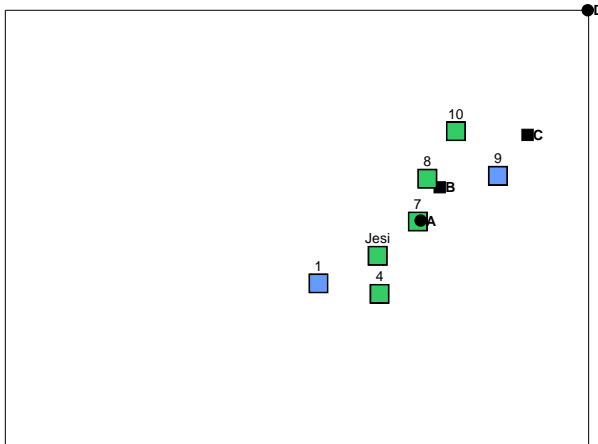
**Selenio:**



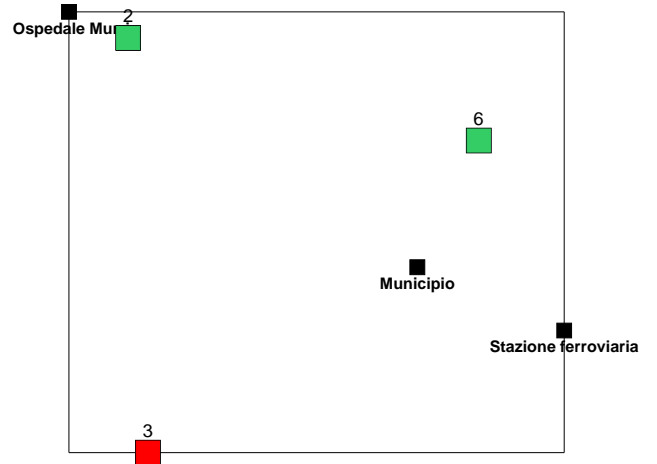
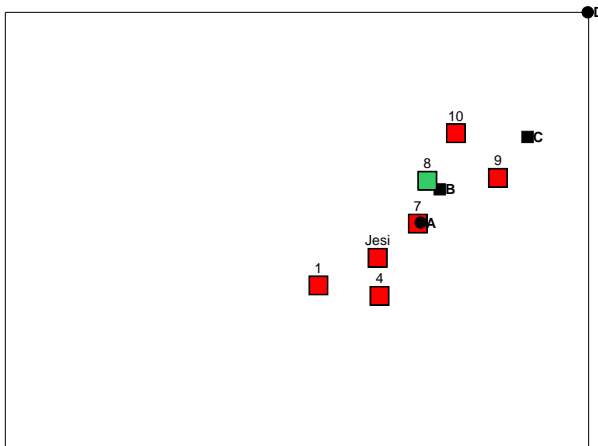
**Stronzio:**



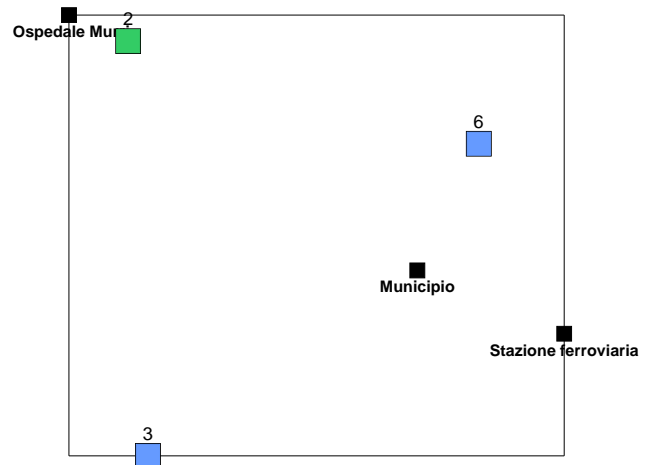
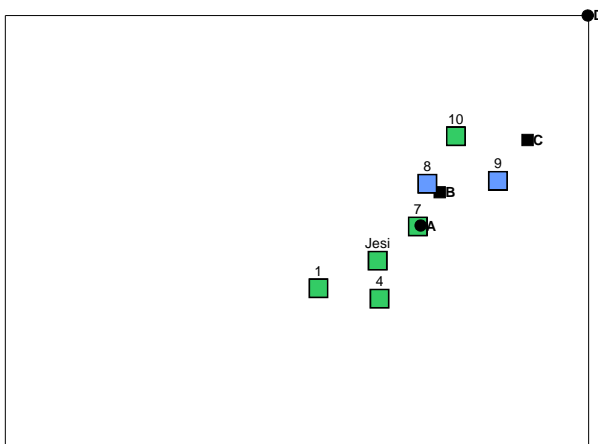
**Tallio:**



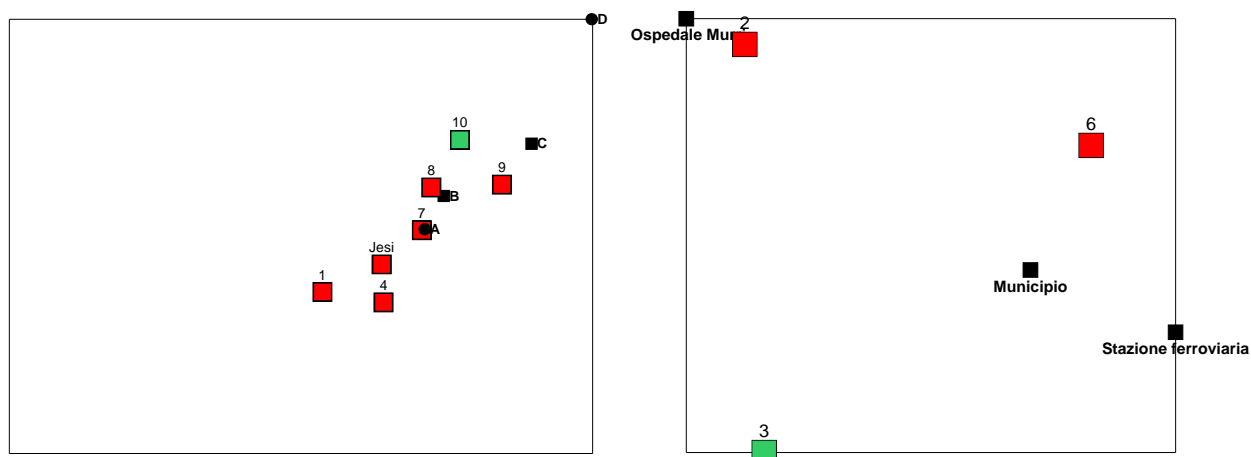
**Uranio:**



**Vanadio:**



## Zinco:



### 4.2.2 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, Cd 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, da parte di tali elementi, si rimanda alla relazione del 2002.

**Alluminio** – Rispetto all'indagine del 2002, in tutte le stazioni monitorate, le differenze fra concentrazioni di alluminio misurate nei talli di *Evernia prunastri* trapiantati e quelle misurate nel campione di controllo sono risultate statisticamente positive. Per tutte le stazioni, comunque, il valore di discostamento percentuale è risultato inferiore al 25%, ad eccezione che per la stazione 7, dove il valore registrato è di 27,8. Nella maggior parte delle stazioni, la situazione ambientale relativa a tale elemento è risultata invariata rispetto all'indagine precedente. Soltanto per le stazioni 7, 2 e 6 è stato registrato un peggioramento, se pur lieve. In generale, quindi, nell'area di studio, non è stata registrata alcuna importante contaminazione da alluminio.

	<b>VD% 2003</b>	<b>VD% 2002</b>
<b>Ag</b>	-46,1	7,8
<b>Al</b>	11,0	-1,8
<b>As</b>	28,5	17,4
<b>Ba</b>	19,3	60,1
<b>Be</b>	224,6	4,2
<b>Bi</b>	-26,7	-0,7
<b>Ca</b>	34,6	65,4
<b>Cd</b>	18,0	-0,2
<b>Co</b>	16,5	49,3
<b>Cr</b>	4,9	48,5
<b>Cs</b>	2,2	55,6
<b>Cu</b>	17,6	18,5
<b>Fe</b>	67,4	37,1
<b>Ga</b>	15,1	18,5
<b>In</b>	-100,0	-17,8
<b>K</b>	25,2	-9,6
<b>Li</b>	18,7	-58,2
<b>Mg</b>	63,5	35,8
<b>Mn</b>	0,3	12,1
<b>Ni</b>	30,4	487,7
<b>Pb</b>	109,8	78,9
<b>Rb</b>	-8,6	30,0
<b>Se</b>	235,4	32,8
<b>Sr</b>	37,0	420,1
<b>Tl</b>	-0,5	67,9
<b>U</b>	21,5	15,5
<b>V</b>	16,4	3,4
<b>Zn</b>	62,6	25,7

**Tab. 4.10** – Valori medi di deviazione percentuale rispetto al controllo (VD%) relativi agli elementi in traccia analizzati per le indagini del 2002 e del 2003.

**Arsenico** – Per le stazioni 1 e 6 non sono state registrate differenze statisticamente significative nella concentrazione di As rispetto al campione di controllo. Il valore più alto di discostamento percentuale è stato misurato nella stazione 10 (52,2). Per le altre stazioni, tale valore è inferiore a 50. Per quanto riguarda il confronto con l'indagine del 2002, per le stazioni 2, 4, 9 e 10 è stato registrato un peggioramento, mentre per la stazione 6 un leggero miglioramento. Le altre stazioni mostrano una situazione ambientale simile a quella dello scorso anno. In generale, il valore medio di discostamento percentuale dal controllo nell'area di studio è di 28,5 (Tab. 4.10) ed indica una condizione ambientale per questo elemento piuttosto buona.

**Bario** – I valori di discostamento percentuale, per le stazioni con differenze statisticamente significative rispetto al controllo (1, 3, 6, 7, 8, 9 e 10), sono tutti inferiori a 50. Il confronto con l'indagine del 2002 mostra un generale miglioramento, più marcato per le stazioni 6 e 7, che lo scorso anno mostravano valori di discostamento percentuale piuttosto elevati. Il basso valore di discostamento medio (19,3) indica una contaminazione ambientale da bario piuttosto contenuta (Tab. 4.10).

**Berillio** – Le differenze fra le concentrazioni di tale elemento misurate nei talli di *Evernia prunastri* trapiantati e quelle misurate nel campione di controllo non sono risultate statisticamente significative ad eccezione che per la stazione 10, dove è stato registrato un valore di discostamento percentuale di 708. In generale, le condizioni ambientali nell'area di studio per questo elemento appaiono dunque piuttosto buone e simili a quelle registrate nell'indagine del 2002.

**Cadmio** – Soltanto per le stazioni 2, 6, 7, 8, 9 e 10 sono state misurate differenze statisticamente significative fra le concentrazioni di Cd misurate nei talli di *Evernia prunastri* trapiantati e quelle misurate nel campione di controllo. Fra queste, la 7 è quella con il più alto valore di deviazione percentuale dal controllo (51), la 9 e la 10 hanno valori compresi fra 25 e 50 e le altre hanno valori inferiori a 25. Il confronto con l'indagine dell'anno precedente mostra un peggioramento diffuso, anche se lieve, dovuto al fatto che la maggior parte delle stazioni monitorate nel 2002 non mostrava differenze statisticamente significative rispetto al controllo. Il basso valore medio di discostamento percentuale (18) nell'area di studio (Tab. 4.10) mostra una situazione generale piuttosto buona.

**Cromo** – Soltanto per due stazioni (6 e 10) sono state registrate differenze statisticamente significative fra il campione di controllo e i talli trapiantati e soltanto per la stazione 6 si è calcolato un valore di discostamento percentuale rispetto al controllo superiore al 50%. Rispetto all'indagine del 2002 è stato registrato un miglioramento generale, che è risultato particolarmente significativo soprattutto per le stazioni 7 e 8. La situazione è rimasta pressochè invariata soltanto per la stazione 6 (viale della Vittoria). In generale, la presente indagine di monitoraggio ha registrato una contaminazione da Cr trascurabile, con un valore medio di deviazione percentuale dal controllo di 4,9 (Tab. 4.10).

**Ferro** – Il valore più elevato di discostamento percentuale rispetto al controllo è stato misurato nella stazione 7 (104,5). Nelle stazioni 6 e 10 sono stati misurati valori compresi fra 75 e 100, nelle stazioni 3, 4, 5, 8 e 9 valori compresi fra 50 e 75 e nelle stazioni 1 e 2 valori compresi fra 25 e 50. Il confronto con l'indagine del 2002 rivela una situazione ambientale peggiorata per la maggior parte delle stazioni, ad eccezione che per la 1, la 2 e la 8. Il valore medio piuttosto alto del discostamento percentuale dal controllo (67,4) indica una contaminazione generale non trascurabile (Tab. 4.10).

**Nichel** – Per tutte le stazioni sono state misurate differenze statisticamente significative fra il campione di controllo e i talli trapiantati, ad eccezione della stazione 1. I valori più alti di deviazione percentuale dal campione di controllo sono stati registrati nelle stazioni 3 (86,3) e 10 (76,1). Nella stazione 9 è stato misurato un valore di discostamento di 64,6, mentre nella stazione 6 di 43,9. Nel resto delle stazioni sono stati registrati valori minori del 25%. Il confronto rispetto allo scorso anno mostra una situazione ambientale migliorata nella maggior parte dell'area di studio ad eccezione del centro urbano, dove le condizioni ambientali sono rimaste invariate per le stazioni 2 e 6 e sono peggiorate per la stazione 3. Il valore medio di discostamento percentuale è di 30,4 ed indica, in generale, una contaminazione ambientale per tale elemento piuttosto contenuta (Tab. 4.10).

**Manganese** – Per tutte le stazioni, ad eccezione della 8, sono state misurate differenze statisticamente significative fra le concentrazioni di tale elemento misurate nei talli di *Evernia prunastri* trapiantati e quelle misurate nel campione di controllo. In quasi tutte, tuttavia, il valore di discostamento percentuale calcolato è inferiore al 25%. Soltanto per la stazione 10 è stato registrato un valore di 27,6 e rappresenta l'unica zona in cui sia stato registrato un peggioramento rispetto all'indagine dello scorso anno. In tutte le altre stazioni la situazione è rimasta invariata e per le stazioni 8 e 9 è stato registrato un miglioramento. Il bassissimo valore medio di discostamento percentuale rispetto al controllo (0,3; Tab. 4.10) indica una condizione ambientale sostanzialmente buona.

**Piombo** – Per tutte le stazioni sono state misurate differenze statisticamente significative fra il campione di controllo e i talli trapiantati. Valori molto alti di discostamento percentuale sono stati registrati nelle stazioni 2 (118,8), 3 (113,2), 7 (225,3), 8 (195,7) e 10 (172,4). Il valore più basso, ma comunque superiore al 50% (67,7) è stato misurato nella stazione 6. Nelle altre stazioni i valori sono compresi fra 75 e 100. Rispetto all'indagine

precedente, la situazione risulta peggiorata in quasi tutte le stazioni, ad eccezione della stazione 6, dove è stato registrato un leggero miglioramento. Il valore medio di discostamento percentuale rispetto al controllo è piuttosto alto (109,8; Tab. 4.10) ed indica una condizione ambientale piuttosto alterata.

**Rame** – Per la stazione 2 non sono state misurate differenze statisticamente significative fra le concentrazioni di rame misurate nei talli di *Evernia prunastri* trapiantati e quelle misurate nel campione di controllo. Per tutte le stazioni, i valori di discostamento percentuale rispetto al controllo sono minori di 25, ad eccezione della stazione 6 dove è stato registrato un valore di 49,7. In generale, il confronto con l'indagine del 2002 mostra una situazione per lo più migliorata. Sono stati registrati peggioramenti soltanto nelle stazioni 4, 8 e 10 ma di lievissima entità: nel corso dell'indagine di bioaccumulo precedente, infatti, per queste stazioni non erano state registrate differenze statisticamente significative rispetto al controllo. Nella presente indagine, invece, per tutte e tre le stazioni, si è registrata una differenza statisticamente significativa, tuttavia il valore di discostamento percentuale dal controllo è piuttosto basso e inferiore a 25. Il valore medio di discostamento percentuale per l'area di studio è piuttosto basso (17,6) e indica una situazione ambientale piuttosto buona (Tab. 4.10).

**Selenio** – I valori di discostamento percentuale rispetto al campione di controllo sono molto elevati in tutta l'area di studio, ad eccezione della stazione 1, dove non sono state registrate differenze statisticamente significative rispetto al controllo. In particolare, la situazione ambientale risulta peggiorata, rispetto allo scorso anno, in 5 stazioni (2, 3, 6, 7 e 9): durante l'indagine scorsa, infatti, in tali stazioni, non sono state riscontrate differenze statisticamente significative. Nel resto dell'area indagata, la situazione è rimasta per lo più invariata, con valori di discostamento percentuale superiori a 200. Ciò suggerisce la presenza di una situazione ambientale fortemente alterata.

**Vanadio** – Soltanto per la stazione 8, non sono state registrate differenze statisticamente significative fra il campione di controllo e i talli trapiantati. Per tutte le altre stazioni, i valori di discostamento percentuale sono risultati inferiori al 25%, ad eccezione che per la stazione 7 dove è stato calcolato un valore di 33,8. Il confronto con l'indagine precedente mostra una situazione ambientale per lo più inalterata e in alcune stazioni (3, 6, 8 e 9) sono stati registrati addirittura dei miglioramenti. Il valore medio di discostamento percentuale



per l'area di studio (Tab. 4.10) è piuttosto basso (16,4) e indica una condizione ambientale generale piuttosto buona.

**Zinco** – I valori più alti di discostamento percentuale rispetto al controllo sono stati misurati nelle stazioni 9 (126) e 10 (116,5). Nelle stazioni 2, 4, 6 e 7 sono stati calcolati valori compresi fra 50 e 75, mentre nel resto delle stazioni valori compresi fra 25 e 50. Le concentrazioni di zinco misurate nell'area di studio durante la presente indagine sono più alte rispetto allo scorso anno; soltanto per le stazioni 10 e 3 la situazione ambientale è rimasta pressochè simile. In generale, l'area di studio mostra una contaminazione da Zn non trascurabile, con un valore medio di discostamento percentuale di 62,6 (Tab. 4.10).

## 5. CONCLUSIONI

Qualunque tipo di monitoraggio ambientale diventa uno strumento realmente utile e applicabile alla gestione del territorio solo se viene ripetuto ad intervalli regolari, in modo da fornire un numero crescente e costante di informazioni sull'andamento della proprietà dell'ecosistema studiata. Sulla base di questo principio, il presente lavoro rappresenta un ottimo esempio di controllo ambientale a lungo termine. Tale lavoro, infatti, riguarda la ripetizione per il terzo anno consecutivo del biomonitoraggio degli effetti dell'inquinamento atmosferico, mediante licheni epifiti, nel territorio interessato dalla centrale turbogas di Jesi. Si tratta di un'indagine di bioindicazione condotta con un campionamento preferenziale di 27 stazioni, distribuite lungo il transetto NE-SW che attraversa la valle del fiume Esino, e di uno studio di bioaccumulo di elementi in traccia nel tallo di *Evernia prunastri*, attraverso il trapianto di talli raccolti in un'area remota della toscana in 10 stazioni distribuite nel comune di Jesi e nei comuni strettamente limitrofi.

Allo scopo di rendere confrontabili i dati delle tre campagne di monitoraggio si è stabilito di ripetere i rilievi nelle stesse stazioni e, dove possibile, sugli stessi alberi-substrato.

Dall'analisi dei dati floristici si può concludere che, in generale, nel corso di questi tre anni, non sono stati registrati cambiamenti apprezzabili della qualità ambientale dell'area in esame. La parte dell'area di studio compresa fra la costa e la città di Jesi, dove sono concentrate le principali fonti di emissione, si conferma quella maggiormente interessata da fenomeni di inquinamento atmosferico. Tuttavia, non sono stati registrati peggioramenti significativi rispetto alla prima indagine, ad eccezione della stazione 12 (Loc. Mazzangrugno), dove, a partire dal 2002, si è verificato il salto dalla fascia di seminaturalità a quella di semi-alterazione. Le roverelle monitorate in questa stazione si trovano in prossimità di filari di vite e di alberi da frutto ed è quindi possibile che l'abbassamento del valore dell'IDLs sia dovuto a particolari trattamenti riservati a queste colture. Inoltre, la differenza nel valore dell'IDLs per questa stazione, nei tre anni di monitoraggio, è bassa ed essendo i tre valori prossimi alla soglia fra una fascia e l'altra, anche una piccola differenza nella frequenza lichenica comporta un salto di qualità. Tuttavia, non è da escludere che le emissioni della centrale a turbogas, sommate alle altre emissioni dell'area di studio, stiano producendo graduali cambiamenti a livello delle comunità licheniche, che comportano minimi ma costanti peggioramenti.

Anche per il centro urbano di Jesi, nel corso di questi tre anni di biomonitoraggio, la situazione ambientale è rimasta pressoché invariata. L'unico cambiamento si è registrato, fra il 2001 e il 2002, nella stazione 8 (Via Cascamificio), passata dalla fascia di semi-alterazione a quella di alterazione. Tale cambiamento, tuttavia, non è tanto da imputare ad un peggioramento della qualità dell'aria quanto al fatto che gran parte dei tigli che costeggiavano la strada sono stati tagliati. Per questo motivo, non è stato possibile effettuare il rilievo sugli stessi alberi monitorati nel 2001 e la scelta degli alberi da campionare è stata limitata ai pochi esemplari di tiglio rimasti.

Per quanto riguarda l'indagine di bioaccumulo, è stato possibile effettuare il confronto soltanto con i dati raccolti nel 2002 poiché, le diverse metodologie adottate dalla A.S.L. n.5 di Jesi nelle analisi dei dati raccolti nel 2001 non hanno reso possibile il confronto con il primo anno di campionamento.

Per la maggior parte degli elementi considerati, nel corso della presente indagine, non sono state registrate contaminazione atmosferiche rilevanti, ad eccezione del Se che ha mostrato valori piuttosto alti in quasi tutte le stazioni monitorate. È stato tuttavia possibile individuare delle stazioni "a rischio" per singoli elementi:

- la stazione 3 (Via Ragazzi del '99) per Ni e Pb;
- le stazioni 2 (Loc. Murri), 7 (Zona Industriale – Zipa) e 8 (Monsano, ex-RCD) per il Pb;
- la stazione 10 (Monsano, Selvatorta) per il Ni, il Pb e lo Zn.
- la stazione 9 (Boschetto, incrocio La Chiusa) per lo Zn.

Il confronto con l'anno precedente ha registrato una situazione per lo più invariata per Al, Be, Cd, Cu, Mn e V. Per Ba, Cr, e Ni sono state misurate concentrazioni mediamente più basse rispetto all'indagine del 2002, mentre per As, Fe, Zn, Pb e Se sono stati registrati valori più alti, soprattutto a carico di Pb e Se.

In generale, il fatto che, per il momento, non siano stati registrati cambiamenti consistenti a livello della vegetazione lichenica nell'area di studio, non significa che tali cambiamenti non si possano verificare nel futuro, tenendo conto che la centrale a turbogas è entrata a pieno regime soltanto da circa un anno. Inoltre, i cambiamenti a livello della vegetazione lichenica sono, spesso, gradualmente e lenti e per questo motivo occorrono studi regolari e prolungati nel tempo, per poter apprezzare a pieno le risposte biologiche di tali organismi ai peggioramenti della qualità dell'aria.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- Bargagli R., 1998. Trace Elements in Terrestrial Plants. An Ecophysiological Approach to Biomonitoring and Biorecovery. Springer, Berlino.
- Hawksworth D.L., Rose F., 1970. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. XI-XLIV. *Lichenologist*, numeri vari.
- Loppi S., Frati L., 2001. Biomonitoraggio della qualità dell'aria tramite licheni epifiti nel territorio interessato dalla edificanda centrale turbogas presso lo zuccherificio SADAM (Comune di Jesi). Relazione tecnica.
- Loppi S., Frati L., 2002. Biomonitoraggio della qualità dell'aria tramite licheni epifiti nel territorio interessato dalla centrale turbogas presso lo zuccherificio SADAM (Comune di Jesi). Relazione tecnica.
- Loppi S., Giordani P., Brunialti G., Isocrono D., Piervittori R., 2002. Identifying deviations from naturalness of lichen diversity for bioindication purposes. In: Nimis P.L., Scheidegger C., Wolseley P.A. (eds.), "Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens", Kluwer Academic Publishers, Londra, NATO Science Series, 7: 281-284.
- Nimis P.L., Bargagli R., 1999. Il biomonitoraggio della "qualità dell'aria" in Italia. In: Piccini C., Salvati S., (eds.), Atti del Workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale", Roma, 26-27 novembre 1998. ANPA, Roma, 173-189.

## RINGRAZIAMENTI

*Si ringrazia il Dr. Giorgio Brunialti per l'assistenza sul campo e gli utili consigli nella fase di stesura di questo lavoro.*