

**CONTAMINAZIONE DEI SEDIMENTI DELLE ASTE  
FLUVIALI E RELAZIONE CON I CARATTERI  
ANTROPICI DEL BACINO**  
**Caso studio: bacino del fiume Sarno**

**Maurizio Guerra**

ISPRA

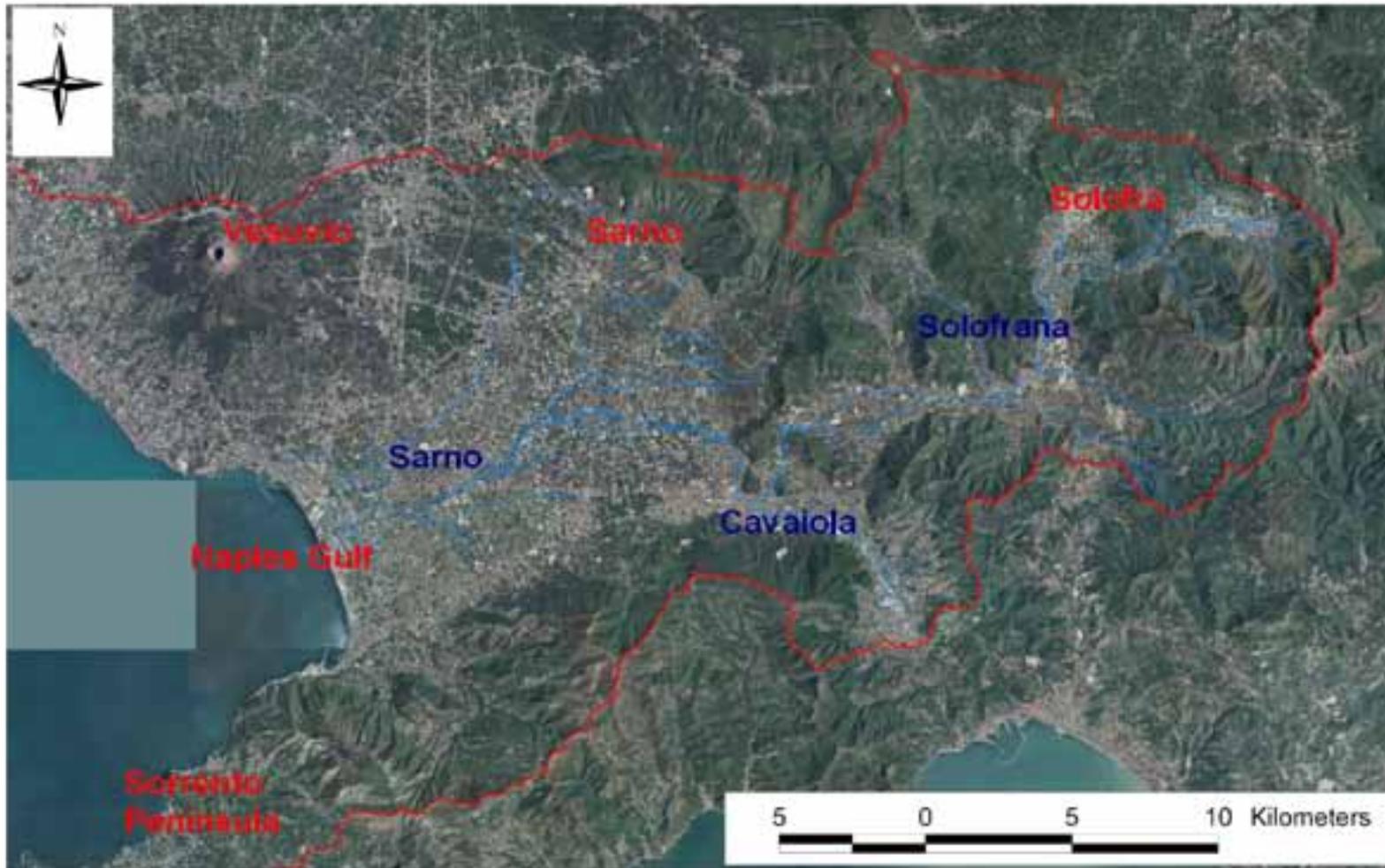
## Contenuti

- ü Analisi statistica delle concentrazioni delle sostanze analizzate rilevate nei sedimenti
- ü Analisi della distribuzione delle concentrazioni lungo le aste fluviali
- ü Determinazione dei caratteri antropici del bacino a livello comunale
- ü Analisi delle correlazioni tra concentrazioni rilevate e attività antropiche

## Premessa

- O.P.C.M. n. 3270 del 12/03/03 istituisce il C.D. per il superamento dell'emergenza socio-economica-ambientale del bacino idrografico del fiume Sarno;
- Stipula da parte del Commissario delegato di una convenzione con APAT (ora ISPRA);
- Piano di caratterizzazione dei sedimenti per la messa in sicurezza dell'alveo del fiume Sarno (attività di prelievo ed analisi);
- Campionamento: il prelievo dei campioni (202 in totale) è avvenuto lungo il corso delle principali aste idrauliche del bacino (F. Sarno, T. Cavaiola, T. Solofrana, vari affluenti e canali)

## Area di studio



COMUNE	PROVINCIA	SUPERFICIE TOTALE (km <sup>2</sup> )	SUPERFICIE COMPRESA NEL BACINO (km <sup>2</sup> )
CONTRADA	AV	10,31	4,22
FORINO	AV	20,49	20,49
MONTORO INFERIORE	AV	19,49	19,49
MONTORO SUPERIORE	AV	20,44	20,44
QUINDICI	AV	23,65	6,00
SOLOFRA	AV	0,94	0,94
BOSCOREALE	NA	11,20	11,20
CASOLA DI NAPOLI	NA	2,57	2,57
CASTELLAMMARE DI STABIA	NA	17,71	17,71
GRAGNANO	NA	14,29	14,29
LETTERE	NA	12,30	12,30
PALMA CAMPANIA	NA	20,76	10,39
POGGIOMARINO	NA	13,28	13,28
POMPEI	NA	12,41	12,41
S. ANTONIO ABATE	NA	7,87	7,87
S. MARIA LA CARITA'	NA	4,20	4,20
STRIANO	NA	7,58	7,58
TORRE ANNUNZIATA	NA	7,33	7,33
ANGRI	SA	13,75	13,75
BARONISSI	SA	17,86	1,46
BRACIGLIANO	SA	14,04	14,04
CALVANICO	SA	14,82	14,82
CASTEL S. GIORGIO	SA	13,63	13,63
CAVA DE' TIRRENI	SA	36,46	21,96
CORBARA	SA	6,66	6,66
FISCIANO	SA	31,52	28,87
MERCATO S. SEVERINO	SA	30,21	30,21
NOCERA INFERIORE	SA	20,85	20,85
NOCERA SUPERIORE	SA	14,71	14,71
PAGANI	SA	12,77	12,77
RAVELLO	SA	8,07	0,55
ROCCAPIEMONTE	SA	5,22	5,22
S. EGIDIO DEL MONTE	SA	6,27	6,27
S. MARZANO SUL SARNO	SA	5,15	5,15
S. VALENTINO TORIO	SA	9,03	9,03
SARNO	SA	39,95	39,95
SCAFATI	SA	19,76	19,76
SCALA	SA	13,09	0,99
SIANO	SA	8,50	8,50

## Area di studio

- 39 comuni in 3 provincie
- superficie totale del bacino: 500 km<sup>2</sup>
- 720.000 residenti

operativamente è stata suddivisa in 5 aree:

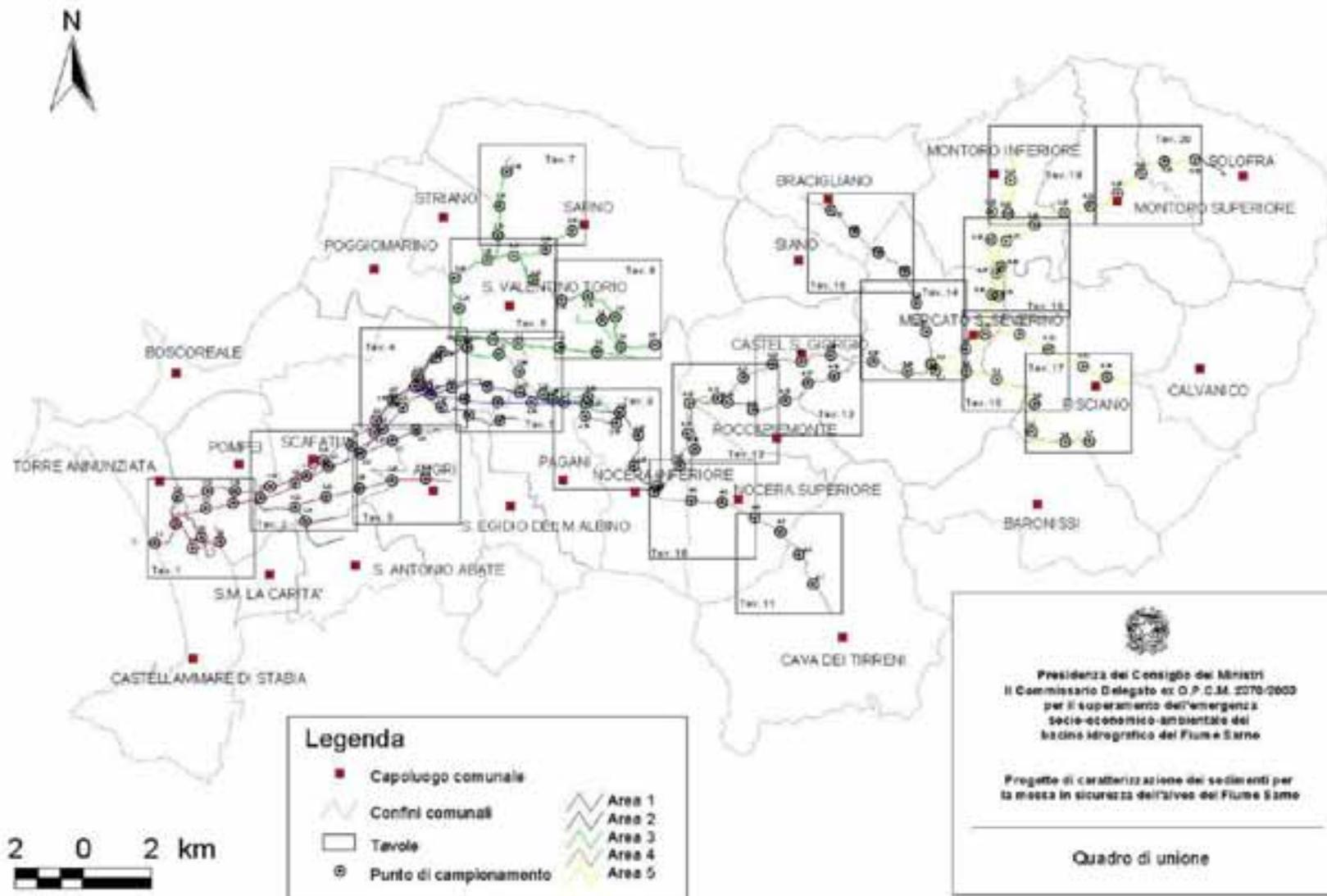
**AREA 1 (28.1 km):** Can. Bottaio, F.so S. Benedetto, F.so Maestro, F. Sarno, Can. S. Tommaso, F.so del Molino

**AREA 2 (30.3 km):** F.so Acquaviva, Controfosso sinistro, F.so Sguazzatorio, Alveo Comune Noverino, Can. piccolo Sarno, F.so dei Bagni

**AREA 3 (29.3 km):** Can. S. Mauro, Can. Casatori, F.so Imperatore, Acqua della Foce, Acqua del Palazzo, Acqua S. Marino, F. Sarno

**AREA 4 (34.1 km):** T.Casarsano, T. dei Corvi, Can. dei Mulini, T. Solofrana, T. Lavinaio, T.e Cavaiola

**AREA 5 (32.3 km):** Can. S. Bartolomeo, T. S. Rocco, T. Solofrana, Rio Laura, T. Cavaiola, T. Lavinaro



# Piano di indagini

**Campo:** prelievo su sezioni con equidistanza di circa 1 km; per ogni sezione 1 o più campioni prelevati a diverse profondità

**Laboratorio:** pH, frazione <2 mm, TOC  
 Composti inorganici, Aromatici, Aromatici policiclici, Alifatici clorurati cancerogeni, Alifatici clorurati non cancerogeni, Alifatici alogenati cancerogeni, Nitrobenzeni, Clorobenzeni, Fenoli non clorurati, Fenoli clorurati, Ammine Aromatiche, Fitofarmaci, Diossine e Furani, Idrocarburi



**THEOLAB**

**RAPPORTO DI PROVA N° 62891/04**

**PROVINCIA DEL COMITATO DEL CLIENTE:**  
 Via Nazionale Complesso 32  
 00197 Roma

**Cliente:** Provincia del Lazio  
**Indirizzo:** Via Nazionale Complesso 32, 00197 Roma

**Descrizione dell'attività:** Analisi chimica di sedimenti fluviali e lacuali

**Analisi:** pH, TOC, Composti inorganici, Aromatici, Aromatici policiclici, Alifatici clorurati cancerogeni, Alifatici clorurati non cancerogeni, Alifatici alogenati cancerogeni, Nitrobenzeni, Clorobenzeni, Fenoli non clorurati, Fenoli clorurati, Ammine Aromatiche, Fitofarmaci, Diossine e Furani, Idrocarburi

Parametro	Unità	Valore	Metodo	Limite
pH		7.5	Metodo standard	
TOC	mg/kg	15.2	Metodo standard	
Composti inorganici	mg/kg	...	...	...
Aromatici	mg/kg	...	...	...
Aromatici policiclici	mg/kg	...	...	...
Alifatici clorurati cancerogeni	mg/kg	...	...	...
Alifatici clorurati non cancerogeni	mg/kg	...	...	...
Alifatici alogenati cancerogeni	mg/kg	...	...	...
Nitrobenzeni	mg/kg	...	...	...
Clorobenzeni	mg/kg	...	...	...
Fenoli non clorurati	mg/kg	...	...	...
Fenoli clorurati	mg/kg	...	...	...
Ammine Aromatiche	mg/kg	...	...	...
Fitofarmaci	mg/kg	...	...	...
Diossine e Furani	mg/kg	...	...	...
Idrocarburi	mg/kg	...	...	...



### Analisi dei dati

#### *Descrittori numerici*

- Massimo e Minimo
- Media aritmetica
- Mediana
- Percentile
- Deviazione Standard

#### *Distribuzione spaziale*

- Profili
- Rappresentazione 2D

#### *Metodi grafici*

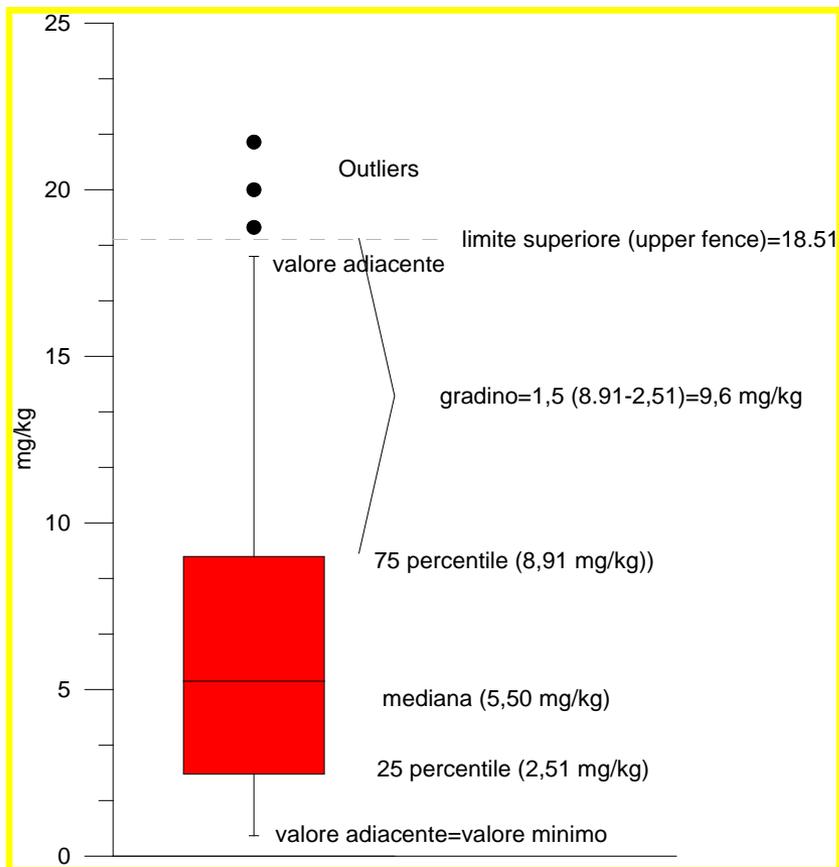
- Box and whiskers plot
- Distribuzione di percentili

## Analisi dei dati

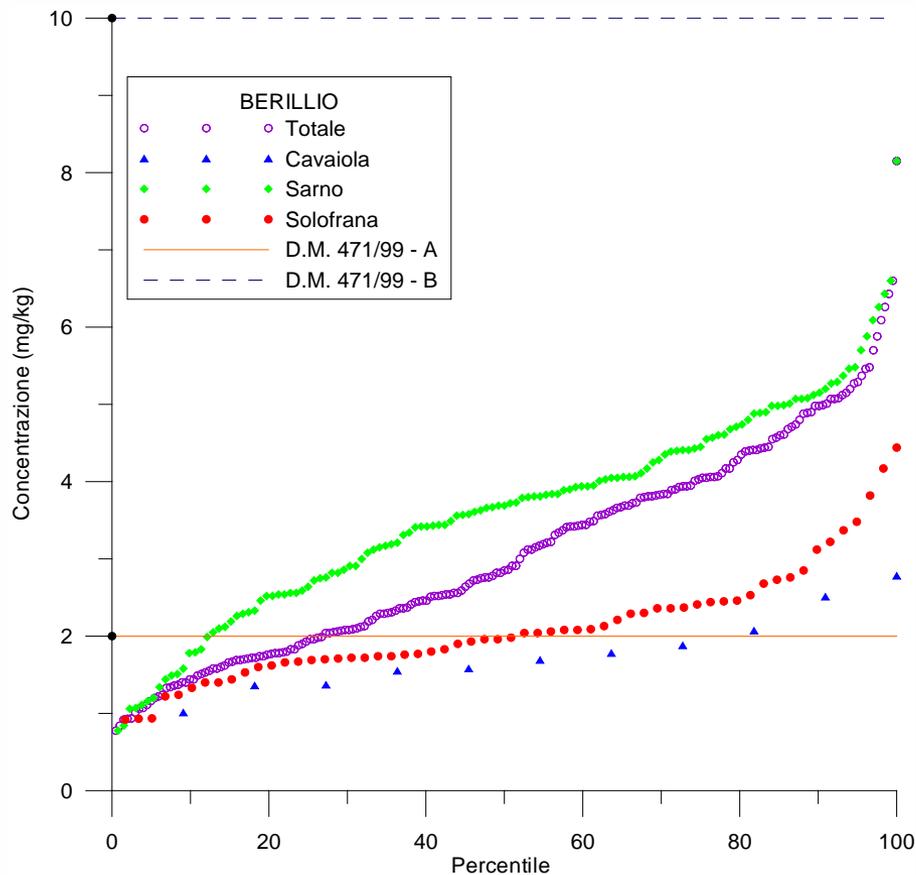
Totale bacino	N campioni	N campioni < MDL	Massimo	Minimo	Media	Deviazione standard	10 Percentile	25 Percentile	50 Percentile	75 Percentile	90 Percentile
pH	182	0	8,83	5,47	7,57	0,64	6,85	7,46	7,70	7,93	8,17
Frazione seccata a 2 mm (%)	182	0	99,00	15,40	68,24	19,93	42,24	55,98	68,85	84,98	93,38
Residuo a 105°C (%)	182	0	96,90	23,90	67,87	18,37	40,72	55,83	69,15	82,23	90,79
Carbonio organico totale (%P)	182	1	10,00	0,05	2,50	2,40	0,22	0,50	1,69	3,76	6,15
Cianuri liberi	202	193	0,40	0,03	0,15	0,07	0,10	0,11	0,13	0,17	0,23
Fluoruri	202	0	42,20	0,35	6,97	7,70	0,69	1,27	3,83	10,40	17,10
Antimonio	202	180	14,80	0,01	0,19	1,24	0,01	0,01	0,01	0,03	0,25
Arsenico	202	0	15,80	1,52	6,52	3,17	2,75	4,00	5,94	8,67	11,00
Berillio	202	0	8,15	0,78	3,09	1,38	1,45	1,96	2,86	4,05	4,98
Cadmio	202	1	4,83	0,06	0,91	0,61	0,31	0,47	0,78	1,15	1,61
Cobalto	202	0	14,80	2,29	8,39	2,95	5,08	6,10	8,02	10,38	12,59
Cromo totale	202	0	1770,00	2,98	112,61	238,29	7,69	15,65	34,26	83,50	240,60
Mercurio	202	113	1,81	0,01	0,12	0,19	0,06	0,06	0,06	0,11	0,22
Nichel	202	0	56,20	3,89	17,86	8,16	9,90	12,35	15,95	21,38	28,42
Piombo	202	0	1590,00	9,04	73,94	124,01	14,26	24,30	46,55	88,83	130,00
Rame	202	0	1800,00	8,28	100,95	152,26	18,60	29,80	65,40	140,00	190,70
Selenio	202	44	1,97	0,27	0,66	0,39	0,29	0,30	0,55	0,86	1,24
Stagno	202	0	1110,00	0,51	16,98	79,99	1,08	2,03	5,66	14,10	26,24
Tallio	202	0	2,53	0,37	1,04	0,43	0,56	0,72	0,95	1,30	1,60
Vanadio	202	0	128,00	16,90	58,04	23,74	32,11	38,83	54,85	74,43	89,53
Zinco	202	0	3220,00	23,00	204,55	300,40	52,92	74,08	133,50	231,50	372,70
Cromo VI	202	95	6,55	0,00	0,25	0,64	0,05	0,05	0,05	0,20	0,56
Idrocarburi leggeri C<12	182	148	2,37	0,05	0,21	0,32	0,08	0,09	0,11	0,17	0,39
Idrocarburi pesanti C>12 (C12-C40)	202	8	1600,00	1,65	587,20	885,98	12,85	66,60	226,50	766,75	1625,00

**Statistiche sugli analiti (mg/kg s.s.)**

## Analisi dei dati

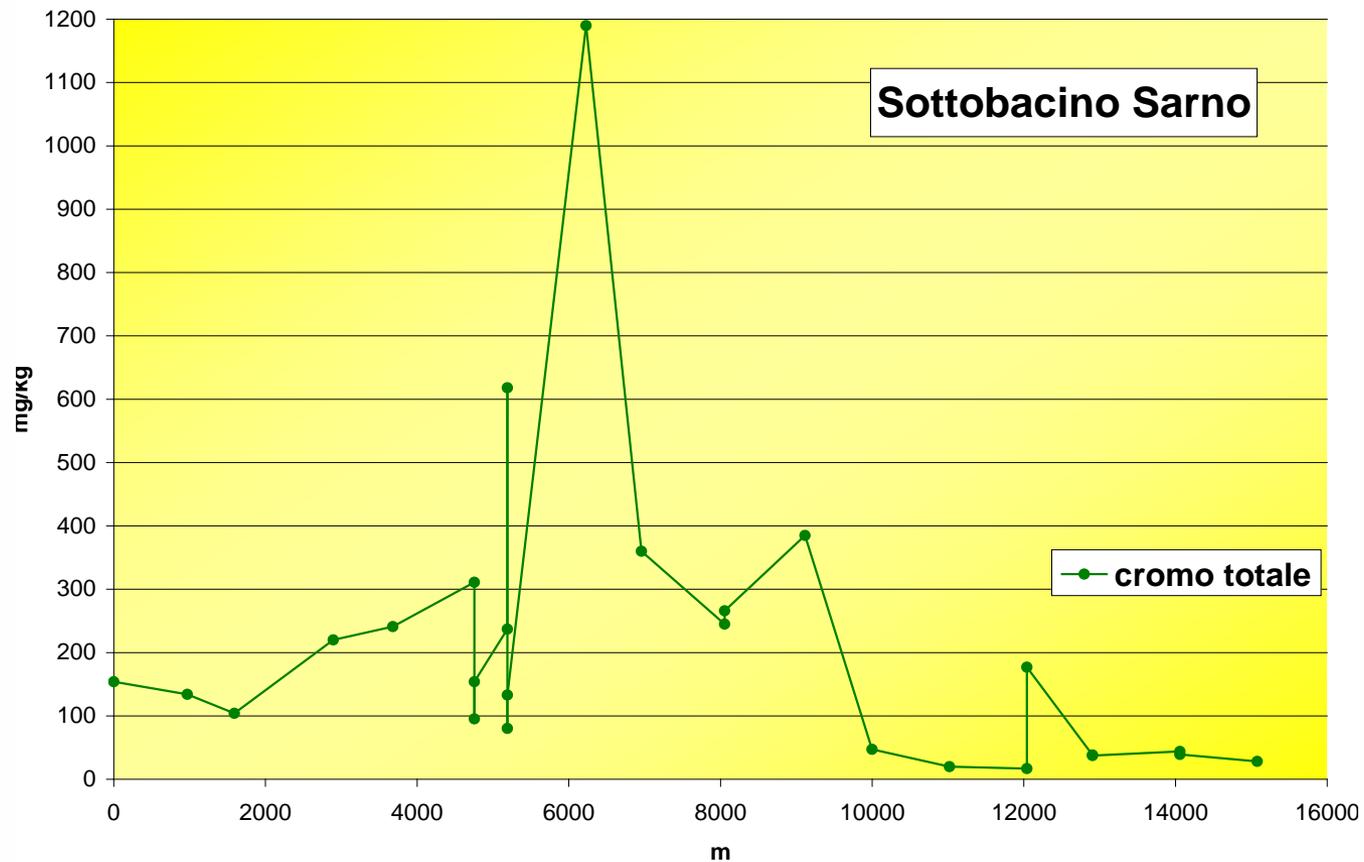


Box and whiskers plot

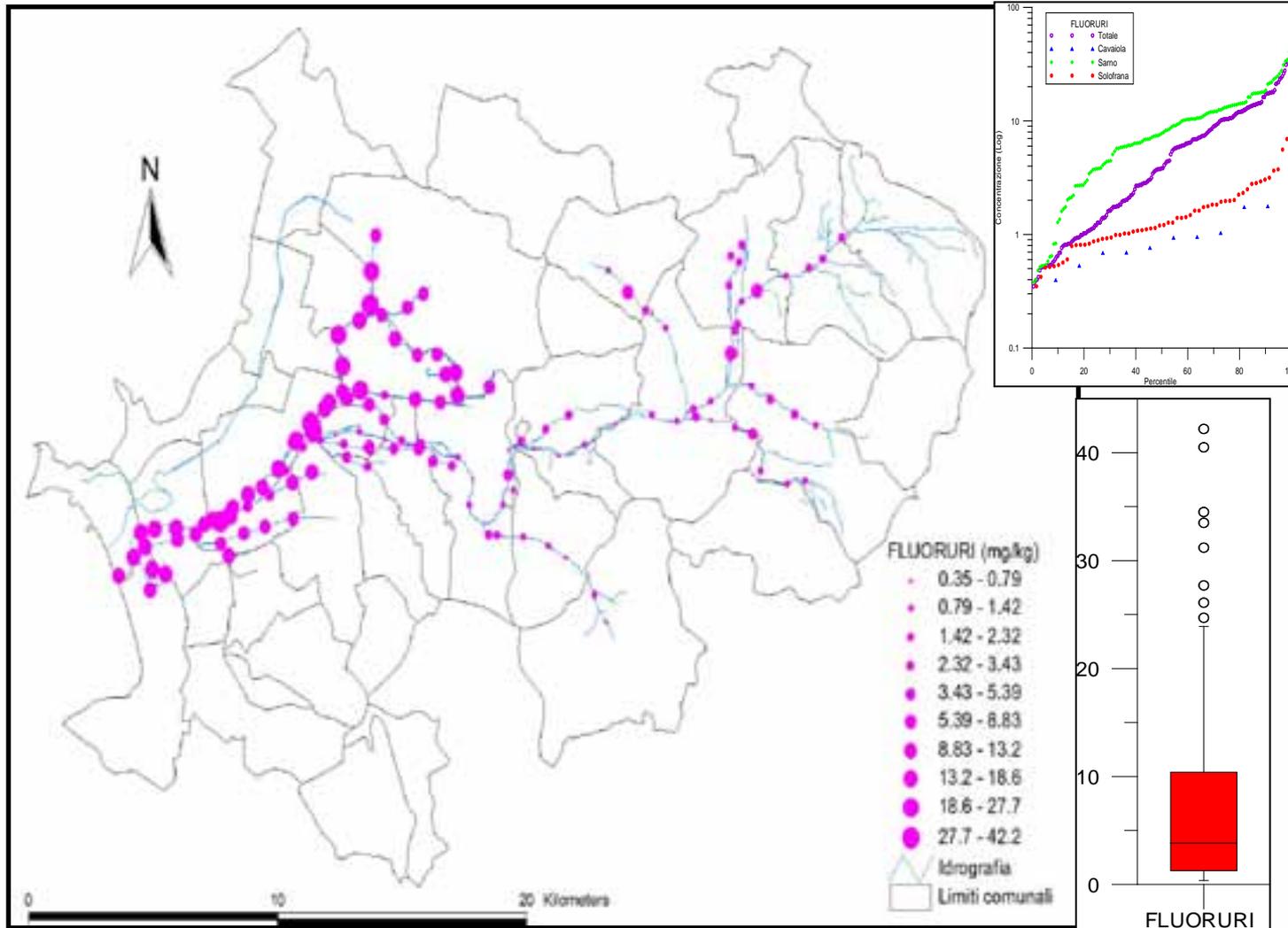


Distribuzione dei percentili

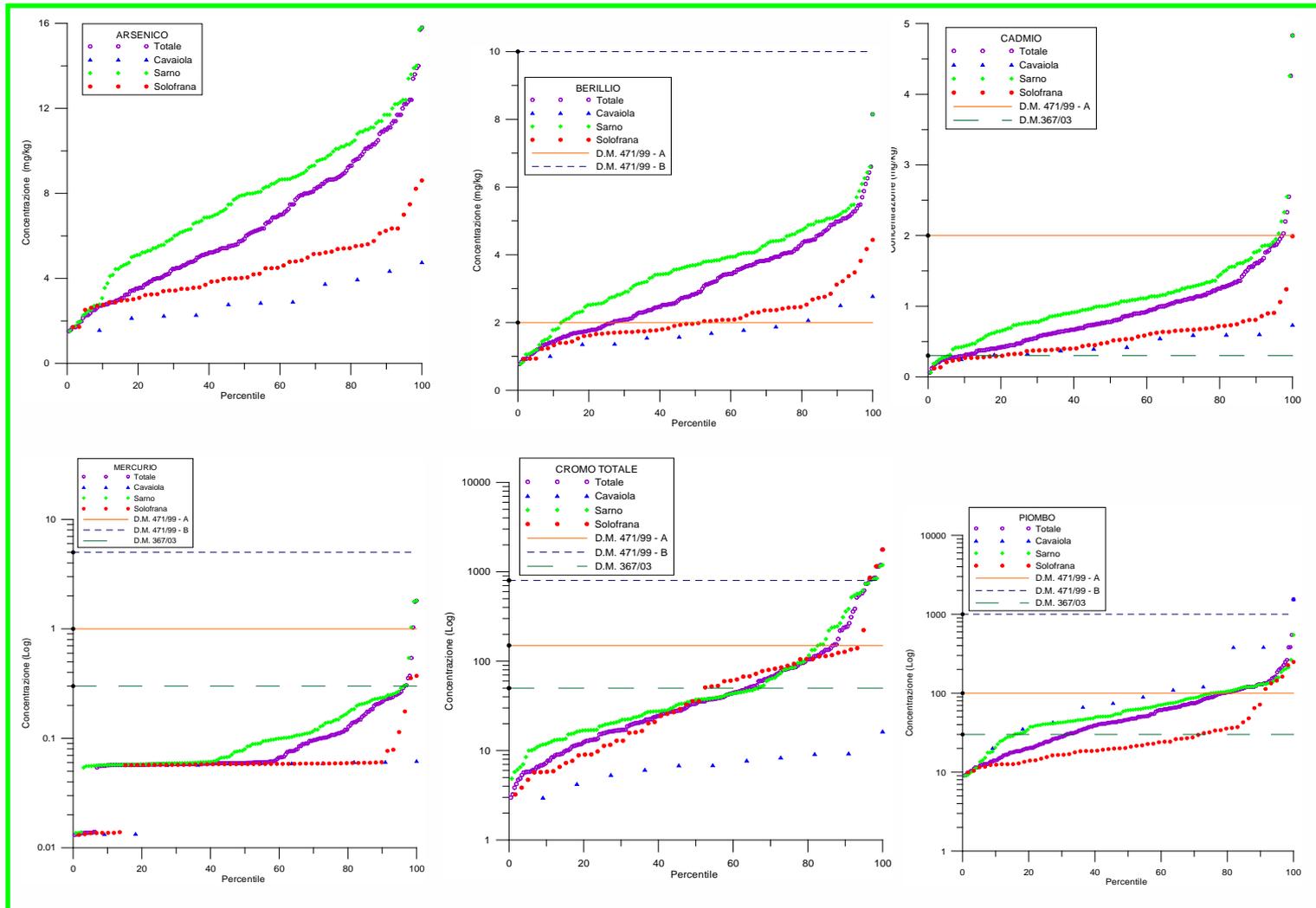
## Analisi dei dati



# Analisi dei dati



# Analisi dei dati

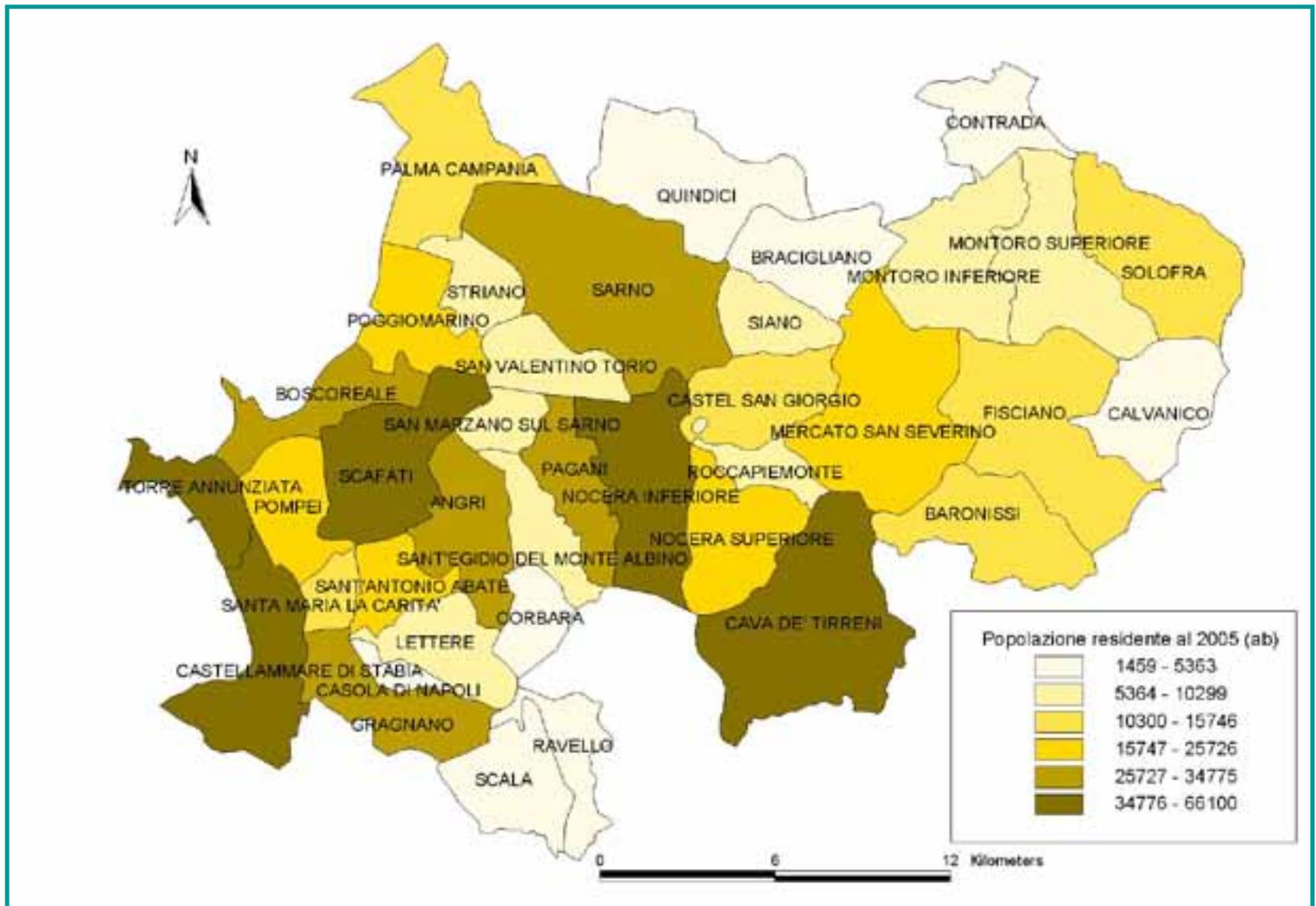


## Caratteri antropici

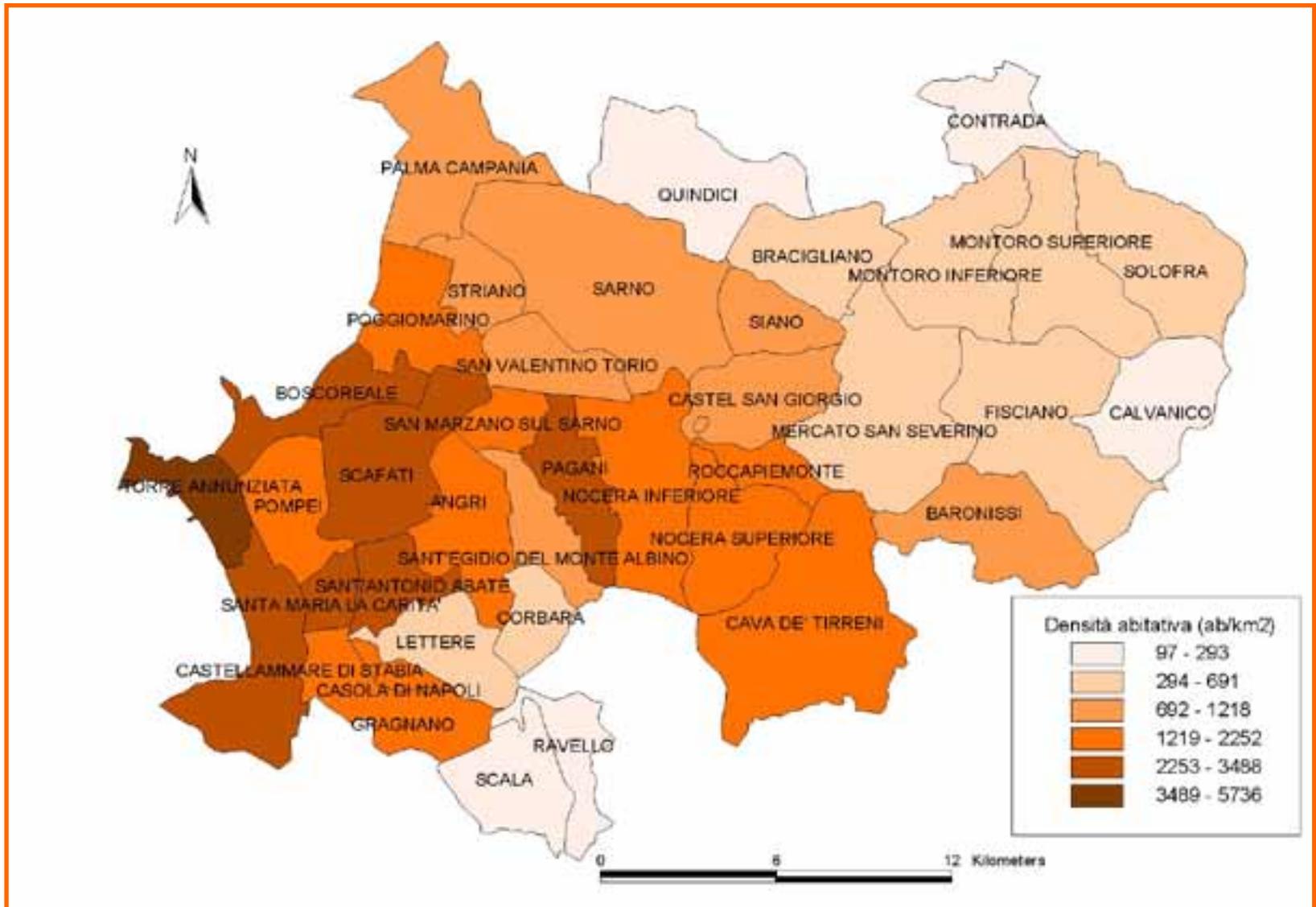
I dati derivati dalla caratterizzazione sono confrontati con le pressioni antropiche a scala di bacino.

- la distribuzione della popolazione
- la distribuzione del tessuto industriale a livello comunale

### Caratteri antropici



## Caratteri antropici



## Caratteri antropici

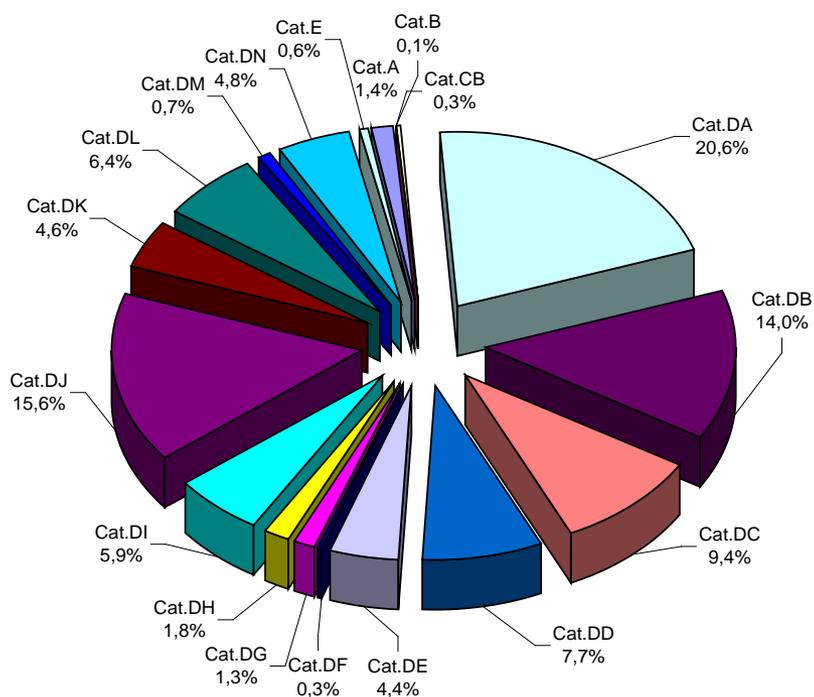
Lo studio del tessuto industriale dell'area è stato realizzato censendo le attività presenti e suddividendole in categorie secondo ATECO (classificazione alfa-numerica)

<b>SEZIONE</b>	←	<b>D</b>	<b>ATTIVITÀ MANIFATTURIERE</b>
<b>SOTTOSEZIONE</b>	←	<b>DA</b>	<b>INDUSTRIE ALIMENTARI, DELLE BEVANDE E DEL TABACCO</b>
<b>DIVISIONE</b>	←	<b>15</b>	<b>INDUSTRIE ALIMENTARI E DELLE BEVANDE</b>
<b>GRUPPO</b>	←	<b>15.1</b>	<b>PRODUZIONE, LAVORAZIONE E CONSERVAZIONE DI CARNE E DI PRODOTTI A BASE DI CARNE</b>
<b>CLASSE</b>	←	<b>15.11</b> 15.11.0	<b>Produzione e refrigerazione di carne del bestiame, escluso volatili e conigli</b> Produzione di carne non di volatili e di prodotti della macellazione (attività dei mattatoi)
<b>CATEGORIA</b>	←	<b>15.12</b> 15.12.0	<b>Produzione e refrigerazione di carne di volatili e conigli</b> Produzione di carne di volatili, conigli e prodotti della loro macellazione

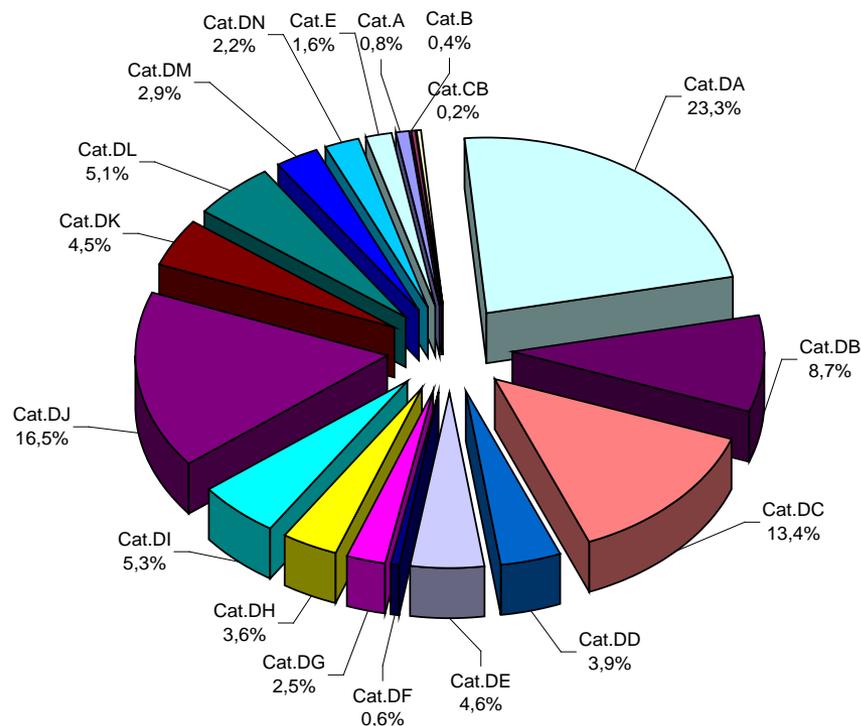
## Caratteri antropici

La presenza industriale nei comuni compresi nel bacino si è concentrata su quelle con il potenziale maggiore di ricaduta ambientale (dalla categoria A alla E)

**Numero di Unità Locali per Categoria ATECO**



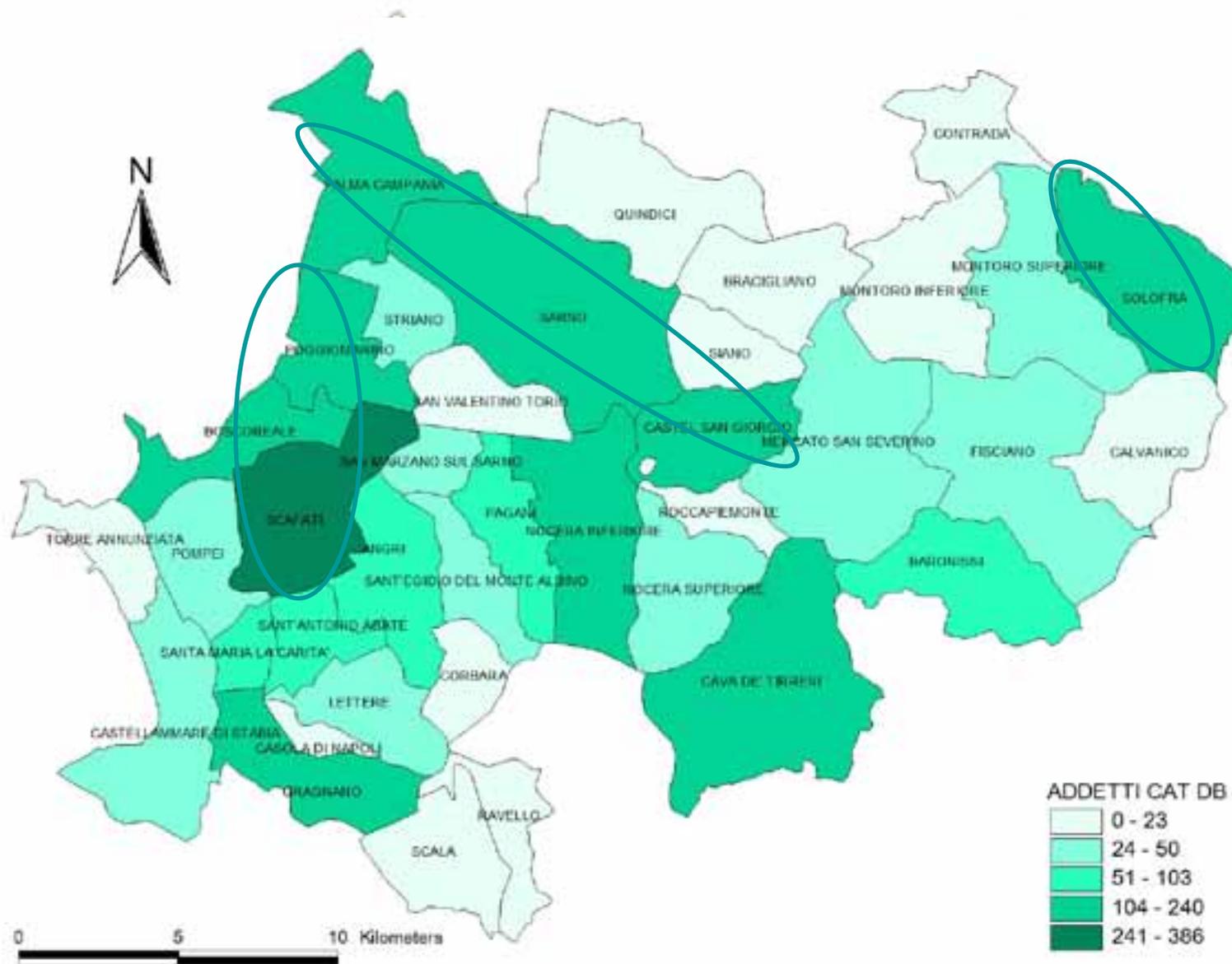
**Numero di Addetti per Categoria ATECO**



## Caratteri antropici

I grafici evidenziano che le attività produttive con maggiore incidenza sono quelle appartenenti alle categorie

- DA Industrie alimentari delle bevande e del tabacco (23,3% addetti – 20,6% UL)
- DJ Metallurgia, fabbricazione di prodotti in metallo (16,5% addetti - 15,6% UL)
- DC Industrie conciarie, fabbricazione dei prodotti in cuoio, pelle e similari (13,4% - 9,4% UL)
- DB Industrie tessili e dell'abbigliamento (8,7% addetti – 14% UL)



## Caratteri antropici

Analisi della possibile correlazione tra alcune distribuzioni di contaminante e densità industriale (potenziale sorgente)

CATEGORIA ATECO	CONTAMINANTI INORGANICI						
	Metalli	Boro	Cianuri	Cloruri	Nitriti	Fluoruri	Solfati
A	X	X			X		X
B							
CB							
DA							
DB							
DC	X						
DD							
DE	X		X	X	X	X	X
DF	X		X			X	X
DG	X	X	X	X	X	X	X
DH	X		X	X		X	
DI	X			X		X	
DJ	X		X			X	
DK	X						
DL	X						
DM	X			X	X	X	X
E			X		X		X

Tabella 1: relazione tra contaminante inorganico e categoria industriale ATECO

## Caratteri antropici

Le categorie industriali sono state analizzate in funzione del numero di addetti, quindi della presenza sul territorio

Il contaminante è stato scelto in relazione alle tabelle (fonte antropica-composto)

### *Associazioni*

Categoria DC (Industria conciaria) – Cromo

Categoria DJ (Industria metallurgica) – Fluoruri, Piombo, Idrocarburi

## Risultati

**Categoria DC (industria conciaria) – cromo.** La categoria presenta un maggiore numero di addetti nei comuni di Solofra, Montoro Superiore e Inferiore e Scafati

Il Cromo VI assume concentrazioni maggiori (6,5 mg/kg) nel sottobacino Solofrana nei comuni di Montoro Inferiore e Mercato San Severino

Il Cromo Totale ha valori elevati di concentrazione nel sottobacino Solofrana nei comuni di Montoro Inferiore e Mercato San Severino (1700 mg/kg) e nel Medio-Basso Sarno all'interno dei territori comunali di Scafati (1190 mg/kg), Pompei e Torre Annunziata

Dei 202 campioni di sedimento 19 superano la colonna A, 8 la colonna B del D.M. 471/99 e 46 lo standard di qualità del D.M. 367/03

I campioni di sedimento a maggiore contaminazione ricadono subito a valle e all'interno dei comuni a maggiore insediamento di concerie



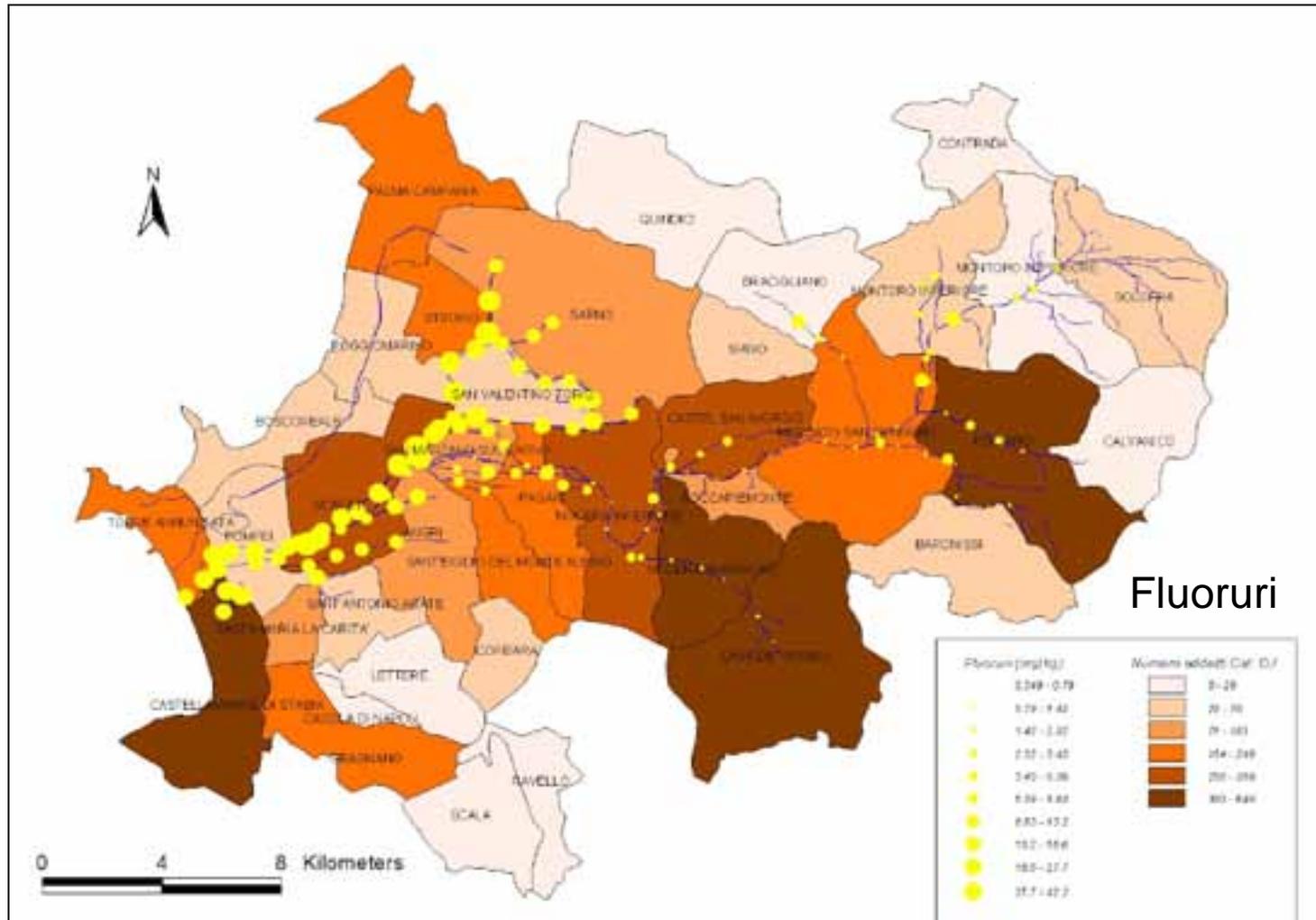
## Risultati

**Categoria DJ (Industria Metallurgica) – Fluoruri e Piombo** La categoria DJ presenta un maggiore numero di addetti nei comuni di Fisciano, Cava de' Tirreni, Nocera Superiore e Castellammare di Stabia

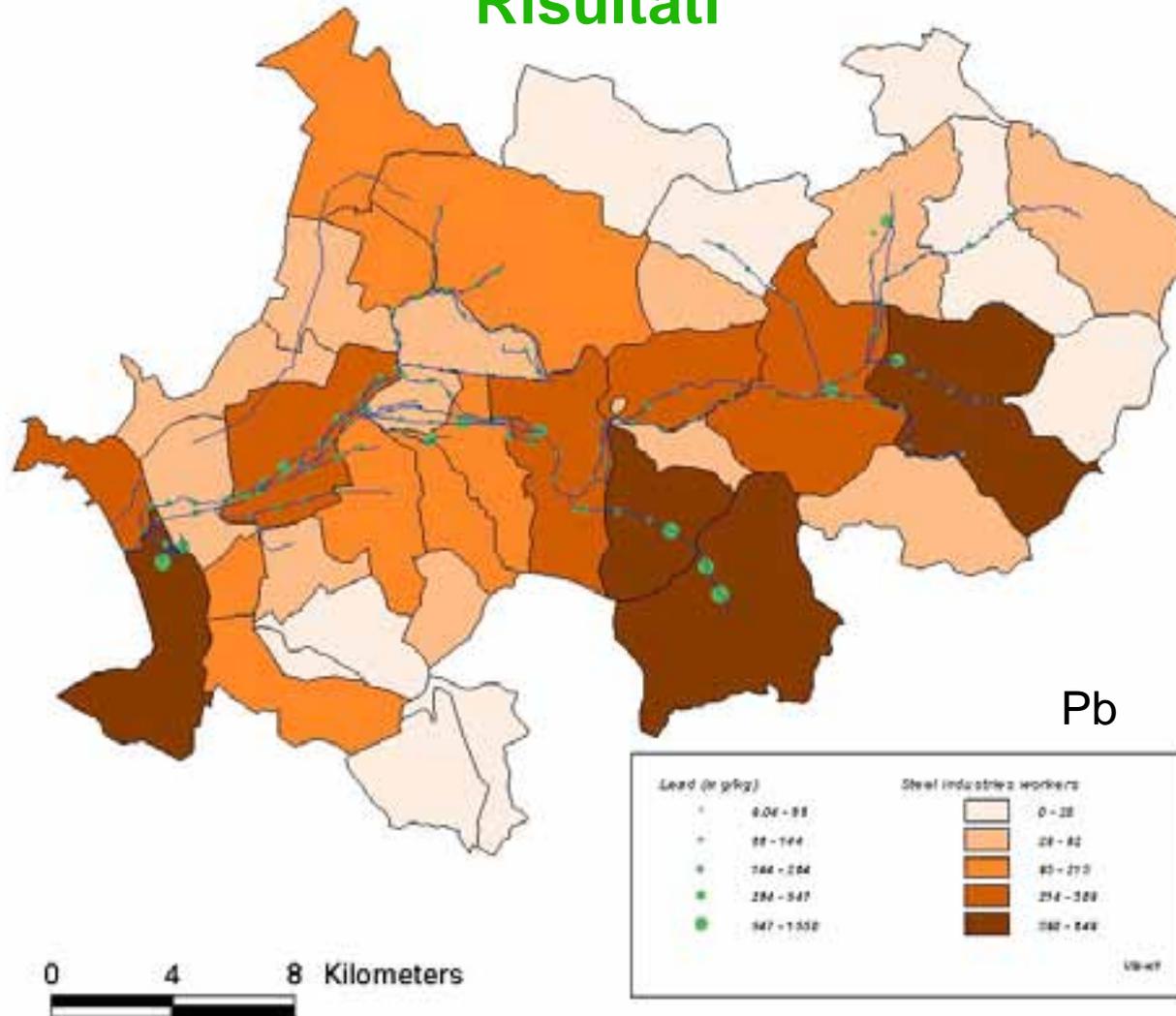
I Fluoruri assumono concentrazioni maggiori (~40 mg/kg) in corrispondenza del Medio Sarno in prossimità dei comuni di Striano e Scafati e nei comuni di Montoro Inferiore e Mercato San Severino. Dei 202 campioni di sedimento nessuno supera i limiti normativi. Non risultano correlazioni tra distribuzione geografica della contaminazione da fluoruri e l'ubicazione delle principali industrie metallurgiche.

Viceversa, si evidenziano correlazioni tra distribuzione di Pb e l'ubicazione delle principali industrie metallurgiche.

## Risultati



## Risultati



## Risultati

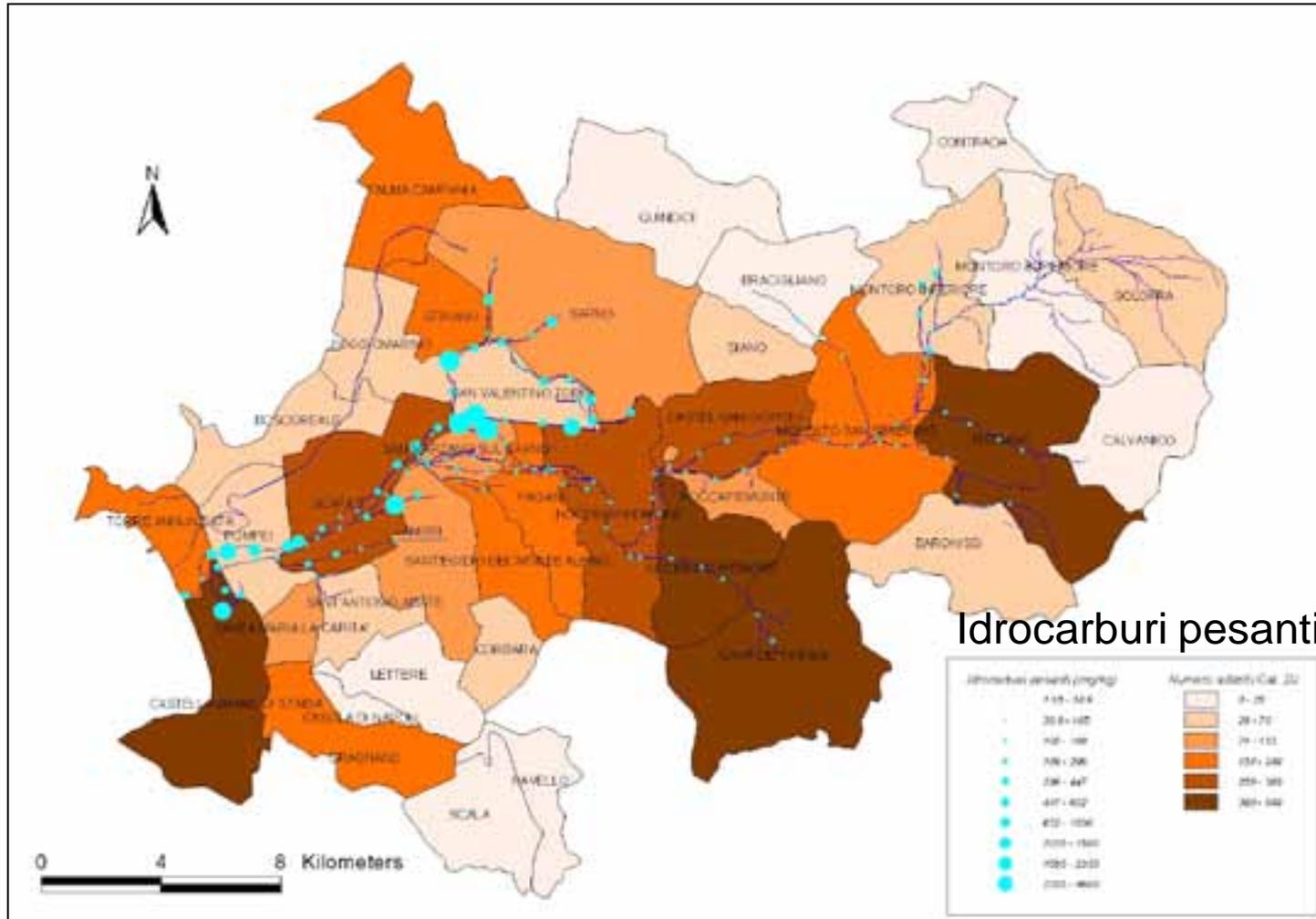
**Categoria DJ (industria metallurgica) – idrocarburi.** Gli Idrocarburi totali non sono univocamente attribuibili ad una specifica tipologia industriale

Gli Idrocarburi Pesanti registrati sui campioni di sedimento assumono concentrazioni molto variabili (da 1,65 a 4600 mg/kg con media di 587,24 mg/kg) in corrispondenza di tutti i comuni del sottobacino del Sarno

Dei 202 campioni di sedimento 116 superano il limite della colonna A e 51 quello della colonna B del D.M. 471/99.

Non risultano correlazioni tra distribuzione di contaminazione da idrocarburi e l'ubicazione delle principali industrie metallurgiche

## Risultati



## Risultati

Gli scarichi dei reflui civili ed industriali possono rivestire un importante ruolo nella contaminazione delle matrici ambientali (acqua, suolo, sedimento)

Nell'area risultano **censiti** 312 scarichi di tipo non depurato:

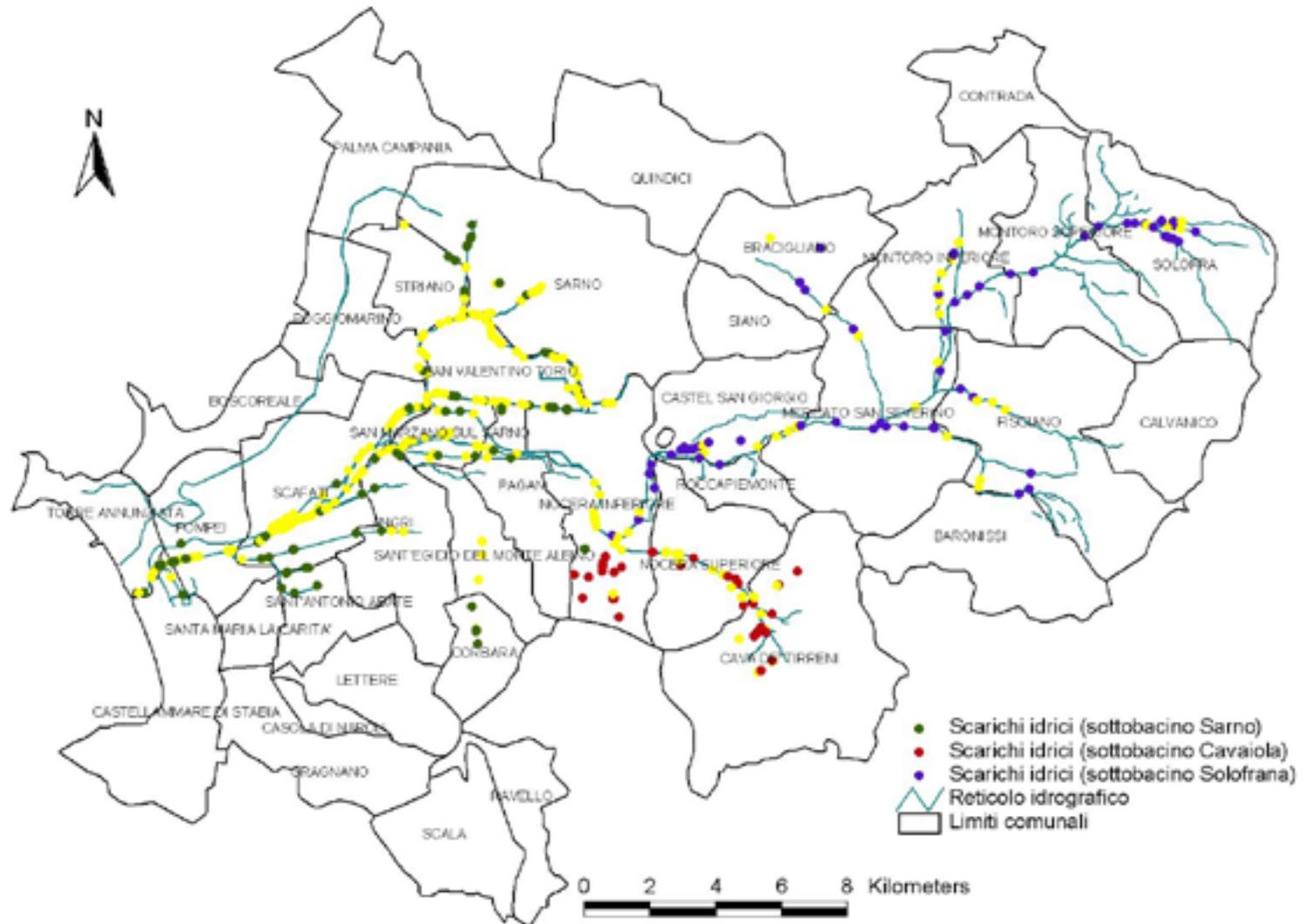
228 nel sottobacino Sarno

54 nel sottobacino Solofrana

30 nel sottobacino Cavaiola

Solo 83 hanno qualità visiva limpida

## Risultati



## Conclusioni

1. La distribuzione delle concentrazioni lungo le aste principali e secondarie del bacino del fiume Sarno ha mostrato una certa omogeneità per tutti gli analiti esaminati: le concentrazioni risultano massime a valle del bacino (Medio-Basso Sarno), mentre la porzione di monte (Solofrana) mostra valori più elevati della parte mediana (Cavaiola)
2. L'approccio metodologico proposto, pur presentando buone capacità di associazione e verifica dei contaminanti alle particolari tipologie di attività antropiche non rappresenta un modello universalmente valido.
3. La complessità del comparto ambientale sedimenti (formazione, trasporto) e della specifica natura dei composti con i quali possono interagire e l'applicazione di tali composti in numerosissimi campi dell'industria rendono difficile l'associazione attività antropica-contaminante

## Conclusioni

Per approfondire lo studio a maggiore scala e permettere un confronto sistematico tra analita e specifica industria, la verifica dell'effettiva correlazione potrebbe realizzarsi mediante:

- Analisi processi industriali
- Dinamica dell'inquinante
- Reperimento di maggiori informazioni di dettaglio (ubicazione puntuale delle industrie e degli scarichi di reflui)