

Suolo. L'attività dell'Agenzia e lo stato delle conoscenze dal punto di vista ambientale in merito ai suoli della regione

Giovedì 19 ottobre 2023 ore 10:00

Luca Poli, Nicola Skert - ARPA FVG



REALIZZATO DA:



Le attività di studio e di conoscenza della qualità dei suoli della Regione Friuli Venezia Giulia

Giovedì 19.10.2023

Inquadramento attività di conoscenza dei suoli

LN 132/2016 (*"Istituzione del Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente e disciplina dell'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale"*)

art. 7 e art 10

LR 06/1998 (*"Istituzione dell'Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente - ARPA"*)

Regolamenti di organizzazione

Studio, monitoraggio, conoscenza e valutazione dello stato del suolo

1. Valori di fondo nel territorio regionale al di fuori delle aree sin piano stralcio per il parametro mercurio nei suoli della pianura isontina;

➤ Area Mercurio (Hg) Isontino:

- Linee di Indirizzo per la programmazione delle attività di questa Agenzia fornite dalla Regione Friuli VG sia per il triennio 2013 – 2015 che per i trienni 2014-2016, 2016-2018 e 2017-2019 (DGR n. 49 del 16/01/2013, DGR n. 2404 del 13/02/2013 con DGR n. 2630 del 29/12/2015 e con DGR 2563 del 23/12/2016);
- Linee di Indirizzo per la programmazione delle attività di questa Agenzia fornite dalla Regione Friuli VG per il triennio 2018-2020 (DGR n. 2525 del 14/12/2017);
- Progetto di Piano Stralcio trasmesso alla Regione Friuli VG, con nota di ARPAFVG prot. n. 10744-P del 31/03/2014, condiviso dalla Regione Friuli VG con nota prot. n. 26791/P del 29/09/2014.

➔ Area Mercurio (Hg) Isontino:

- Relazione preliminare, trasmessa alla Regione Friuli VG, con nota di ARPAFVG prot. n. **43103-P del 30/12/2014**;
- Relazione preliminare, Revisione 2, trasmessa ai Comuni interessati, in data **29/01/2016**, con nota di ARPAFVG prot. n. **3057-P** e inviata alla Regione Friuli VG con nota di ARPAFVG prot. n. **22901-P del 07/07/2016**;
- Relazione sui risultati relativi alle prime elaborazioni dei dati acquisiti durante la campagna di indagine implementata trasmessa, con nota prot. n. **42205/P/GEN/STA del 30/11/2018**, alla Regione Friuli VG.

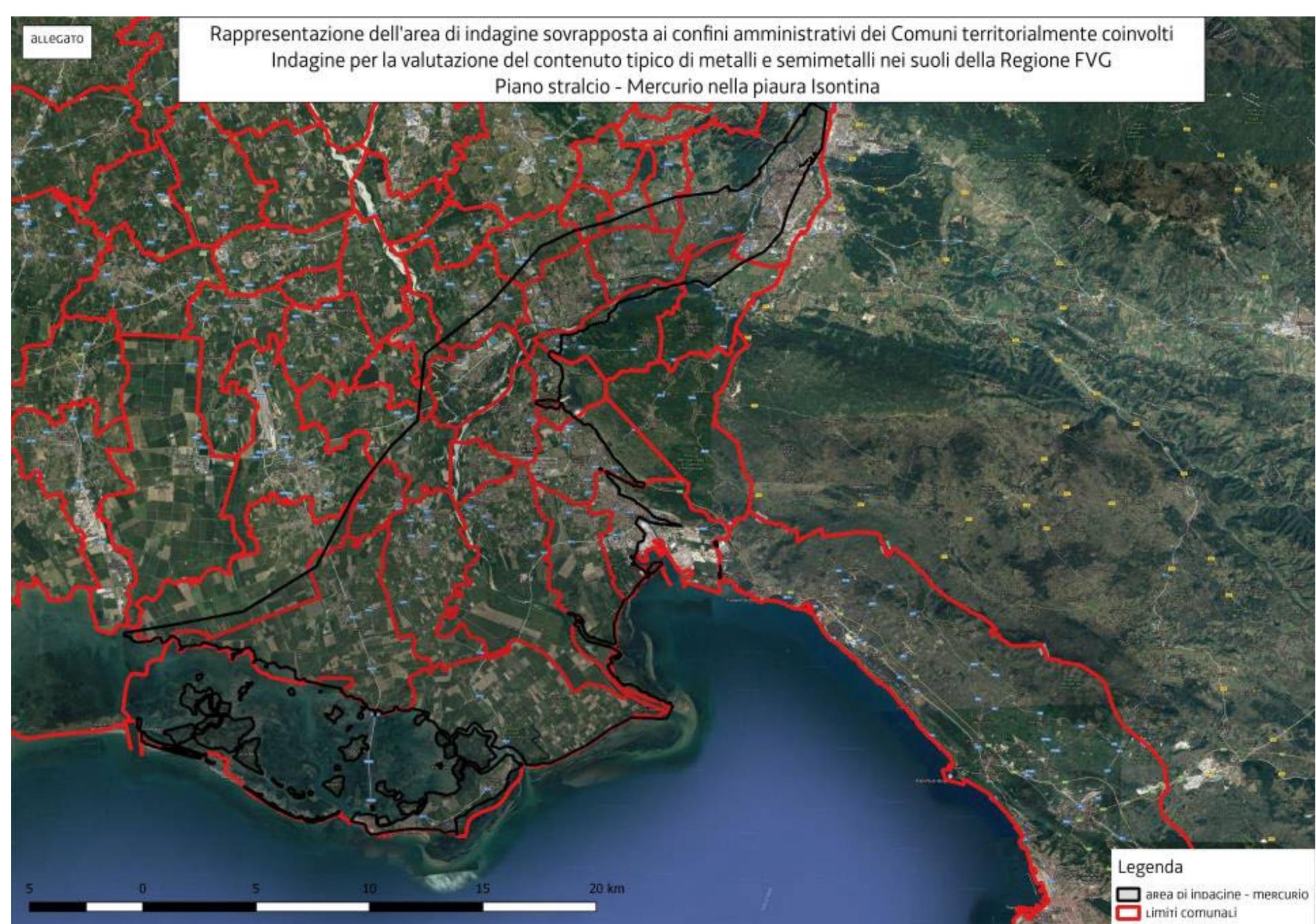
	Totale	Gorizia	Udine
Comuni interessati	21	17	4
Punti di indagine	135	120	15
Analisi Mercurio – punti indagine	135	120	15
Analisi Metalli + C>12 - punti indagine	96	87	9
<p>N.B:</p> <p>I campioni sono stati prelevati, essenzialmente, in corrispondenza di aree pubbliche tra gli anni 2016 e 2018;</p> <p>la densità di campionamento si attesta, attualmente, attorno a 0,46 osservazioni/km²;</p>			

Nei campioni prelevati si sono riscontrati superamenti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) solamente per il Hg, non relativamente agli altri parametri ricercati.

Sono state effettuate:

- su una parte dei campioni prelevati, le analisi di speciazione per la determinazione delle diverse specie di Hg di interesse nei suoli.;
- delle rilevazioni speditive, durante il prelievo dei campioni di suolo, relative all'eventuale presenza dell'Hg in atmosfera.

Rappresentazione dell'area di indagine sovrapposta ai confini amministrativi dei Comuni territorialmente coinvolti
Indagine per la valutazione del contenuto tipico di metalli e semimetalli nei suoli della Regione FVG
Piano stralcio - Mercurio nella piaura Isontina



Legenda
— area di indagine - mercurio
— limiti comunali

*Studio sui valori di fondo di metalli e altri inquinanti nei suoli della Regione Friuli VG
Studio finalizzato alla determinazione della presenza del Mercurio (Hg) nella Pianura Isontina
"Campagna per la valutazione del fondo"*



SCALA 1:180.000
(Rapporto di scala non conforme all'originale)

Punti di indagine
Ambiti territoriali urbanistici omogenei
n. %

Zona B (zona residenziale)		1	0,9
Zona C (zona residenziale)		2	1,9
Zona E (zona agricola forestale)	ricadente in ambiti boschivi (E2)	7	6,6
	ricadente negli ambiti di interesse paesaggistico (E4)	28	26,4
	ricadente negli ambiti di preminente interesse agricolo (E5)	9	8,5
	ricadente negli ambiti di interesse agricolo (E6)	13	12,3
Zona F (ambiti di tutela)		24	22,6
Ambito servizi e attrezzature collettive (P)		18	17,0
Zona di rispetto - attracchi		2	1,9
Zona destinata ad insediamenti turistici (G)		2	1,9
Totale		106	100,0

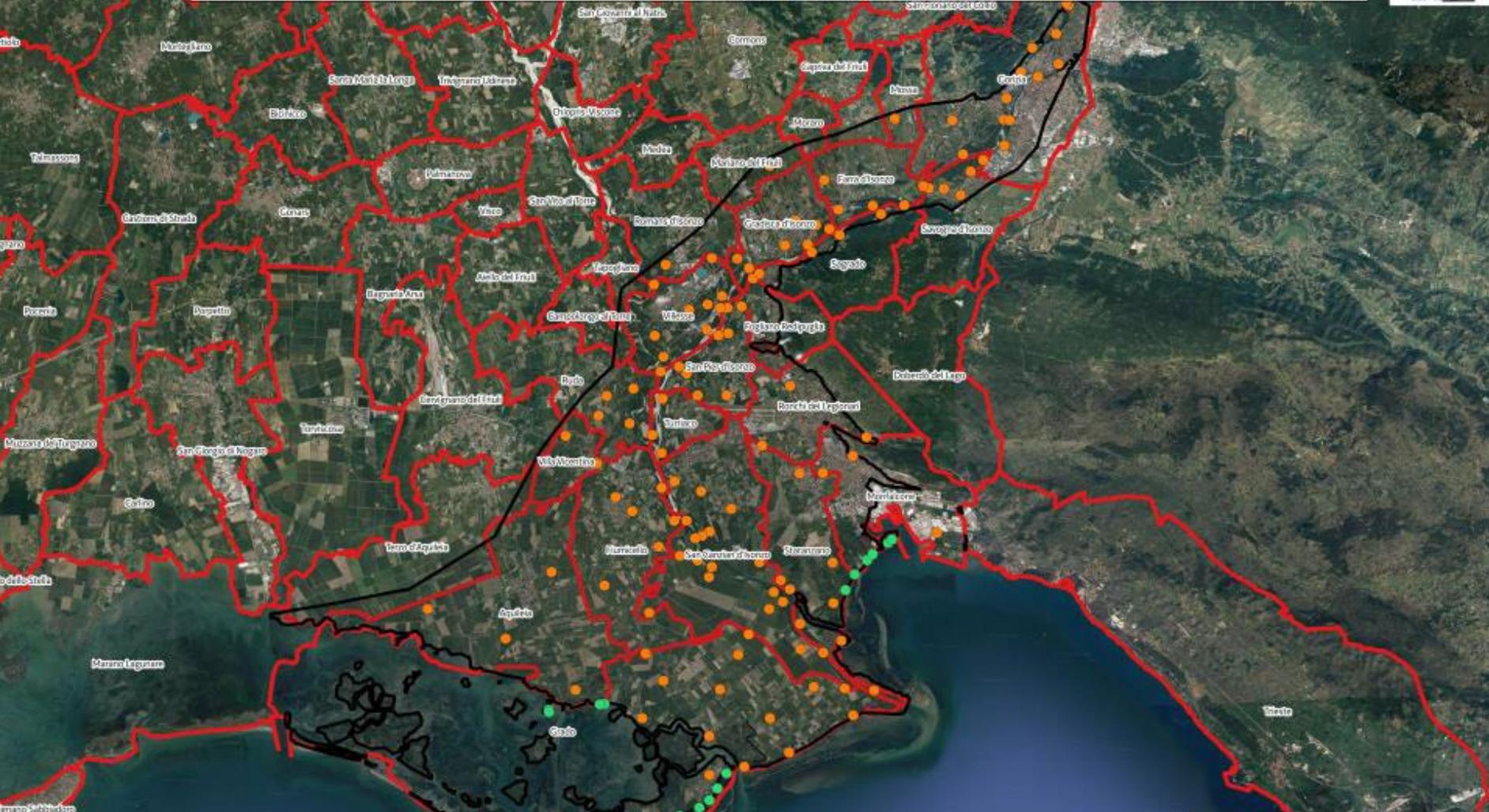
Ubicazione dei punti di indagine dei suoli in funzione della destinazione d'uso dell'area di campionamento.

Punti di indagine
Ambiti territoriali urbanistici omogenei
n. %

Zona F (ambiti di tutela)		6	20,7
Ambito servizi e attrezzature collettive (P)		21	72,4
Zona destinata ad insediamenti turistici (G)		2	6,9
Totale		29	100,0

Ubicazione dei punti di indagine degli arenili in funzione della destinazione d'uso dell'area di campionamento.

Rappresentazione dei punti di indagine utilizzati per la determinazione del Hg.
 Indagini per la valutazione del contenuto tipico di metalli e semimetalli nei suoli della Regione FVG
 Piano stralcio - Mercurio nella piaura Isontina

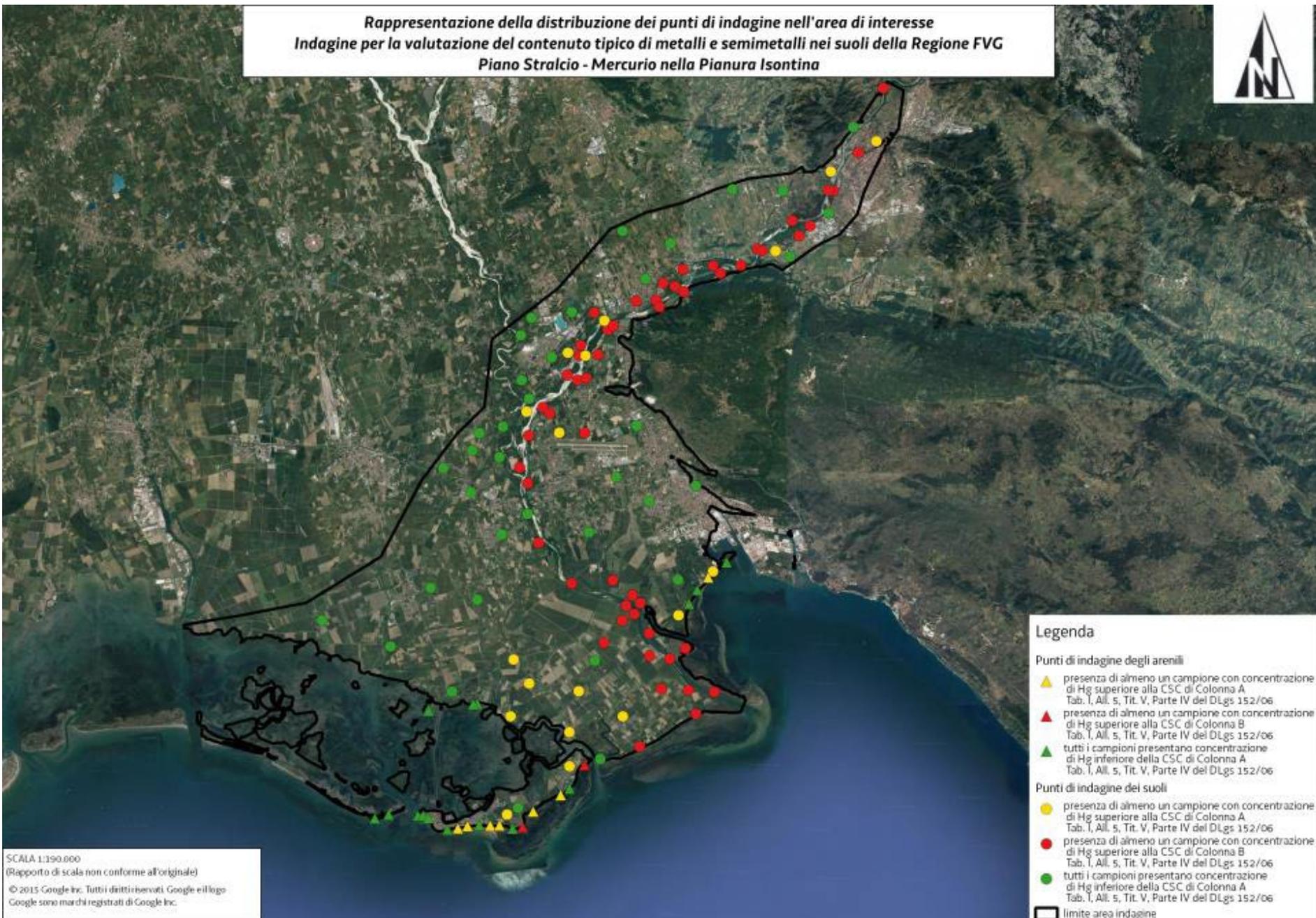


- Legenda**
- punti di indagine nella fascia costiera
 - punti di indagine dei suoli
 - area di indagine - mercurio
 - limiti comunali

NUMERO DI PUNTI DI INDAGINE PER COMUNE

ID	COMUNE	PROVINCIA	N_CAMPIONI				CONCENTRAZIONI [C]			
			N_PUNTI	SUPERFICIALI	PROFONDI	TOTALE	C≤CSC_COL_A	CSC_COL_A<C≤CSC_COL_B	C>CSC_COL_B	TOTALE
1	AQUILEIA	UD	4	4	3	7	7	-	-	7
2	FARRA D'ISONZO	GO	5	5	5	10	2	2	6	10
3	FIUMICELLO	UD	5	5	5	10	7	1	2	10
4	FOGLIANO REDIPUGLIA	GO	1	1	1	2	1	-	1	2
5	GORIZIA	GO	10	10	10	20	9	4	7	20
6	GRADISCA D'ISONZO	GO	7	7	7	14	5	4	5	14
7	GRADO	GO	38	38	36	74	47	17	10	74
8	MARIANO DEL FRIULI	GO	1	1	1	2	2	-	-	2
9	MONFALCONE	GO	6	6	3	9	7	2	-	9
10	MOSSA	GO	1	1	1	2	2	-	-	2
11	ROMANS D'ISONZO	GO	1	1	1	2	2	-	-	2
12	RONCHI DEI LEGIONARI	GO	2	2	2	4	4	-	-	4
13	RUDA	UD	4	4	4	8	8	-	-	8
14	SAGRADO	GO	4	4	4	8	-	2	6	8
15	SAN CANZIAN D'ISONZO	GO	8	8	8	16	2	-	14	16
16	SAN PIER D'ISONZO	GO	8	8	7	15	4	3	8	15
17	SAVOGNA D'ISONZO	GO	5	5	5	10	3	1	6	10
18	STARANZANO	GO	10	10	9	19	9	1	9	19
19	TURRIACO	GO	3	3	3	6	1	1	4	6
20	VILLA VICENTINA	UD	2	2	2	4	4	-	-	4
21	VILLESSE	GO	10	10	10	20	11	6	3	20
TOTALE			135	135	127	262	137	44	81	262

Rappresentazione della distribuzione dei punti di indagine nell'area di interesse
Indagine per la valutazione del contenuto tipico di metalli e semimetalli nei suoli della Regione FVG
Piano Stralcio - Mercurio nella Pianura Isontina



Legenda

Punti di indagine degli arenili

-  presenza di almeno un campione con concentrazione di Hg superiore alla CSC di Colonna A Tab. I, All. 5, Tit. V, Parte IV del DLgs 152/06
-  presenza di almeno un campione con concentrazione di Hg superiore alla CSC di Colonna B Tab. I, All. 5, Tit. V, Parte IV del DLgs 152/06
-  tutti i campioni presentano concentrazione di Hg inferiore della CSC di Colonna A Tab. I, All. 5, Tit. V, Parte IV del DLgs 152/06

Punti di indagine dei suoli

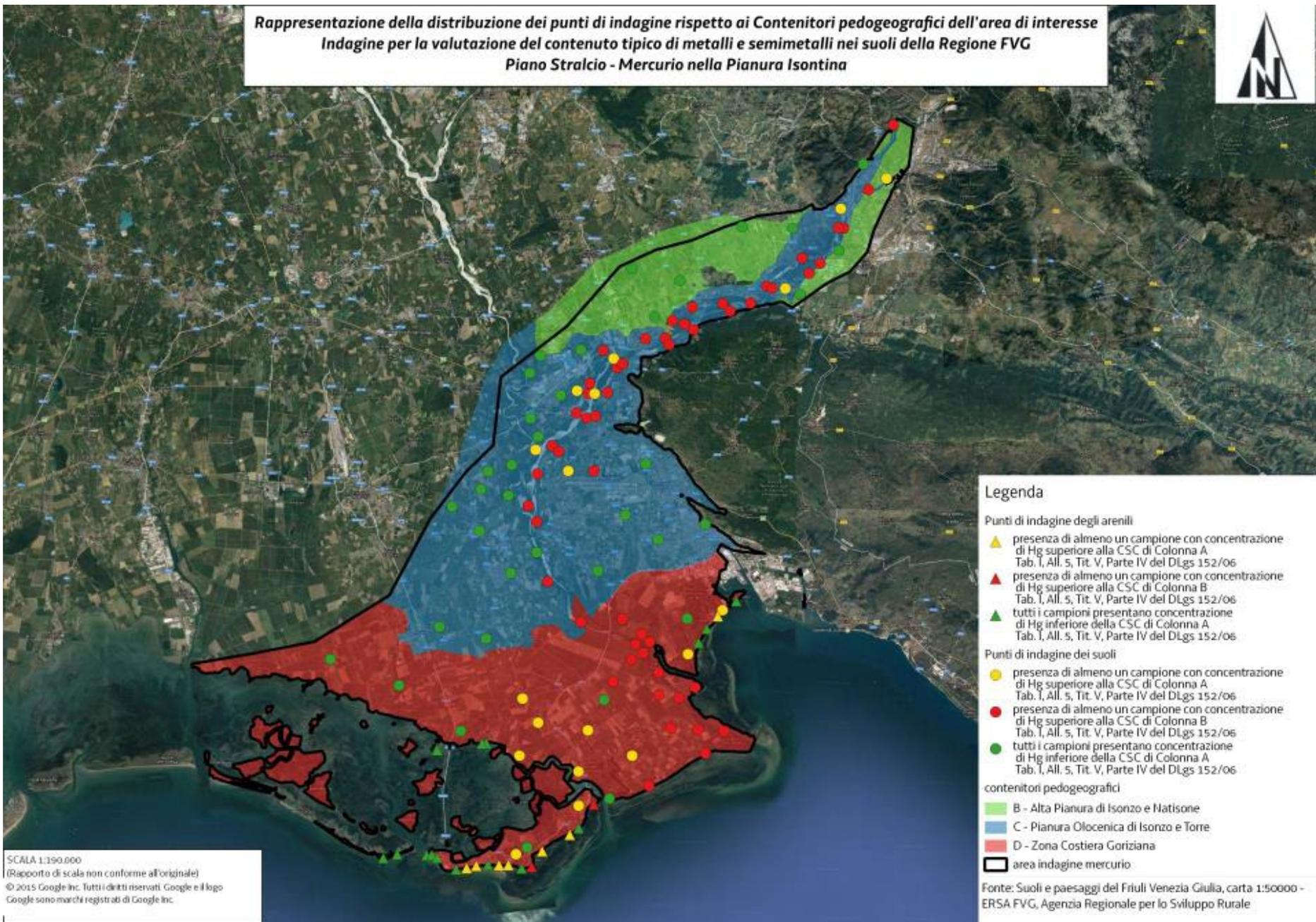
-  presenza di almeno un campione con concentrazione di Hg superiore alla CSC di Colonna A Tab. I, All. 5, Tit. V, Parte IV del DLgs 152/06
-  presenza di almeno un campione con concentrazione di Hg superiore alla CSC di Colonna B Tab. I, All. 5, Tit. V, Parte IV del DLgs 152/06
-  tutti i campioni presentano concentrazione di Hg inferiore della CSC di Colonna A Tab. I, All. 5, Tit. V, Parte IV del DLgs 152/06

 limite area indagine

SCALA 1:190.000
(Rapporto di scala non conforme all'originale)

© 2015 Google Inc. Tutti i diritti riservati. Google e il logo Google sono marchi registrati di Google Inc.

**Rappresentazione della distribuzione dei punti di indagine rispetto ai Contenitori pedogeografici dell'area di interesse
Indagine per la valutazione del contenuto tipico di metalli e semimetalli nei suoli della Regione FVG
Piano Stralcio - Mercurio nella Pianura Isontina**



Legenda

Punti di indagine degli arenili

- ▲ presenza di almeno un campione con concentrazione di Hg superiore alla CSC di Colonna A Tab. I, All. 5, Tit. V, Parte IV del DLgs 152/06
- ▲ presenza di almeno un campione con concentrazione di Hg superiore alla CSC di Colonna B Tab. I, All. 5, Tit. V, Parte IV del DLgs 152/06
- ▲ tutti i campioni presentano concentrazione di Hg inferiore della CSC di Colonna A Tab. I, All. 5, Tit. V, Parte IV del DLgs 152/06

Punti di indagine dei suoli

- presenza di almeno un campione con concentrazione di Hg superiore alla CSC di Colonna A Tab. I, All. 5, Tit. V, Parte IV del DLgs 152/06
- presenza di almeno un campione con concentrazione di Hg superiore alla CSC di Colonna B Tab. I, All. 5, Tit. V, Parte IV del DLgs 152/06
- tutti i campioni presentano concentrazione di Hg inferiore della CSC di Colonna A Tab. I, All. 5, Tit. V, Parte IV del DLgs 152/06

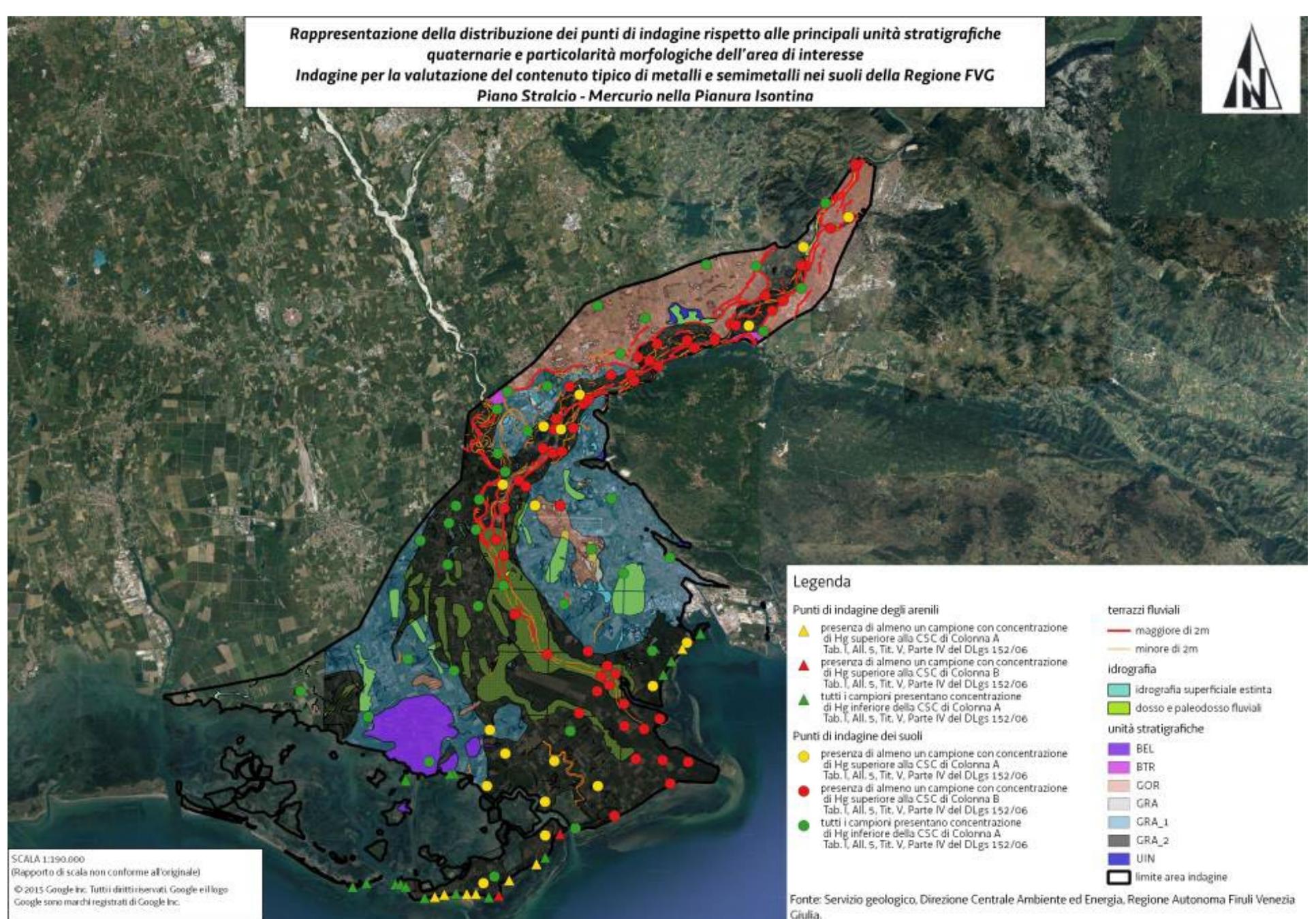
contenitori pedogeografici

- B - Alta Pianura di Isonzo e Natissone
- C - Pianura Olocenica di Isonzo e Torre
- D - Zona Costiera Goriziana
- area indagine mercurio

Fonte: Suoli e paesaggi del Friuli Venezia Giulia, carta 1:50000 - ERSRA FVG, Agenzia Regionale per lo Sviluppo Rurale

SCALA 1:190.000
(Rapporto di scala non conforme all'originale)
© 2015 Google Inc. Tutti i diritti riservati. Google e il logo Google sono marchi registrati di Google Inc.

Rappresentazione della distribuzione dei punti di indagine rispetto alle principali unità stratigrafiche quaternarie e particolarità morfologiche dell'area di interesse
Indagine per la valutazione del contenuto tipico di metalli e semimetalli nei suoli della Regione FVG
Piano Stralcio - Mercurio nella Pianura Isontina



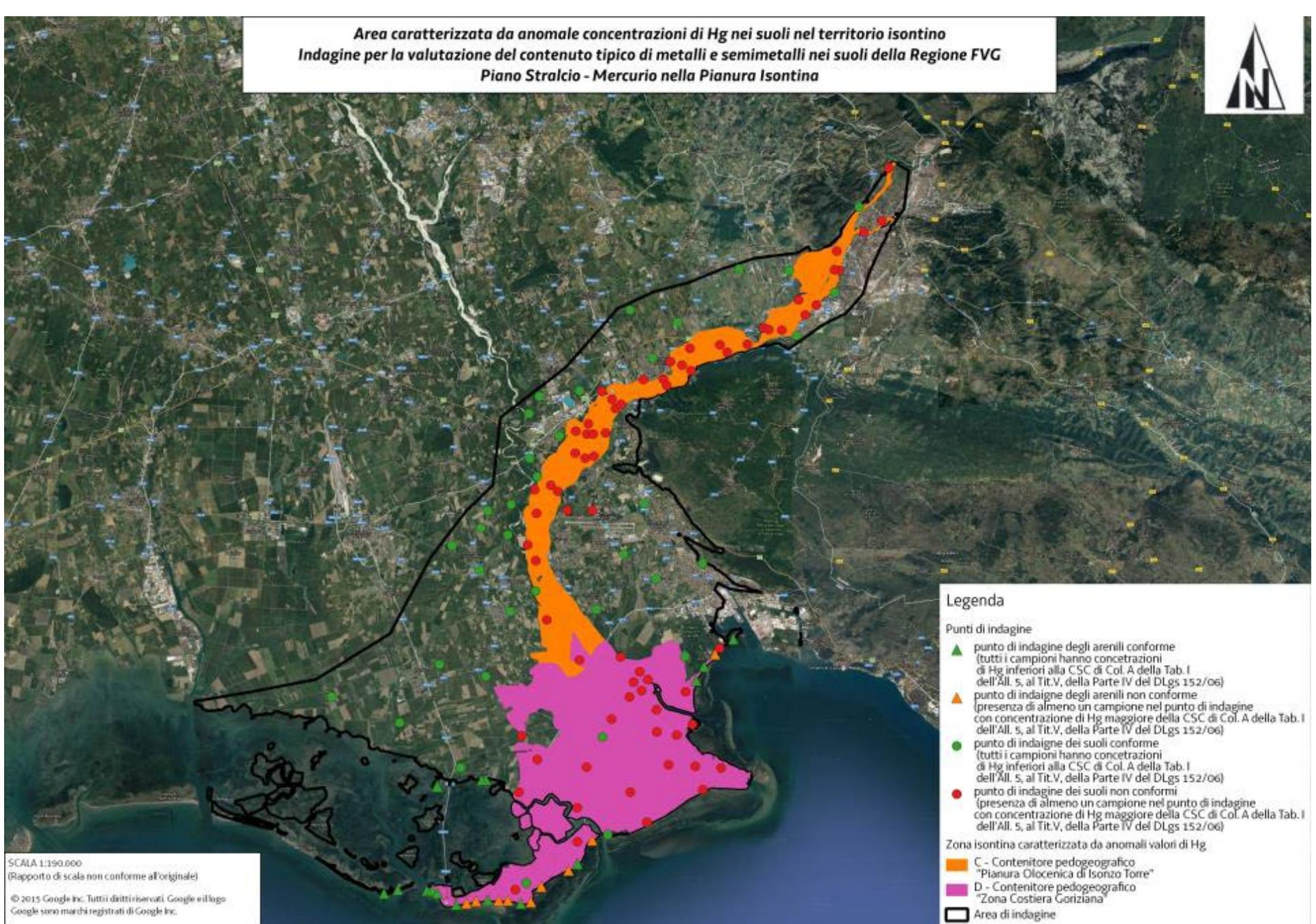
Legenda

- | | |
|---|---|
| <p>Punti di indagine degli arenili</p> <ul style="list-style-type: none"> ▲ presenza di almeno un campione con concentrazione di Hg superiore alla CSC di Colonna A Tab. I, All. 5, Tit. V, Parte IV del DLgs 152/06 ▲ presenza di almeno un campione con concentrazione di Hg superiore alla CSC di Colonna B Tab. I, All. 5, Tit. V, Parte IV del DLgs 152/06 ▲ tutti i campioni presentano concentrazione di Hg inferiore della CSC di Colonna A Tab. I, All. 5, Tit. V, Parte IV del DLgs 152/06 <p>Punti di indagine dei suoli</p> <ul style="list-style-type: none"> ● presenza di almeno un campione con concentrazione di Hg superiore alla CSC di Colonna A Tab. I, All. 5, Tit. V, Parte IV del DLgs 152/06 ● presenza di almeno un campione con concentrazione di Hg superiore alla CSC di Colonna B Tab. I, All. 5, Tit. V, Parte IV del DLgs 152/06 ● tutti i campioni presentano concentrazione di Hg inferiore della CSC di Colonna A Tab. I, All. 5, Tit. V, Parte IV del DLgs 152/06 | <p>terrazzi fluviali</p> <ul style="list-style-type: none"> — maggiore di 2m — minore di 2m <p>idrografia</p> <ul style="list-style-type: none"> □ idrografia superficiale estinta □ dosso e paleodosso fluviali <p>unità stratigrafiche</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ BEL ■ BTR ■ GOR ■ GRA ■ GRA_1 ■ GRA_2 ■ UIN □ limite area indagine |
|---|---|

SCALA 1:190.000
 (Rapporto di scala non conforme all'originale)
 © 2015 Google Inc. Tutti i diritti riservati. Google e il logo Google sono marchi registrati di Google Inc.

Fonte: Servizio geologico, Direzione Centrale Ambiente ed Energia, Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia.

Area caratterizzata da anomale concentrazioni di Hg nei suoli nel territorio isontino
Indagine per la valutazione del contenuto tipico di metalli e semimetalli nei suoli della Regione FVG
Piano Stralcio - Mercurio nella Pianura Isontina



Legenda

Punti di indagine

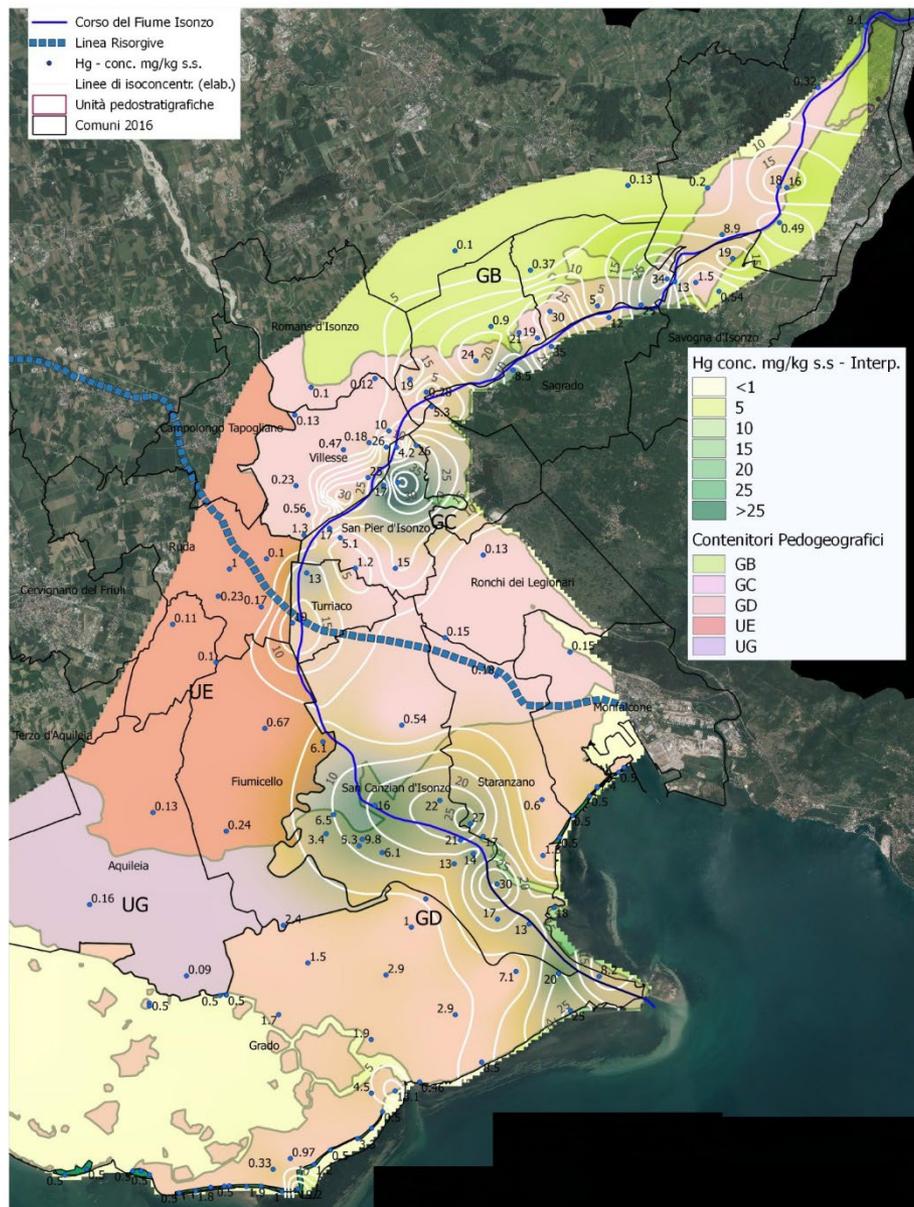
- ▲ punto di indagine degli arenili conforme (tutti i campioni hanno concentrazioni di Hg inferiori alla CSC di Col. A della Tab. I dell'Al. 5, al Tit.V, della Parte IV del DLgs 152/06)
- ▲ punto di indagine degli arenili non conforme (presenza di almeno un campione nel punto di indagine con concentrazione di Hg maggiore della CSC di Col. A della Tab. I dell'Al. 5, al Tit.V, della Parte IV del DLgs 152/06)
- punto di indagine dei suoli conforme (tutti i campioni hanno concentrazioni di Hg inferiori alla CSC di Col. A della Tab. I dell'Al. 5, al Tit.V, della Parte IV del DLgs 152/06)
- punto di indagine dei suoli non conformi (presenza di almeno un campione nel punto di indagine con concentrazione di Hg maggiore della CSC di Col. A della Tab. I dell'Al. 5, al Tit.V, della Parte IV del DLgs 152/06)

Zona isontina caratterizzata da anomali valori di Hg

- C - Contenitore pedogeografico "Pianura Olocenica di Isonzo Torre"
- D - Contenitore pedogeografico "Zona Costiera Goriziana"
- Area di indagine

SCALA 1:190.000
(Rapporto di scala non conforme all'originale)
© 2015 Google Inc. Tutti i diritti riservati. Google e il logo Google sono marchi registrati di Google Inc.

PRESENZA DI MERCURIO NEI SUOLI ISONTINI - Campioni superficiali (10-30 cm)
 INTERPOLAZIONE DATI AL 20/03/2018- Metodo Multi-B Spline



Valori di riferimento dell'Hg nei suoli della Pianura Isontina

Zona	Punti	Livello	Dati	Distribuzione	Outliers	re di riferimento
[mg/Kg s.s.]	Fonte valore					
Zona_hg_C_D	75	Superficiale	75	Rad-normale	0	30 95° percentile
valori di fondo		Profondo	72	Log-normale	0	22 93° percentile
valori di fondo						
ZONA_no_hg_C_D	23	Superficiale	23	Log-normale	1	1 -1
		Profondo	22	Log-normale	1	1 -1
Zona_hg_B	8	Superficiale	8	normale	0	1 -1
		Profondo	8	nd	0	1 -1

Valori di riferimento per la normalità rispetto ai valori di fondo. (1) col. A Tab. 1, All. 5 Tit. V, Parte IV D.Lgs 152/06.

Zona	Punti	Livello	Dati	Distribuzione	Outliers	Valore di riferimento
[mg/Kg s.s.]	Fonte valore					
ARENILI	29	Superficiale	29	Log-normale	0	9 94.9° percentile
valori di fondo		Profondo	25	Log-normale	0	4 95.5° percentile
valori di fondo						

Valori di riferimento per la normalità rispetto ai valori mdi fondo. (1) col. A Tab. 1, All. 5 Tit. V, Parte IV D.Lgs 152/06.

Il contenuto di Hg totale non fornisce informazioni utili a riguardo del suo comportamento in termini di mobilità dai suoli, biodisponibilità ed eventuale tossicità per la componente biotica (Issaro et al. 2009).

- Composti volatili: Hg^0 ; $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$;
- Specie reattive: Hg^{2+} ; HgX_2 , HgX_3^- , e HgX_4^{2-} con $\text{X}=\text{OH}^-$, Cl^- e Br^- ; HgO su particelle in aerosol; Hg^{2+} in complessi con acidi organici; metilmercurio (CH_3Hg^+ , CH_3HgCl , CH_3HgOH) e altri composti organomercurici;
- Specie non-reattive: $\text{Hg}(\text{CN})_2$; HgS ; Hg^{2+} legato ad atomi di S in composti organici.

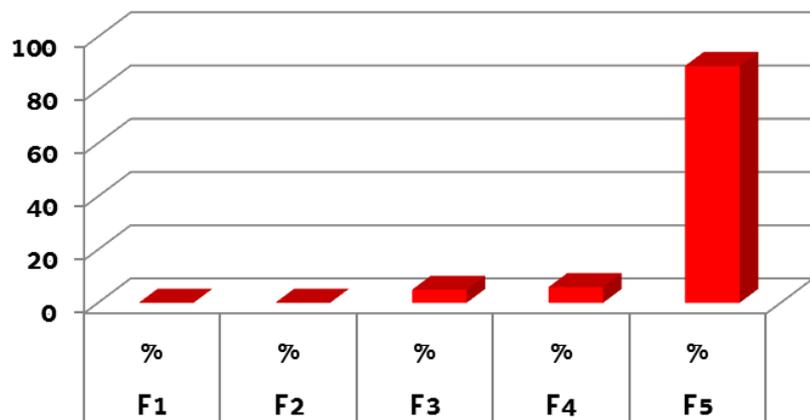
Tra le diverse tecniche di speciazione riportate in letteratura le estrazioni chimiche sequenziali vengono utilizzate nella determinazione della mobilità di un elemento utilizzando una serie di reagenti caratterizzati da un potere estraente via via più elevato (Bacon & Davidson 2008; Fernandez-Martinez et al. 2005).

Bloom et al (2003): il metodo prevede l'analisi di una serie di soluzioni ottenute dall'applicazione di una estrazione chimica condotta in modo sequenziale e la loro successiva analisi seguendo la metodica EPA 1631e. La speciazione è stata condotta su 34 campioni.

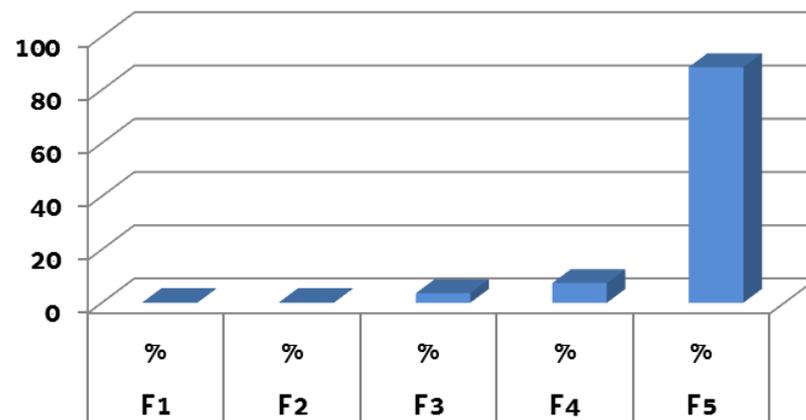
	Classificazione Hg	Composti primari estratti
F1	Solubile in acqua, Sali	HgCl ₂
F2	Solubile in acidi deboli/ Solubile a livello gastrico	HgSO ₄ , HgO
F3	Complessato con sostanza organica	Hg-umici, Hg ₂ Cl ₂ , CH ₃ Hg (MeHg)
F4	Fortemente complessato	legato al reticolo minerale, Hg ₂ Cl ₂ , Hg ⁰ (elementare)
F5	Fase minerale	HgS (cinabro), m-HgS (metacinabro), HgSe (amalgama), HgAu (amalgama)

- F1 e F2 rappresentano le forme più mobili. Entrambe sono risultate spesso inferiori al Iod strumentale (63% e 96% dei casi);
- F5 rappresenta la forma prevalente (89%). E' prevalentemente legata alla fase minerale ed è ipotizzabile sia la diretta conseguenza dell'attività mineraria (HgS). Solubilità di 2×10^{-53} a 25°C, quindi non biodisponibile;
- F3 e F4 rappresentano in media il 4.6 e 6.2% del totale. La prima è ascrivibile al Hg legato alla frazione organica, la seconda al reticolo minerale escludendo a priori la presenza di Hg elementare.

Suoli



Arenili



A fianco dell'attività di campionamento sono state effettuate le misure *in situ* relative alla concentrazione del Hg gassoso (ca. 101000 misurazioni).

Le concentrazioni rilevate sono piuttosto basse e comparabili a quelle osservate in siti definibili come incontaminati (assenza di sorgenti attive) (Higuera et al. 2013).

A livello degli arenili il valore medio era di $2,49 \pm 0,80 \text{ ng/m}^3$, nei suoli di $2,96 \pm 2,47 \text{ ng/m}^3$.

- Background Mediterraneo: $1,75\text{-}1,80 \text{ ng/m}^3$ (Wangberg et al. 2008);
- WHO media annua lavoratori esposti 1.000 ng/m^3 ;
- Norma Regione Toscana indoor/outdoor 500 ng/m^3 .

Studio, monitoraggio, conoscenza e valutazione dello stato del suolo

Campagna di indagine per la valutazione dei valori di riferimento per una o più sostanze nei suoli regionali. Valutazione dei valori di riferimento nei suoli per una o più sostanze al fine di una definizione dei valori di fondo.

Area territoriale:

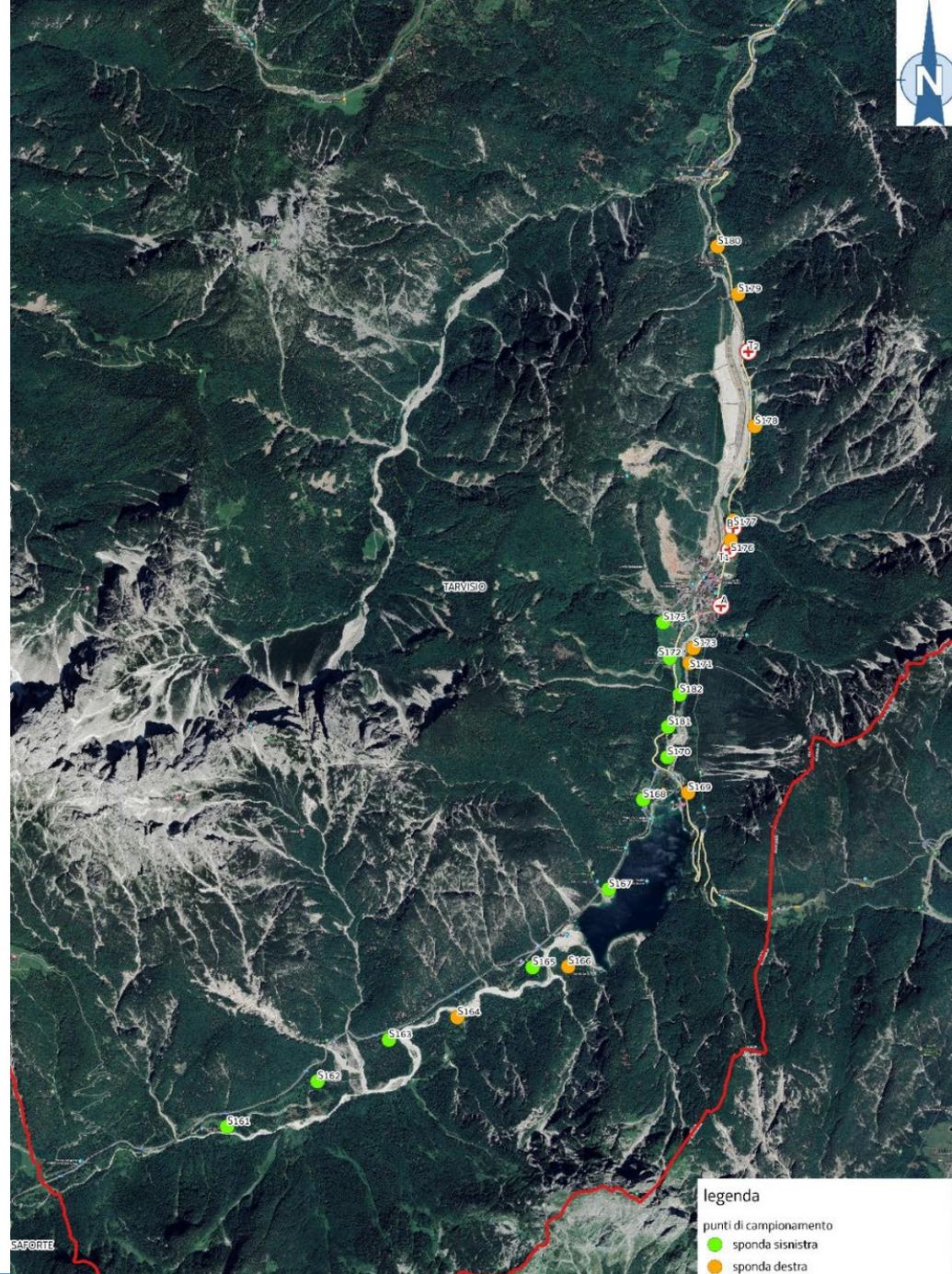
- Val del Rio del Lago, loc. Cave del Predil, Tarvisio (UD);
- Pianura pordenonese

Val del Rio del Lago, loc. Cave del Predil, Tarvisio (UD)

- **p.to 9.** delle attività strategiche “focus” dell’**Obiettivo Specifico “Supporto alla Gestione del Territorio”** di cui alle **“Linee di indirizzo per la programmazione 2019-2021 dell’Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente del Friuli Venezia Giulia”**, allegate alla **DGR del Friuli VG n. 2393 del 14/12/2018**;
- prestazioni tecniche identificate al Codice A.1.3.1. [cfr Catalogo dei Servizi Nazionale SNPA] nell’ambito del focus (Cod. F_10_2019) di cui alla Sez. B.2 (**“gli obiettivi specifici: i “Focus”, gli obiettivi di miglioramento e gli obiettivi aziendali”**) del **“Programma annuale 2019 programma triennale 2019-2021”**, adottato con DdDG di ARPA FVG n. 147 del 28/12/2018 e approvato con **DGR della Regione Friuli VG n. 471 del 22/03/2019**;
- **attività strategiche** di ARPA FVG (“focus”) di cui all’Allegato alla **DGR della Regione Friuli VG n. 2230 del 20/12/2019** di approvazione delle **“Linee di indirizzo per la programmazione 2020-2022 di ARPA FVG”**.

Val del Rio del Lago, loc. Cave del Predil, Tarvisio (UD)

- Piano di indagine trasmesso alla Regione FVG con nota agenziale prot. n. 7790/P/GEN/STA del 10.03.2020 riscontrato dalla Regione Friuli VG con Decreto del Direttore del Servizio Disciplina Gestione Rifiuti e Siti Inquinati n° 2277/AMB del 08/06/2020.



scala 1:25000

legenda

- punti di campionamento
- sponda sinistra
- sponda destra
- ⊕ punti di campionamento ARPA FVG 2008
- ▭ limiti comunali (statali)

	Destra idrografica	Sinistra idrografica	Totale
Monte Lago	2	4	6
Valle Lago	8	7	15
Totale	10	11	21

	superficie (0,10-0,30 m)	Profondità (0,80 – 1,10 m)	Totale
Monte Lago	6	6	12
Valle Lago	15	14	29
Totale	21	20	41

N.B.: in un ambito di indagine, posto in corrispondenza della zona a valle del lago, non è stato possibile, a causa delle condizioni di accessibilità dello stesso, prelevare un campione in profondità.

	Totale			superficiale/profondo ^(*))	superficiale ^(**)	Profondo ^(***)
	punti	superficiale	profondo			
non conforme	15	11	10	6	5	4
conforme	6	6	6	6	-	-

(^{*}): ambiti di campionamento in corrispondenza di cui sia lo strato superficiale che quello più profondo risultano contemporaneamente non conformi ad almeno una delle CSC di Tab. I, All. 5, Tit. V, Parte IV del D.Lgs 152/06;

(^{**}): ambiti di campionamento in corrispondenza di cui solo lo strato superficiale risulta non conforme ad almeno una delle CSC di Tab. I, All. 5, Tit. V, Parte IV del D.Lgs 152/06;

(^{***}): ambiti di campionamento in corrispondenza di cui solo lo strato profondo risulta non conforme ad almeno una delle CSC di Tab. I, All. 5, Tit. V, Parte IV del D.Lgs 152/06;

#		pb		zn		tl		as		sb		be		co		cd	
		sup	prof	sup	prof	sup	prof	sup	prof	sup	prof	sup	prof	sup	prof	sup	prof
1	S161	4,00	24,00	5,00	10,00	<0,05	<0,05	<0,5	<0,5	<0,50	<0,50	0,10	<0,10	0,19	0,37	<0,10	0,39
2	S163	39,00	3,80	22,00	2,52	0,14	<0,05	1,70	<0,5	<0,50	<0,50	<0,10	<0,10	0,71	0,17	0,78	0,20
3	S165	120,00	2,00	350,00	1,76	0,47	<0,05	4,30	<0,5	<0,50	<0,50	0,20	<0,10	1,29	<0,075	1,65	<0,10
4	S167	57,00	160,00	55,00	70,00	0,20	0,10	4,40	2,10	<0,50	<0,50	0,30	<0,10	1,11	0,55	0,44	0,33
5	S168	61,00	120,00	71,00	150,00	0,27	0,40	3,20	11,90	<0,50	<0,50	0,60	<0,10	2,58	0,77	0,43	1,48
6	S169	5,00	28,00	10,00	19,00	0,05	<0,05	1,10	2,80	<0,50	<0,50	0,20	<0,10	0,79	0,26	<0,10	0,38
7	S170	96,00	360,00	29,00	73,00	0,34	0,67	4,20	8,60	<0,50	<0,50	0,20	0,40	1,13	2,12	0,50	1,13
8	S171	56,90	152,60	40,53	112,92	0,13	0,17	2,00	2,00	<0,50	<0,50	<0,10	<0,10	0,25	0,15	0,39	0,56
9	S172	8,90	8,90	220,96	17,93	1,40	0,15	14,00	2,00	<0,50	<0,50	1,80	0,30	13,42	1,00	1,20	<0,10
10	S173	1400,00	184,30	3300,00	411,99	3,57	0,46	15,50	3,00	1,20	<0,50	0,20	<0,10	1,32	0,30	10,00	1,45
11	S175	265,90	224,20	356,59	309,85	1,36	1,09	6,00	6,00	<0,50	<0,50	0,30	0,30	1,37	1,41	1,69	1,61
12	S176	487,20	90,90	982,04	194,61	1,48	0,46	7,00	3,00	<0,50	<0,50	<0,10	<0,10	0,36	0,32	2,41	0,56
13	S177	213,00	38,00	198,25	56,42	0,91	0,30	3,00	1,00	<0,50	<0,50	<0,10	<0,10	0,26	<0,075	0,43	<0,10
14	S178	718,90	1217,80	1446,12	1627,09	3,62	8,20	22,00	44,00	<0,50	1,30	<0,10	<0,10	<0,075	<0,075	2,56	3,61
15	S179	1258,20	351,70	993,99	383,04	3,27	1,17	16,00	8,00	<0,50	<0,50	0,50	0,30	2,11	1,42	3,39	1,17
16	S180	2650,10	70,30	2723,10	98,52	3,72	0,20	25,00	1,00	1,50	<0,50	0,40	<0,10	1,41	0,17	8,74	0,44
17	S181	23000,00	26000,00	10000,00	16000,00	12,10	8,37	104,10	99,30	25,00	11,30	0,20	2,10	<0,075	9,00	25,00	41,00
18	S182	19,00	ND	43,00	ND	1,43	ND	19,40	ND	2,80	ND	0,50	ND	3,00	ND	0,69	ND
19	S164	<0,75	12,00	3,00	17,00	<0,05	0,11	<0,5	1,30	<0,50	<0,50	0,10	0,10	0,48	2,19	0,10	0,32
20	S166	2,20	<0,75	1,88	3,00	<0,05	<0,05	<0,5	<0,5	<0,50	<0,50	<0,10	<0,10	<0,075	<0,075	<0,10	<0,10
21	S162	35,00	<0,75	35,00	2,01	0,19	<0,05	2,10	<0,5	<0,50	<0,50	0,20	<0,10	2,39	0,34	0,50	<0,10

CSC (col A) CSC (col B) 100,00 1000,00 150,00 1500,00 1,00 10,00 20,00 50,00 10,00 30,00 2,00 10,00 20,00 250,00 2,00 15,00

#		crtot		hg		ni		cu		se		va	
		sup	prof	sup	prof	sup	prof	sup	prof	sup	prof	sup	prof
1	S161	1,68	3,00	<0,025	<0,025	0,41	1,89	1,33	2,99	<0,25	<0,25	2,30	3,00
2	S163	6,00	1,65	<0,025	<0,025	1,93	0,97	6,06	1,44	<0,25	<0,25	6,00	1,40
3	S165	11,00	0,63	0,05	<0,025	6,00	0,33	3,09	0,83	<0,25	<0,25	12,00	<0,40
4	S167	8,00	5,00	<0,025	<0,025	4,00	2,29	8,47	2,99	<0,25	<0,25	10,00	5,00
5	S168	11,00	18,00	<0,025	<0,025	2,67	2,57	5,39	4,42	<0,25	<0,25	17,00	18,00
6	S169	4,00	7,00	<0,025	<0,025	0,81	0,78	1,24	1,05	<0,25	<0,25	6,00	6,00
7	S170	7,00	13,00	<0,025	<0,025	2,11	4,00	2,23	3,14	<0,25	<0,25	12,00	22,00
8	S171	2,39	1,60	0,05	<0,025	0,58	0,44	2,35	1,87	<0,25	<0,25	1,00	0,40
9	S172	31,56	4,59	0,09	<0,025	9,45	1,53	13,99	2,57	1,10	<0,25	39,30	5,60
10	S173	9,00	1,85	0,43	0,05	4,00	0,73	15,00	3,47	<0,25	<0,25	13,00	1,50
11	S175	9,66	9,56	0,09	0,09	2,52	2,87	7,70	6,73	<0,25	<0,25	12,20	13,70
12	S176	2,00	1,67	0,30	0,08	0,90	0,44	6,34	2,98	<0,25	<0,25	2,40	1,50
13	S177	1,29	1,31	<0,025	<0,025	0,53	<0,15	1,08	<0,10	<0,25	<0,25	1,70	<0,40
14	S178	0,79	0,55	<0,025	<0,025	0,37	<0,15	<0,10	<0,10	<0,25	<0,25	<0,40	<0,40
15	S179	10,00	6,43	0,88	0,40	5,88	3,57	27,29	12,64	0,60	<0,25	10,30	6,00
16	S180	8,58	1,14	0,30	<0,025	4,28	0,39	11,88	1,47	0,80	<0,25	9,90	0,80
17	S181	6,00	43,00	0,05	0,10	3,00	15,00	6,10	17,00	0,90	1,70	5,00	54,00
18	S182	20,00	ND	0,09	ND	14,00	ND	13,00	ND	1,50	ND	43,00	ND
19	S164	1,29	9,00	0,03	0,03	<0,15	<0,15	2,53	7,43	<0,25	1,30	0,40	5,00
20	S166	0,88	0,99	<0,025	<0,025	<0,15	<0,15	4,00	3,79	<0,25	<0,25	0,80	<0,40
21	S162	11,00	1,14	0,07	<0,025	<0,15	<0,15	12,00	1,93	<0,25	<0,25	8,00	<0,40

CSC (col A) **CSC (col B)** 150,00 800,00 1,00 5,00 120,00 500,00 120,00 600,00 3,00 15,00 90,00 250,00

#		al		fe		mn	
		sup	prof	sup	prof	sup	prof
1	S161	150,00	710,00	300,00	640,00	9,00	23,00
2	S163	1400,00	250,00	1300,00	250,00	48,00	11,00
3	S165	3500,00	22,00	3200,00	58,00	97,00	3,00
4	S167	8000,00	3400,00	5400,00	2900,00	57,00	40,00
5	S168	16000,00	1400,00	9200,00	4100,00	180,00	29,00
6	S169	4100,00	490,00	3200,00	1000,00	46,00	9,00
7	S170	5600,00	12000,00	3900,00	8000,00	85,00	200,00
8	S171	1542,00	1029,00	956,70	720,80	24,50	19,53
9	S172	49000,00	7468,00	36000,00	3857,80	855,02	76,12
10	S173	5300,00	1334,00	5400,00	1169,10	230,00	40,53
11	S175	7703,00	8008,00	5402,90	5870,20	209,78	240,21
12	S176	2371,00	2244,00	2502,50	1785,70	78,64	40,14
13	S177	1490,00	1396,00	1431,00	999,20	33,71	25,82
14	S178	725,00	704,00	1733,60	2646,30	20,31	17,19
15	S179	7385,00	5117,00	7768,10	4425,20	845,79	549,02
16	S180	6957,00	940,00	7285,00	733,80	272,94	22,79
17	S181	5500,00	49000,00	6400,00	37000,00	110,00	1100,00
18	S182	10000,00	ND	6800,00	ND	370,00	ND
19	S164	290,00	2800,00	210,00	1900,00	7,00	73,00
20	S166	120,00	63,00	97,00	44,00	4,00	2,91
21	S162	3700,00	170,00	2600,00	130,00	81,00	5,00

#		Massa volumica granuli solidi		Calcare totale %		sabbia %	limo%	argilla%	Materiale fino%	sabbia %	limo%	argilla%	Materiale fino%
		sup	prof	sup	prof	sup			prof				
1	S161	2,84	2,70	92,80	80,00	96,40	0,00	0,00	3,60	66,00	28,00	6,00	34,00
2	S163	2,72	2,73	77,00	74,90	38,00	60,00	2,00	62,00	62,00	36,00	2,00	38,00
3	S165	2,68	2,84	82,50	91,40	28,00	67,00	5,00	72,00	97,60	0,00	0,00	2,40
4	S167	2,67	2,79	70,80	75,20	50,00	41,00	9,00	50,00	62,00	33,00	5,00	38,00
5	S168	2,48	2,64	39,80	14,60	42,00	32,00	26,00	58,00	17,00	36,00	47,00	83,00
6	S169	2,66	2,75	76,30	87,10	70,00	27,00	3,00	30,00	75,00	17,00	8,00	25,00
7	S170	2,33	2,78	47,20	72,50	32,00	43,00	25,00	67,00	39,00	54,00	7,00	61,00
8	S171	2,53	2,53?	43,60	ND	44,00	39,00	17,00	56,00	ND	ND	ND	0,00
9	S172	2,53	2,69	4,99	66,90	12,00	35,00	53,00	88,00	57,00	22,00	21,00	43,00
10	S173	2,66	2,62	41,40	68,30	42,00	36,00	22,00	58,00	65,00	29,00	6,00	35,00
11	S175	2,58	2,76	62,60	88,70	30,00	42,00	28,00	70,00	27,00	61,00	12,00	73,00
12	S176	2,63	2,74	70,30	73,60	46,00	40,00	14,00	54,00	71,00	21,00	8,00	29,00
13	S177	2,77	2,80	86,90	83,40	72,00	23,00	5,00	28,00	74,00	17,00	9,00	26,00
14	S178	2,84	2,84	96,40	89,00	82,00	15,00	3,00	18,00	69,00	30,00	1,00	31,00
15	S179	2,52	2,66	56,50	70,70	79,00	18,00	3,00	21,00	65,00	29,00	6,00	35,00
16	S180	2,62	2,64	72,60	90,20	37,00	50,00	13,00	63,00	65,00	22,00	13,00	35,00
17	S181	2,84	2,44	77,70	ND	63,00	25,00	12,00	37,00	6,00	28,00	66,00	94,00
18	S182	2,67	ND	56,10	ND	33,00	43,00	24,00	67,00	ND	ND	ND	0,00
19	S164	2,80	2,80	85,90	77,70	82,00	18,00	0,00	18,00	85,00	14,00	1,00	15,00
20	S166	2,82	2,84	91,90	90,20	84,00	14,00	2,00	16,00	97,20	-	-	2,80
21	S162	2,61	ND	80,40	ND	23,00	68,00	9,00	77,00	ND	ND	ND	0,00

Pianura pordenonese

Attività ricomprese tra i *focus* (obiettivi specifici) relativi ad attività istituzionali strategiche regionali:

- *“Programma di attività annuale 2020 programma triennale 2020-2022”*, adottato con DDG di ARPA FVG n. 127 del 20/12/2019 e approvato con **DGR della Regione Friuli VG n. 518 del 03/04/2020**;
- *“Programma di attività annuale 2021 programma triennale 2021-2023”*, adottato con DDG di ARPA FVG n. 91 del 30/12/2020 e approvato con **DGR della Regione Friuli VG n. 435 del 19/03/2021**;
- *“Programma di attività annuale 2022 e triennale 2022-2024”*, adottato con DDG di ARPA FVG n. 182 del 30/12/2021 e approvato con **DGR della Regione Friuli VG n. 606 del 28/04/2022**;
- *“Programma delle attività, del Piano dei fabbisogni di personale, del Programma degli investimenti e del Bilancio preventivo annuali 2023 e triennali 2023-2025 dell’Agenzia Regionale per la Protezione dell’ambiente del Friuli Venezia Giulia”*, adottato con DDG di ARPA FVG n. 139 del 30/12/2022 e approvato con **DGR della Regione Friuli VG n. 646 del 29/03/2023**.

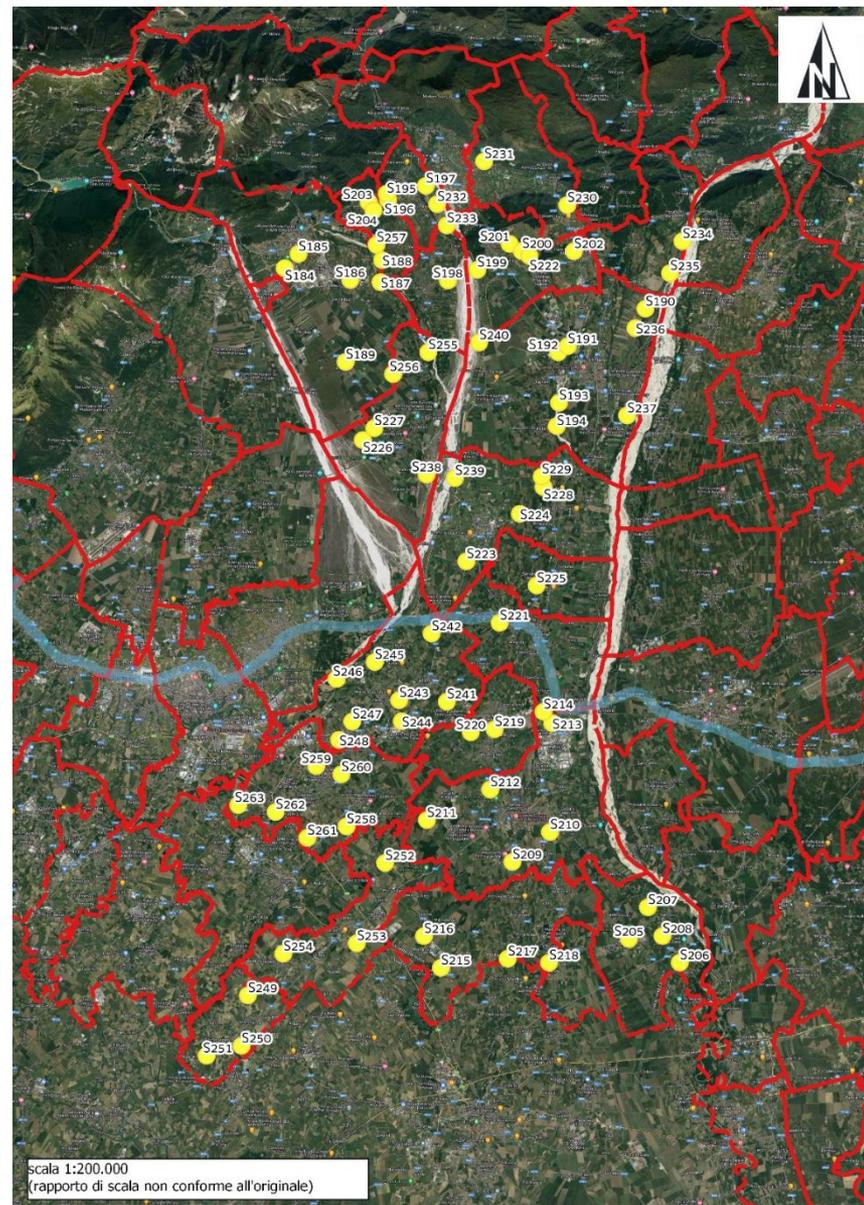
Pianura pordenonese

Piano di indagine trasmesso alla Regione FVG con nota agenziale **prot. n. 42210/P/GEN/STA del 19.12.2019** perfezionata, successivamente, con ulteriore nota agenziale **prot. n. 15287/P/GEN/STA del 08.06.2020** alla Regione Friuli VG.

<i>metalli</i>
<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> berillio (be); <input checked="" type="checkbox"/> <u>cadmio (cd)</u>; <input checked="" type="checkbox"/> cromo tot. (cr); <input checked="" type="checkbox"/> cobalto (co); <input checked="" type="checkbox"/> <u>rame (cu)</u>; <input checked="" type="checkbox"/> <u>piombo (pb)</u>; <input checked="" type="checkbox"/> mercurio (hg); <input checked="" type="checkbox"/> nichel (ni); <input checked="" type="checkbox"/> <u>tallio (tl)</u>; <input checked="" type="checkbox"/> vanadio (va); <input checked="" type="checkbox"/> <u>zinco (zn)</u>; • stagno (sn); • alluminio (al); • <u>ferro (fe)</u>; • manganese (mn);
<i>semimetalli</i>
<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <u>arsenico (as)</u>; <input checked="" type="checkbox"/> <u>antimonio (sb)</u>;
<i>non metalli</i>
<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> selenio (se)
<u>Sostanze organiche</u>
<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Idrocarburi pesanti C superiore a 12^(*)

<u>parametri</u>	
<u>chimici</u>	<u>di base del suolo</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Sommatoria PCDD, PCDF (conversione T.E.)	<ul style="list-style-type: none"> • contenuto di carbonio organico (C_{org}); • pH; • granulometria (% frazione passante ai 2mm); • contenuto naturale d'acqua;
<input checked="" type="checkbox"/> PCB	
<input checked="" type="checkbox"/> <u>Aromatici policiclici</u>	
<input checked="" type="checkbox"/> Benzo (a) antracene	
<input checked="" type="checkbox"/> Benzo (a) pirene	
<input checked="" type="checkbox"/> Benzo (b) fluorantene	
<input checked="" type="checkbox"/> Benzo (k,) fluorantene	
<input checked="" type="checkbox"/> Benzo (g, h, i) perilene	
<input checked="" type="checkbox"/> Crisene	
<input checked="" type="checkbox"/> Dibenzo (a, e) pirene	
<input checked="" type="checkbox"/> Dibenzo (a, l) pirene	
<input checked="" type="checkbox"/> Dibenzo (a, i) pirene	
<input checked="" type="checkbox"/> Dibenzo (a, h) pirene	
<input checked="" type="checkbox"/> Dibenzo (a, h) antracene	
<input checked="" type="checkbox"/> Indenopirene	
<input checked="" type="checkbox"/> Pirene	
<input checked="" type="checkbox"/> Sommatoria policiclici aromatici (come da Tab. 1, All. 5m, Tiit. V, Parte IV del DLgs 152/06)	

- Nel territorio della Provincia di Pordenone, sono stati, a oggi (29.09.2023):
 - realizzati 80 punti di campionamento;
 - prelevati 205 campioni.



Supporto tecnico operativo ai controlli dell'Agencia

Controlli relativi ad attività di **spandimento dei fanghi di depurazione** presso terreni agricoli da parte di una ditta autorizzata ai sensi del DLgs 99/92 (*“Attuazione della direttiva 86/278/CEE concernente la protezione dell'ambiente, in particolare del suolo, nell'utilizzazione dei fanghi di depurazione in agricoltura”*) e del DPR 59/2013

Richiesta supporto da parte della SOS Dipartimento di Udine, a seguito di segnalazione a quest'ultimo dell'autorità di controllo, in merito a verifica del rispetto dei limiti e delle prescrizioni contemplate nell'Autorizzazione Unica Ambientale rilasciata dal competente servizio regionale.

Utilizzazione fanghi di depurazione in agricoltura

Regolamentata dal D.Lgs 99/92.

- comma 2, art. 3;
- comma 10, art. 1;
- p.to 2) e p.to 3) dell'All. IIA.

Piano di campionamento dei suoli

Elaborato tenendo conto di quanto previsto da metodo I.1 ("Modalità di prelevamento di campioni di suolo da sottoporre ad analisi"), Allegato al DM 13/09/1999 ("Approvazione dei "Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo"").

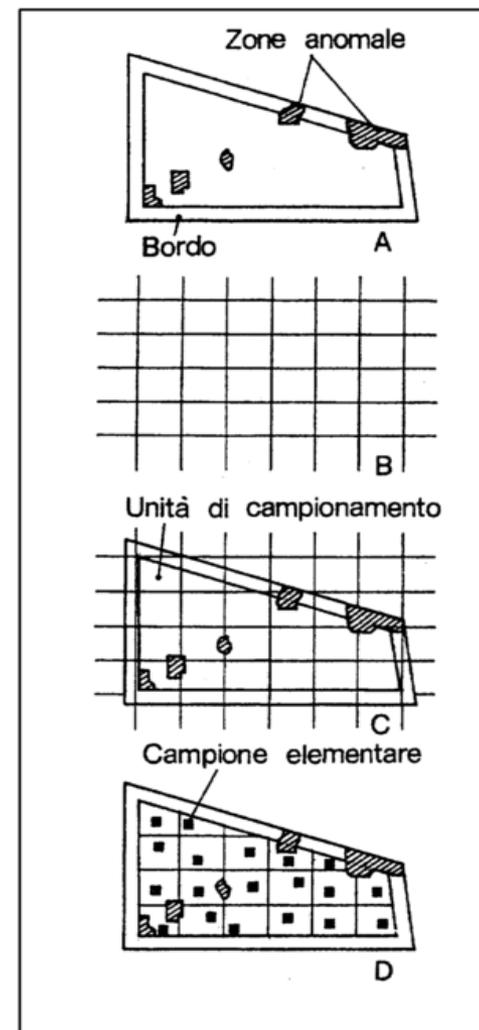


Figura 2 - Campionamento sistematico



Il sito



Area indagata e schema di campionamento





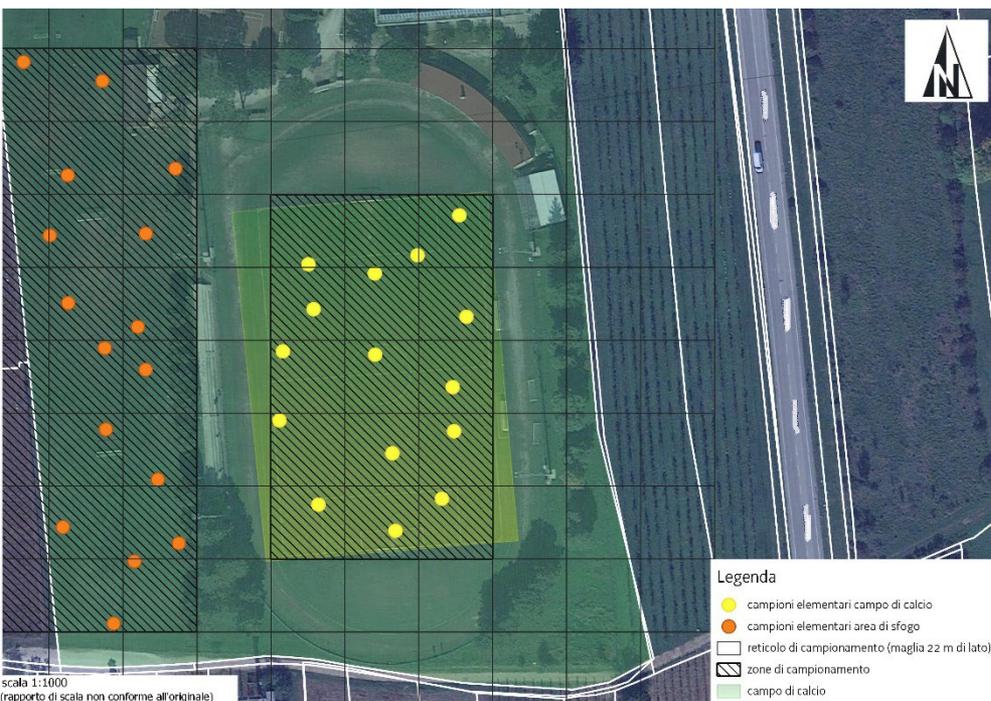
Deposizione atmosferica potenziale di contaminanti al suolo

Richiesta supporto da parte della SOS Dipartimento ARPA FVG che seguita la sollecitazione dell'Amministrazione Comunale locale in merito alla valutazione dello stato di qualità del *top soil* a causa della potenziale presenza di sostanze contaminanti al suolo, correlata alla deposizione atmosferica di contaminanti emessi durante un incendio che ha interessato un insediamento produttivo.

Deposizione atmosferica potenziale di contaminanti al suolo

L'intervento è finalizzato, quindi, alla verifica dello stato dei luoghi, in particolare, attraverso la valutazione dell'impatto sulla matrice suolo correlato alla potenziale deposizione atmosferica di contaminanti emessi durante il sinistro in causa

Zone di campionamento







agenzia regionale PER LA
PROTEZIONE DELL'ambiente
DEL FRIULI venezia giulia



IL BIOMONITORAGGIO AMBIENTALE: LA METODICA QBS-ar

(Qualità Biologica del Suolo)

Dott. Nicola Skert

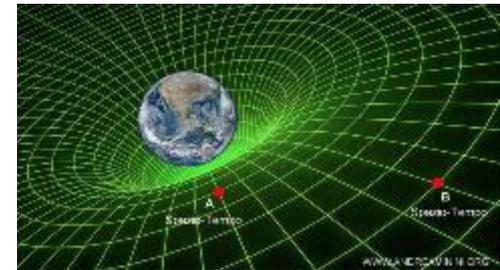
PREMESSA

L'inquinamento è definito come una **alterazione delle caratteristiche chimico-fisiche dell'ambiente** determinato sia da variazioni delle concentrazioni dei suoi normali costituenti, sia dalla presenza di sostanze estranee alla sua normale composizione, in grado di produrre effetti più o meno dannosi sull'uomo e/o sulla componente biotica.



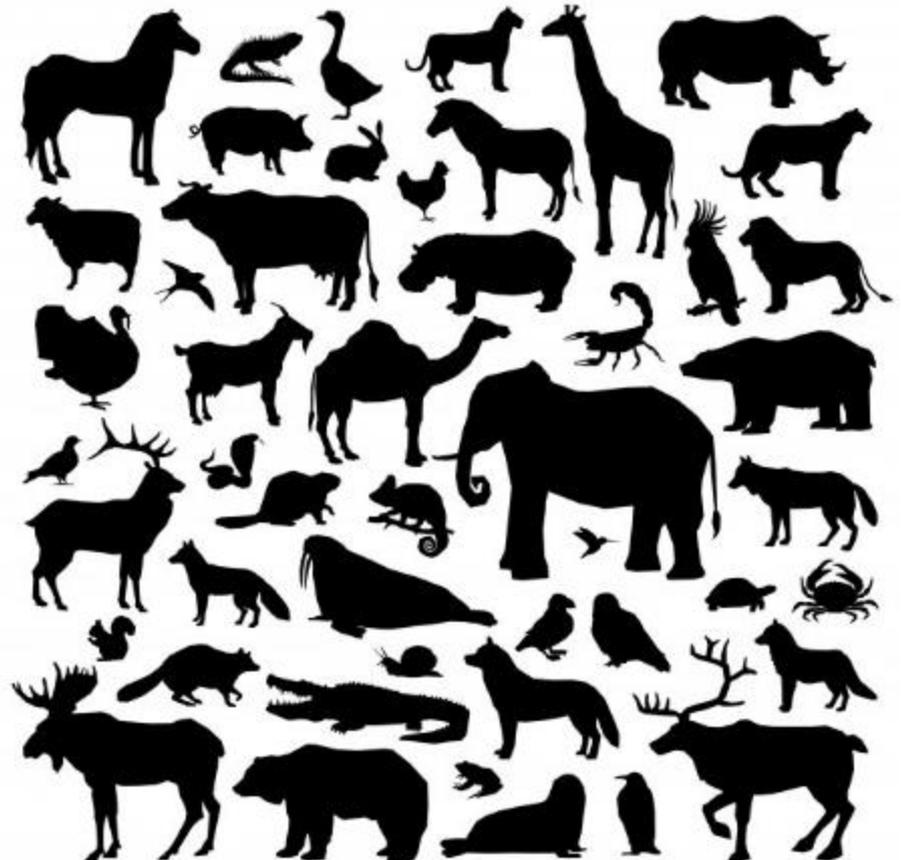
L'inquinamento, espresso in termini di concentrazioni misurate strumentalmente, è di facile definizione operativa, ma il suo monitoraggio è difficile, per i seguenti motivi:

- 1) **le concentrazioni** degli inquinanti sono molto variabili nello spazio e nel tempo,
- 2) **gli alti costi** degli strumenti ne limitano fortemente il numero,
- 3) **la strumentazione** normalmente utilizzata rileva un numero esiguo di sostanze inquinanti,



BIOMONITORAGGIO

Valutazione dello
stato di **alterazione**
dell'ambiente
tramite **organismi**
viventi



Biomonitoraggio e Inquinamento

- Il biomonitoraggio misura gli effetti dell'inquinamento sugli organismi viventi.
- Il biomonitoraggio non è alternativo rispetto a quello strumentale, ma può fornire utili informazioni al monitoraggio dell'inquinamento, individuando possibili zone a rischio e ottimizzando la localizzazione degli strumenti di misura.



Dati analitici di inquinamento e dati biologici sugli effetti dell'inquinamento

- I **dati analitici** sono costruiti fondamentalmente su **una sola variabile**: quella che si sta cercando (**Cadmio, IPA etc**)...
- I **dati biologici** sono costruiti su **numerose variabili** (tra cui l'**effetto dell'inquinamento**)...



Foto di vubp da Pixabay



Dati analitici di inquinamento e dati biologici sugli effetti dell'inquinamento

- Per poter estrapolare la **variabile "alterazione ambientale"** dal dato biologico, è necessario cercare di **"congelare"** le altre variabili adottando **protocolli metodologici particolarmente rigidi**



LE TECNICHE DI BIOMONITORAGGIO

Gli effetti dell'inquinamento si manifestano a due livelli, corrispondenti a due categorie di tecniche:

1) Tecniche di **bioindicazione**



2) Tecniche di **bioaccumulo**



BIOINDICATORE

**In presenza di inquinanti
subisce modificazioni del
suo stato naturale**



Foto di [Steve Buissinne](#) da [Pixabay](#)

BIOACCUMULATORE

**Accumula inquinanti
in concentrazioni misurabili**



Foto di [PublicDomainPictures](#) da [Pixabay](#)

Un bioindicatore deve soddisfare i seguenti requisiti:

- a) accertata sensibilità agli agenti inquinanti**
- b) presenza diffusa nell'area di studio**
- c) scarsa mobilità**
- d) lungo ciclo vitale**
- e) uniformità genetica**

Un bioaccumulatore deve soddisfare i seguenti requisiti:

- a) alta tolleranza agli inquinanti oggetto di studio**
- b) capacità di accumulare indefinitamente**
- c) ampia distribuzione nell'area di studio**
- d) scarsa mobilità**
- e) lungo ciclo vitale**

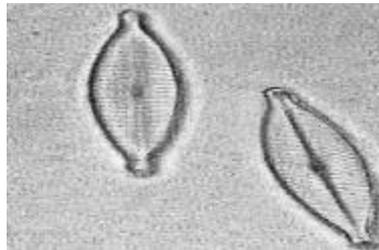
Alcuni esempi di tecniche di biomonitoraggio ambientale...

- **Numerose** sono le tecniche di biomonitoraggio, parte a carattere ancora sperimentale, parte già contemplate nella normativa nazionale ed europea.
- Le tecniche di biomonitoraggio interessano **tutti i comparti ambientali**: aria, acqua, suolo.

COMPARTO "ACQUA"

Bioindicazione delle acque dolci

flora acquatica: diatomee e macrofite



• **fauna** acquatica: macroinvertebrati e pesci



Bioaccumulo di metalli in traccia

Nelle acque dolci:
Muschi



Nelle acque salate

Alghe



Mitili



TW - BIOLOGICAL QUALITY ELEMENTS FOR THE CLASSIFICATION OF THE ECOLOGICAL STATUS

Phytoplankton



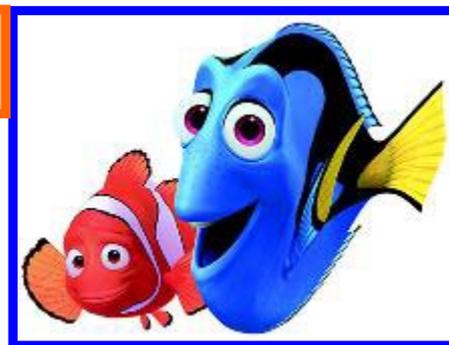
Macrophytes



Benthic macroinvertebrates



Fish fauna



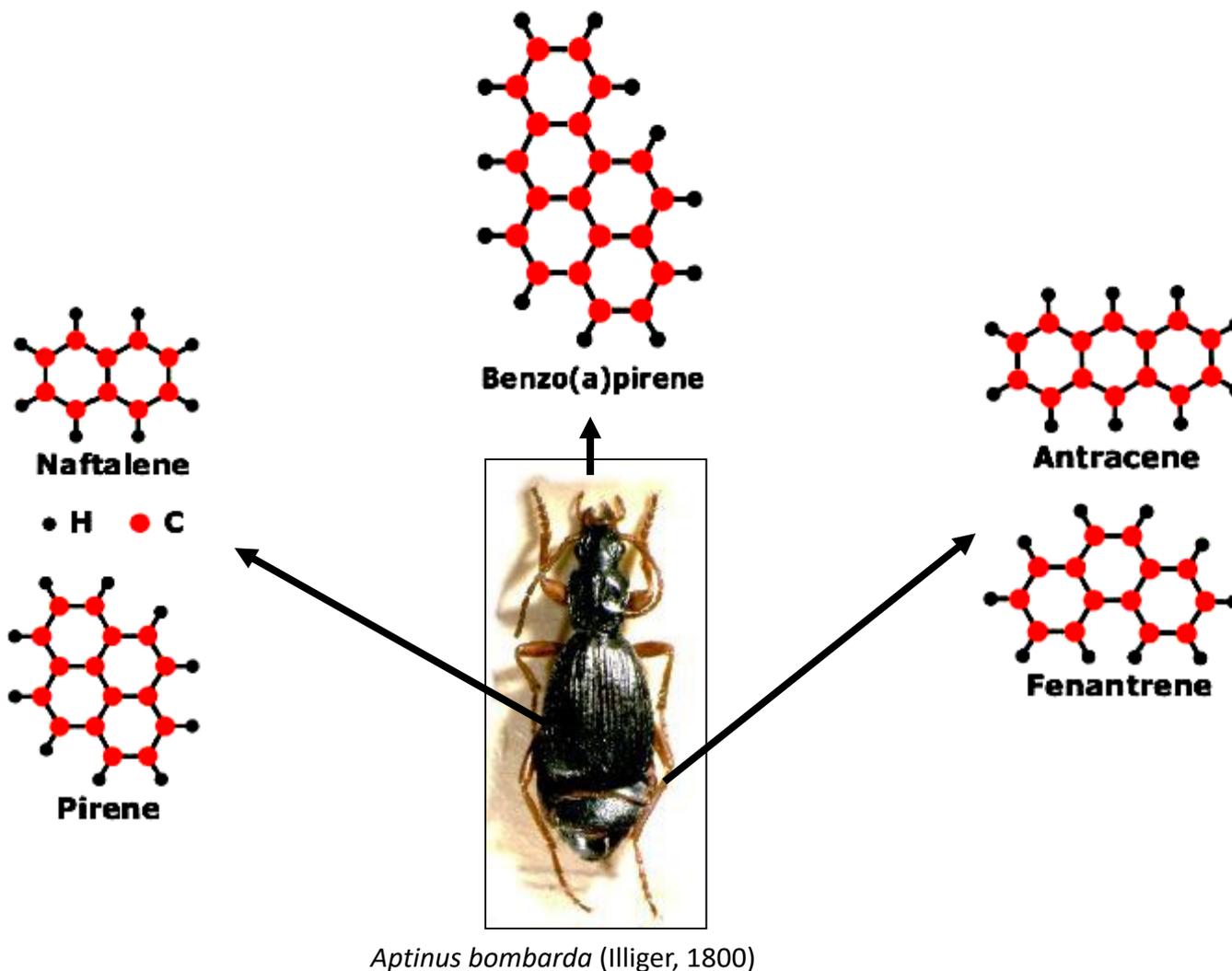
COMPARTO "SUOLO"

Bioindicazione tramite microartropodi

QBS-ar: Qualità Biologica del Suolo

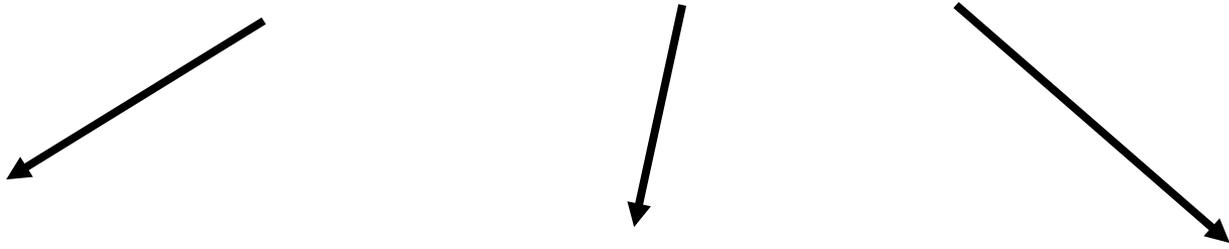


Bioaccumulo di IPA tramite Coleotteri



COMPARTO "ARIA"

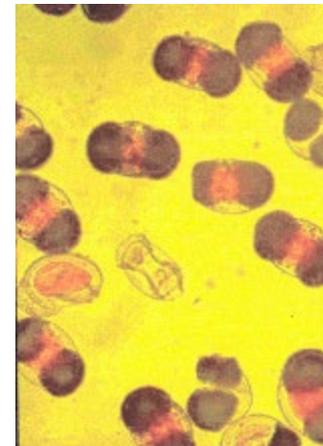
Bioindicazione tramite...



Licheni

Tabacco

Pollini



Vitalità

Germinabilità

Bioaccumulo tramite...

Licheni



Muschi



Piante vascolari



Funghi



Vantaggi delle tecniche di biomonitoraggio

1. **Possibilità di ottenere rapidamente**, a bassi costi e con una elevata densità di punti di campionamento, una stima degli effetti biologici indotti su organismi sensibili dall'interazione di più sostanze nocive.



Foto di [Jose B. Garcia Fernandez](#) da [Pixabay](#)

Vantaggi delle tecniche di biomonitoraggio

2. **Individuazione rapida** di zone con reale o potenziale superamento dei valori soglia stabiliti dalla legge per alcuni importanti inquinanti primari.

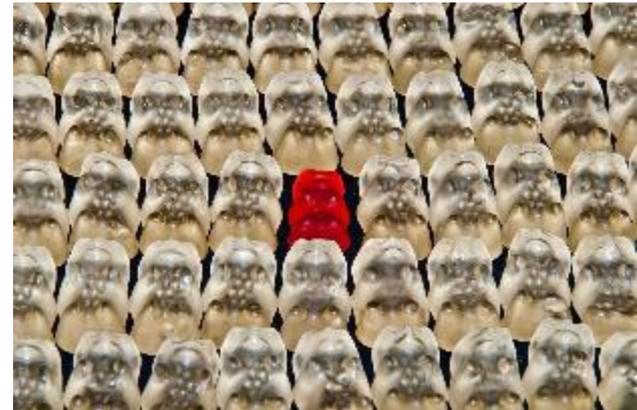


Foto di [Ronile](#) da [Pixabay](#)

3. **Valutazione dell'efficacia** di misure adottate per la riduzione delle emissioni di inquinanti su lunghi periodi.



Foto di [Tumis](#) da [Pixabay](#)

4. **Valutazione dell'effetto sinergico** di più inquinanti.



Foto di [Marc Pascual](#) da [Pixabay](#)

5. **Localizzazione di aree** potenzialmente a rischio e conseguente ubicazione ottimale degli strumenti di rilevamento.



Foto di [Monika Schröder](#) da [Pixabay](#)

6. **Validazione di modelli** di trasporto a lunga distanza e di deposizione di inquinanti a diverse scale territoriali.



Foto di [Pexels](#) da [Pixabay](#)

Limiti delle tecniche di biomonitoraggio

1. **Difficoltà** nello **stabilire** una **relazione** diretta tra effetti biologici rilevabili e cause specifiche.



2. **Impossibilità** di elaborare **un'unica scala** d'interpretazione dei dati biologici.



Foto di [Ryan McGuire](#) da [Pixabay](#)

Limiti delle tecniche di biomonitoraggio

3. Alcune tecniche presentano limiti evidenti ad un estremo della scala dei valori.
4. Incapacità di rilevare fenomeni acuti di alterazione ambientale.
5. Difficoltà di applicazione dove sia infrequente il substrato di crescita adatto.



Foto di [rodrigobittencurt](#) da [Pixabay](#)

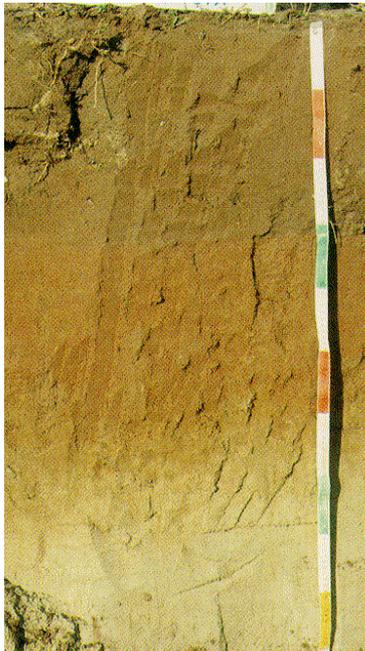
L'elaborazione dei dati: generalità

- L'interpretazione dei dati biologici costituisce un **aspetto fondamentale** per gli studi di biomonitoraggio.
- L'elaborazione dei dati e loro interpretazione seguono **diversi livelli di approfondimento** e quindi, di difficoltà.
- Le **principali elaborazioni** sono le seguenti:
 - Scale di interpretazione
 - Statistica descrittiva
 - Elaborazione di indici
 - Analisi multivariata
 - Elaborazioni cartografiche

COMPARTO “SUOLO”

IL SUOLO

- il suolo è una **formazione naturale, superficiale, di spessore variabile**, che deriva dalla **decomposizione di rocce** preesistenti e **di materiale organico**.



SUOLO

- è differenziato in **orizzonti pedogenetici** (strati geologicamente diversificati) di varia **composizione e spessore**

Sono indicati con lettere maiuscole:

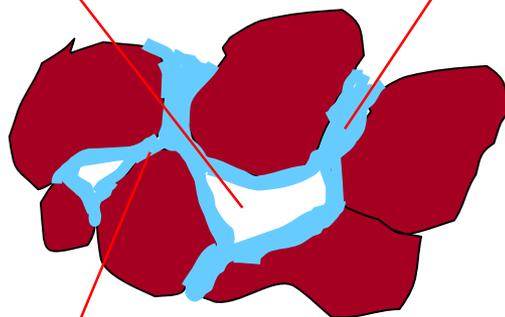
- **Lo strato più superficiale** indicato con la **lettera O**, è caratterizzato dalla **sostanza organica indecomposta**.
- L'orizzonte immediatamente sottostante (definito **orizzonte unico indicato con A0**) è caratterizzato da **sostanza organica in via di decomposizione**.
- **L'orizzonte A** è costituito sia da **sostanza organica decomposta**, che da sostanze minerali derivanti dalla **alterazione della roccia** a causa dei processi di eluviazione.
- **L'orizzonte B** é rappresentato da uno **strato fortemente alterato**.
- **L'orizzonte C** é costituito esclusivamente da **roccia alterata**.
- **L'orizzonte R** rappresenta la **roccia sottostante inalterata (roccia madre)**.

Ciascun orizzonte può essere suddiviso in **sub-orizzonti**, indicati con lettere minuscole

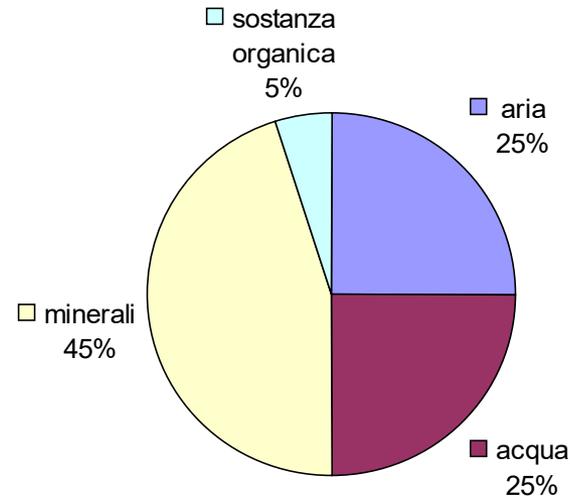
Composizione del suolo

Fase
gassosa

Fase
liquida



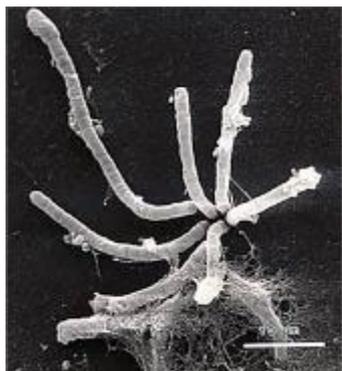
Fase solida:
- minerale
- organica
- biologica



- **Tessitura:** rapporto tra quantità di argilla, limo e sabbia che costituiscono il suolo
- **Porosità:** frazione del volume totale non occupata da solidi
- **Permeabilità:** capacità di “filtro” del suolo
- **Umidità:** quantità di acqua presente
- **pH:** livello di acidità o basicità del suolo

Caratteristiche biologiche del suolo

Il suolo è uno tra gli habitat della terra con maggiore biodiversità e densità numerica (Giller *et al.*, 1997)



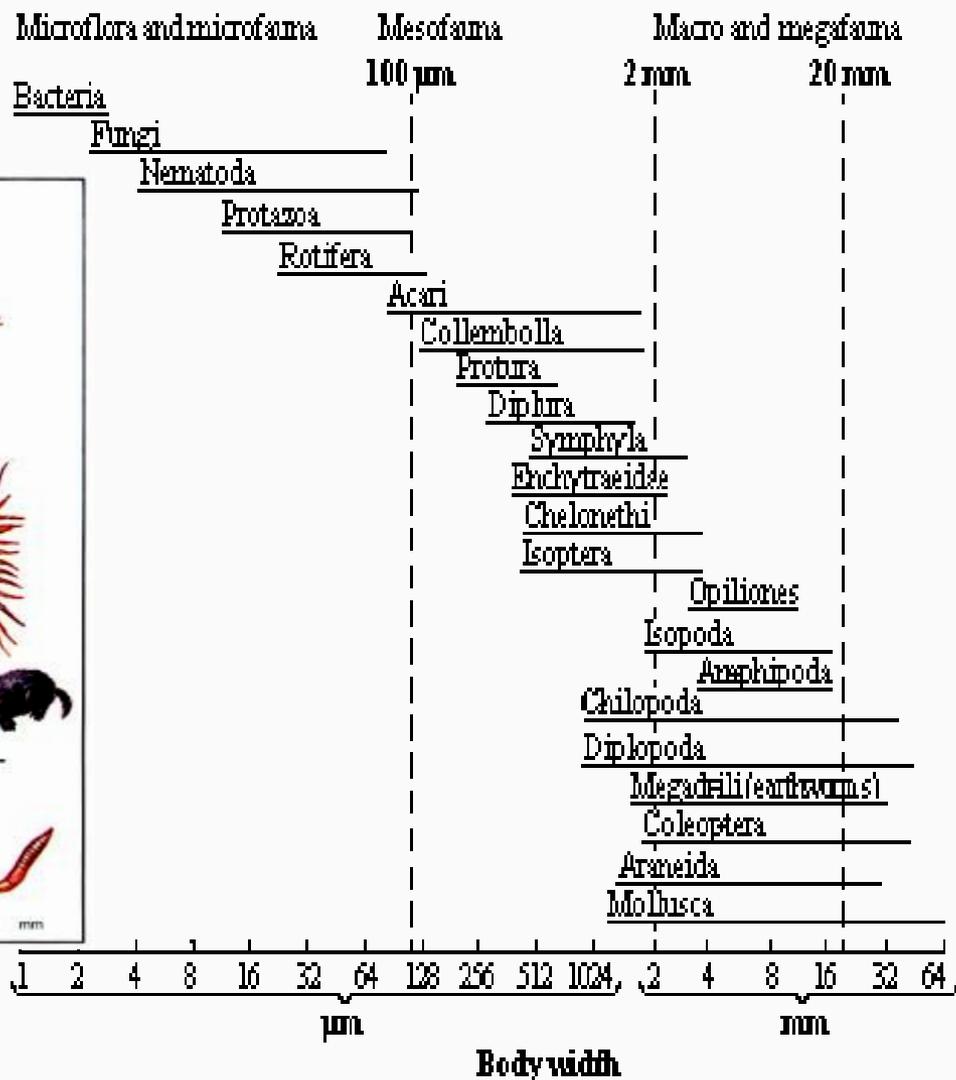
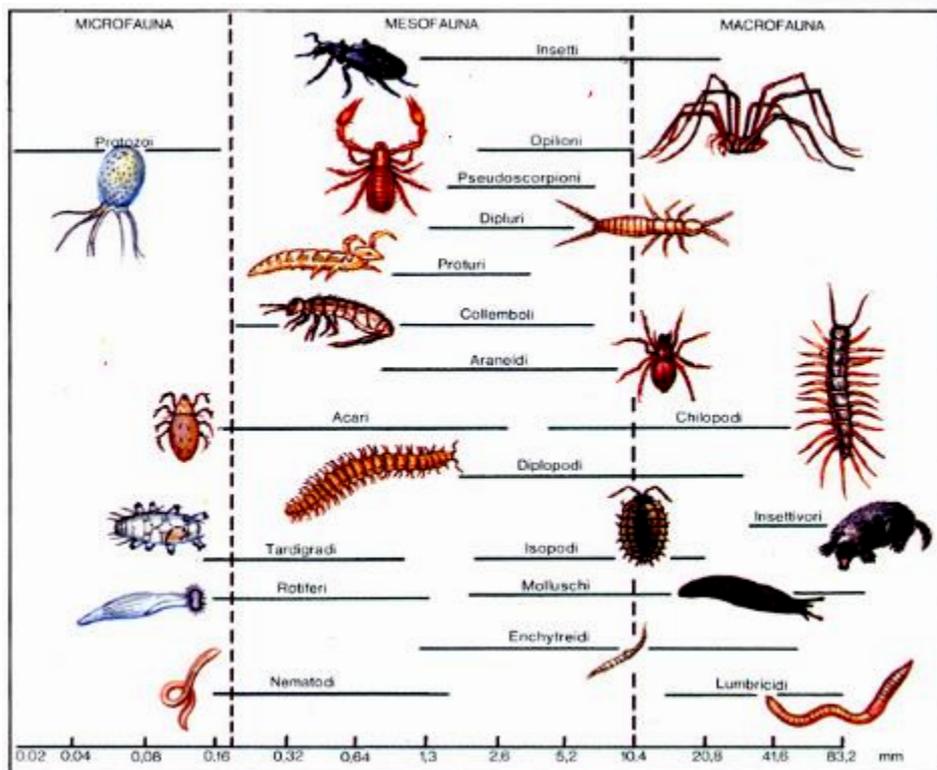
Oltre 1000 specie di invertebrati possono essere presenti in 1 m² di foresta europea di faggio (Schaefer and Schauer mann, 1990).



1 g di suolo può contenere milioni di individui e diverse centinaia di specie di batteri (Torsvik *et al.* 1994)



Edaphon: complesso di organismi che popolano il suolo.



Relazioni tra sostanza organica e biomassa del suolo

- Circa l'1-8% della sostanza organica del suolo è costituita da biomassa; maggiore è il contenuto di s.o., maggiore è il grado di attività biologica.
- I principali responsabili dell'attività biologica del suolo sono i microrganismi e i lombrichi/termiti.
- Per un suolo di 1 m di spessore e con il 2% di s.o. si possono fare le seguenti stime:

– sostanza organica	200.000 kg/ha
– detriti organici	20.000 kg/ha
– biomassa microbica	2.000 kg/ha
– fauna edafica	200 kg/ha

- **Componente vegetale:**
 - regolazione delle condizioni microclimatiche
 - alterazione delle rocce
 - formazione sostanza organica (s.o.)
 - degradazione s.o.

- **Componente animale:**
 - decomposizione s.o.
 - degradazione s.o.
 - distribuzione s.o.
 - struttura e caratteristiche fisiche del suolo

A cosa «serve» il suolo?

- substrato per la **crecita delle piante**
- ambiente in grado di ospitare **un elevatissimo numero di specie di organismi**
- ambiente in cui avviene la **degradazione di materiali organici** ed il conseguente **rilascio di nutrienti**
- mezzo che **regola il ciclo e la qualità dell'acqua**
- **supporto fisico** per gran parte delle **costruzioni dell'uomo**

- **ARIA :** ricaduta inquinanti atmosferici

- **ACQUA :** pioggia
fiumi
mare

- **DIRETTO :** industria
rifiuti
agricoltura

Conseguenze dell'inquinamento

DIRETTE :

- Effetti dannosi sulla funzione biologica
- Infertilità

INDIRETTE :

- Trasporto degli inquinanti per via idrica
- Compromissione dei bersagli raggiunti

- **La valutazione dell'inquinamento di un suolo è di facile definizione operativa ma il suo monitoraggio è piuttosto difficile.**



Mentre l'aria e l'acqua sono mezzi diffusivi omogenei che consentono la diluizione degli inquinanti in tempi relativamente brevi, il suolo tende a trattenere gli inquinanti impedendo loro di diffondersi.



Foto di [David Mark](#) da [Pixabay](#)

- **Gli spostamenti degli inquinanti** nel suolo sono soprattutto **verticali** in virtù della forza di gravità e delle precipitazioni atmosferiche.
- **Gli spostamenti orizzontali** o gli eventuali affioramenti di inquinanti sono più **lenti** e accadono più **raramente**.
- **La velocità di diffusione** degli inquinanti dipende oltretutto dalle **caratteristiche chimico-fisiche del suolo**.



Foto di [OpenClipart-Vectors](#) da [Pixabay](#)



Foto di [a_roesler](#) da [Pixabay](#)



Foto di [Free-Photos](#) da [Pixabay](#)

- L'inquinamento del suolo è generalmente definito a **"macchia di leopardo"**



- un esaustivo **monitoraggio** risulterebbe **estremamente costoso** per i **numerosi punti di rilevamento** richiesti.



Foto di [TheDigitalWay](#) da [Pixabay](#)

- Il **biomonitoraggio ambientale**, grazie ai suoi bassi costi rispetto a quelli analitici, rappresenta un **valido complemento** al **monitoraggio chimico dell'ambiente**.
- E' in questa ottica che si stanno affermando **tecniche di biomonitoraggio del suolo tramite bioindicatori e bioaccumulatori**.

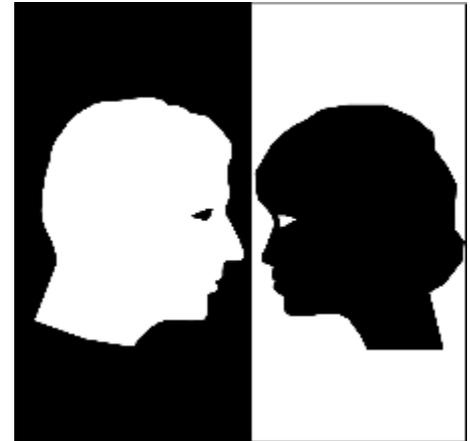


Foto di [OpenClipart-Vectors](#) da [Pixabay](#)

Tecnica di **bioaccumulo**:

artropodi come **bioaccumulatori di IPA**
(Idrocarburi Policiclici Aromatici)

• Tecnica di **bioindicazione**:

metodo **QBS** (Qualità Biologica del
Suolo)

ARTROPODI TERRESTRI COME BIOACCUMULATORI DI IPA

Scelta degli organismi: i coleotteri

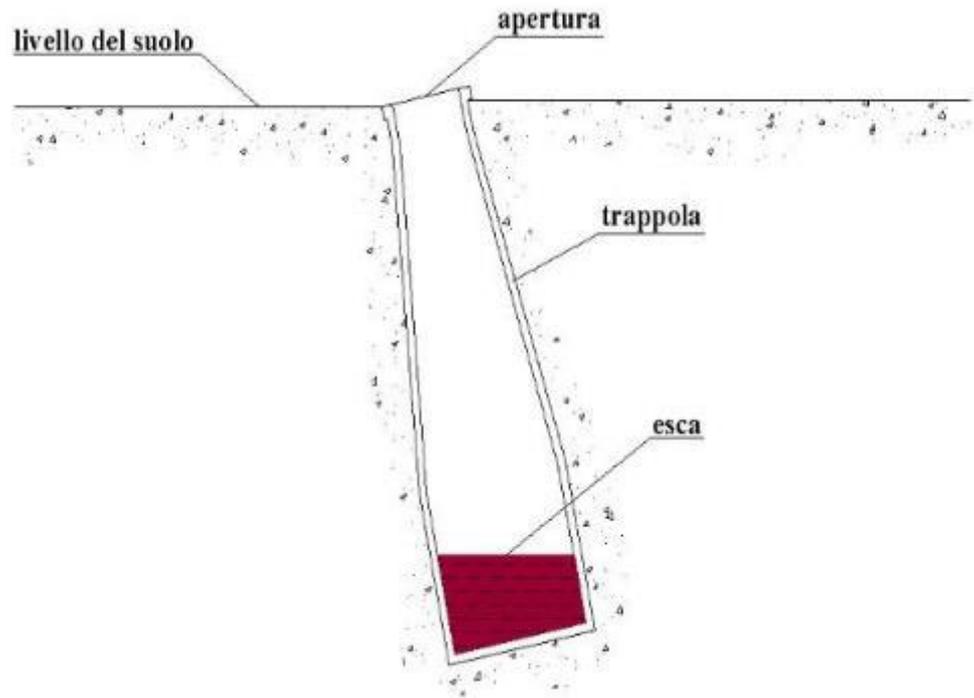
- I Coleotteri, specialmente **carabidi e stafilinidi**, sono ecologicamente esigenti, in quanto legati a **particolari condizioni microclimatiche o ecologiche** che ne limitano **fortemente gli spostamenti**
- Questi taxa comprendono un gran numero di **specie attere** e sono **ricchi di corpi grassi in grado di accumulare gli IPA.**
- **Sono organismi predatori** e si nutrono di insetti del suolo e sottosuolo



Questi fattori li rendono potenzialmente adatti agli studi di **biomonitoraggio come bioaccumulatori**

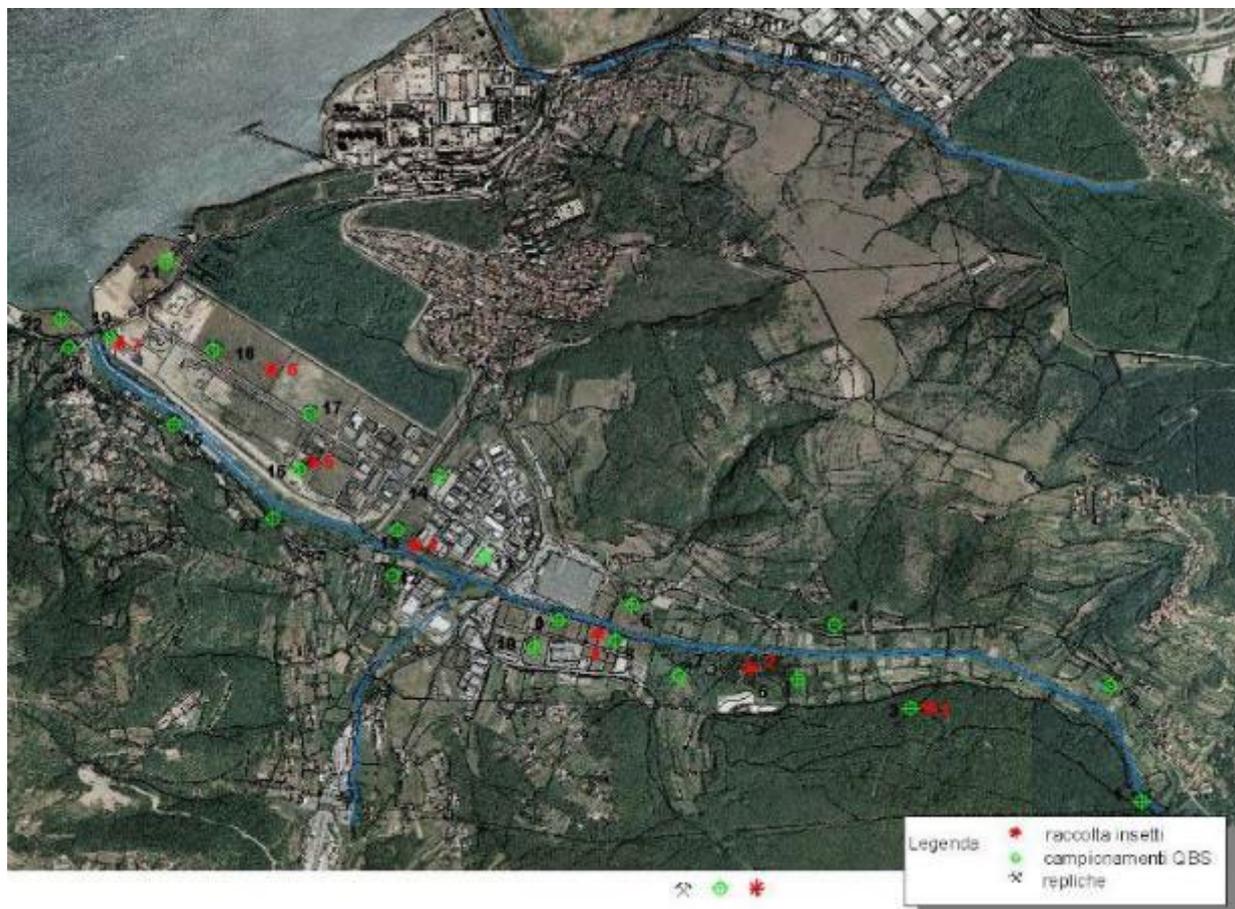


Prelievo e conservazione del campione

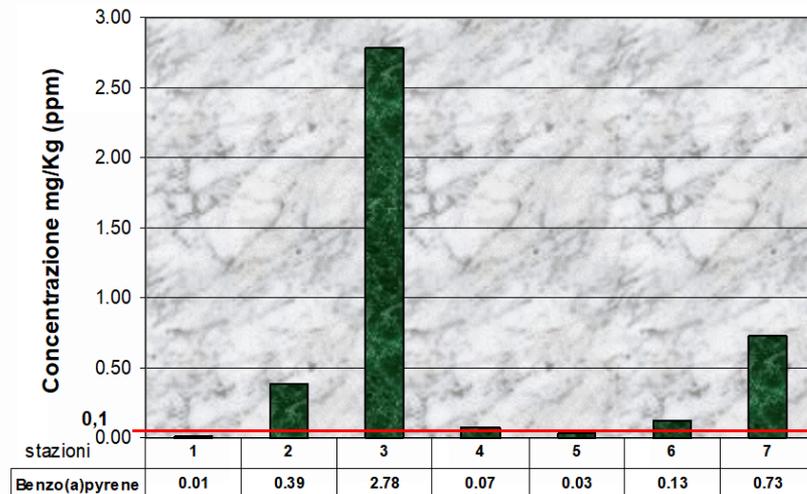


- I carabidi vengono catturati tramite una trappola a caduta contenente semplice aceto come esca
- Una volta catturati vengono conservati in freezer in contenitori scuri e sigillati fino ad estrazione ed analisi degli IPA

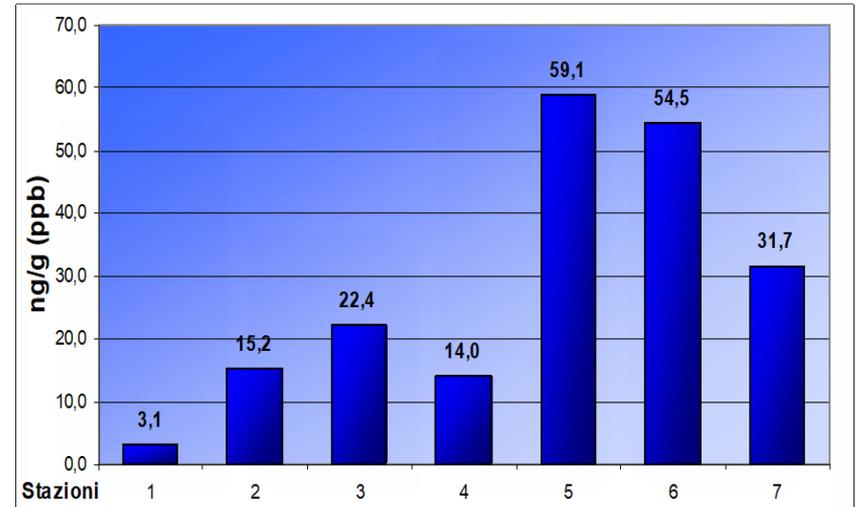
BIOMONITORAGGIO DI SUOLI INQUINATI DELLA VALLE DELLE NOGHERE (TRIESTE) TRAMITE
 ARTROPODI COME BIOACCUMULATORI DI IPA



Risultati analisi IPA in campioni di suolo e biologici



Concentrazioni del benzo(a)pirene nel suolo delle stazioni di campionamento.



Concentrazioni medie di benzo(a)pirene negli insetti catturati nelle 7 stazioni di campionamento

□ Le **differenze** tra i risultati delle due metodologie di analisi sono dovute al tipo di **inquinamento a carattere disomogeneo**



Foto di [A Different Perspective](#) da [Pixabay](#)

□ Le **analisi chimiche** dei suoli tramite **carotaggi** forniscono un quadro esauriente solo con un **elevato numero di punti di misura**



Foto di [Wikimedialimages](#) da [Pixabay](#)

- I coleotteri, grazie alla loro **vagilità**, si muovono su un'area definita fornendo informazioni sulla **diffusione media** di IPA, consentendo di **focalizzare le analisi chimiche** in punti a rischio



Foto di [Krzysztof Niewolny](#) da [Pixabay](#)

Bioindicazione: metodica QBS (Qualità Biologica del Suolo)

- Nato nel 1998 (Prof. V. Parisi, Università di Parma) come metodo che permettesse di caratterizzare speditamente la maturità di suoli in ambiente forestale
- Descrive sia le caratteristiche della MESOFAUNA edafica, sia del suo livello di biodiversità
- Per MESOFAUNA si intende il popolamento di invertebrati con dimensioni variabili da 0,1 mm a 2 mm

- Focalizza l'attenzione sui **caratteri morfologici** delle diverse specie (corrispondenza tra caratteristiche di un ambiente e i caratteri fenotipici presenti nel suo popolamento biologico)
- **Ad ogni Forma Biologica** (FB: gruppi di organismi con stessi caratteri morfologici), si attribuisce **un valore numerico in modo da calcolare l'indice QBS** che caratterizza il campione
- Mediante tale indice è possibile costruire **un sistema di classificazione del suolo** basato sulla **biodiversità** della Mesofauna

Fasi di analisi

Alcune condizioni di rilevabilità

- **Gli invertebrati edafici hanno una distribuzione verticale dipendente dall'umidità del suolo.**
- **E' necessario che le condizioni di umidità dell'orizzonte superficiale siano ottimali per la vita.**
- **Il suolo non deve essere saturo d'acqua, non si devono manifestare pozze melmose in nessun punto dell'ecosistema.**
- **Il suolo deve essere umido, liberare umidità se schiacciato tra le dita e non cambiare colore se vi si aggiunge acqua.**
- **Non è comunque opportuno campionare dopo un periodo siccitoso, né subito dopo abbondanti piogge.**

E' da evitare il campionamento nei casi di:

- presenza di un **formicaio**
- **compattamento** del terreno
- vicinanza di **affioramenti** litoidi
- **concavità** del terreno
- presenza di evidenti **differenze di umidità** dovute a ruscelli o falda affiorante
- presenza di **radici arboree**
- presenza di elementi che favoriscono una particolare **zona d'ombra o di penombra**
- tracce di **recenti inondazioni**
- presenza di evidenti **difformità** nella composizione della **tessitura** e nella **capacità drenante** dei suoli
- presenza di locali ed accentuate **variazioni di pendenza**

Prelievo del campione

- Il punto scelto per il **prelievo** deve essere **rappresentativo della comunità** di invertebrati edafici appartenenti alla Mesofauna
- La distribuzione spaziale dei microartropodi nel suolo è tale che **un cubo di 10 cm di lato (1000 cm³) è rappresentativo della biodiversità dell'ecosistema**

- si **asporta** la copertura erbacea di un'area di **10x10cm**



- si **preleva** il suolo fino ad una **profondità di 10 cm**



- Per verificare se il terreno è omogeneo si **eseguono 3 repliche** ad almeno 5 m di distanza. Un **confronto statistico** dei loro risultati indica se il **terreno è omogeneo**, altrimenti è necessario ripetere l'analisi

- si **preleva** un campione di suolo per verificarne in laboratorio la **densità** e il **grado di umidità**



- si rileva la **temperatura** del suolo



- **L'umidità** del suolo è un **fattore determinante** per lo sviluppo della microfauna
- L'umidità deve rientrare nel range tra il **deficit ed il surplus idrico** relativo alla vita dell'*edaphon* (**tra 14 e 35 %**)



- tramite un **essiccatore** si induce **la disidratazione del suolo** e si valuta la differenza percentuale di peso

- Si pone il campione in un **setaccio a maglia 2 mm**, avendo cura di mantenere il terreno aderente alle pareti del setaccio.



- la disposizione sul setaccio deve avvenire **"disturbando" il suolo il meno possibile.**

- Per l'estrazione dei microartropodi dal terreno si usa uno strumento chiamato **selettore di Berlese-Tullgreen**
- Il selettore va posto in un **locale non disturbato e privo di sorgenti di vibrazioni**



Foto di [Gerd Altmann](#) da [Pixabay](#)



Foto di [Angelo Giordano](#) da [Pixabay](#)



- Il setaccio viene posto su un **imbuto di materiale liscio**, evitando di provocare la caduta di terreno
- Sotto l'imbuto si posiziona un **contenitore di raccolta contenente alcool al 70%**



- Viene posizionata una **lampadina** a 60 W sopra il setaccio a una **distanza di 25 cm** dal campione
- Il **calore** della lampada **inaridisce** lentamente il terreno
- Gli invertebrati **si spostano** progressivamente verso la **base del setaccio** fino a **cadere** nel contenitore con il liquido conservante



**Dopo 7-9 giorni di illuminazione ininterrotta,
termina la fase estrattiva**

- **Determinazione:**

- Tramite uno **stereomicroscopio** si riconoscono le **F.B. (Forme Biologiche)**.

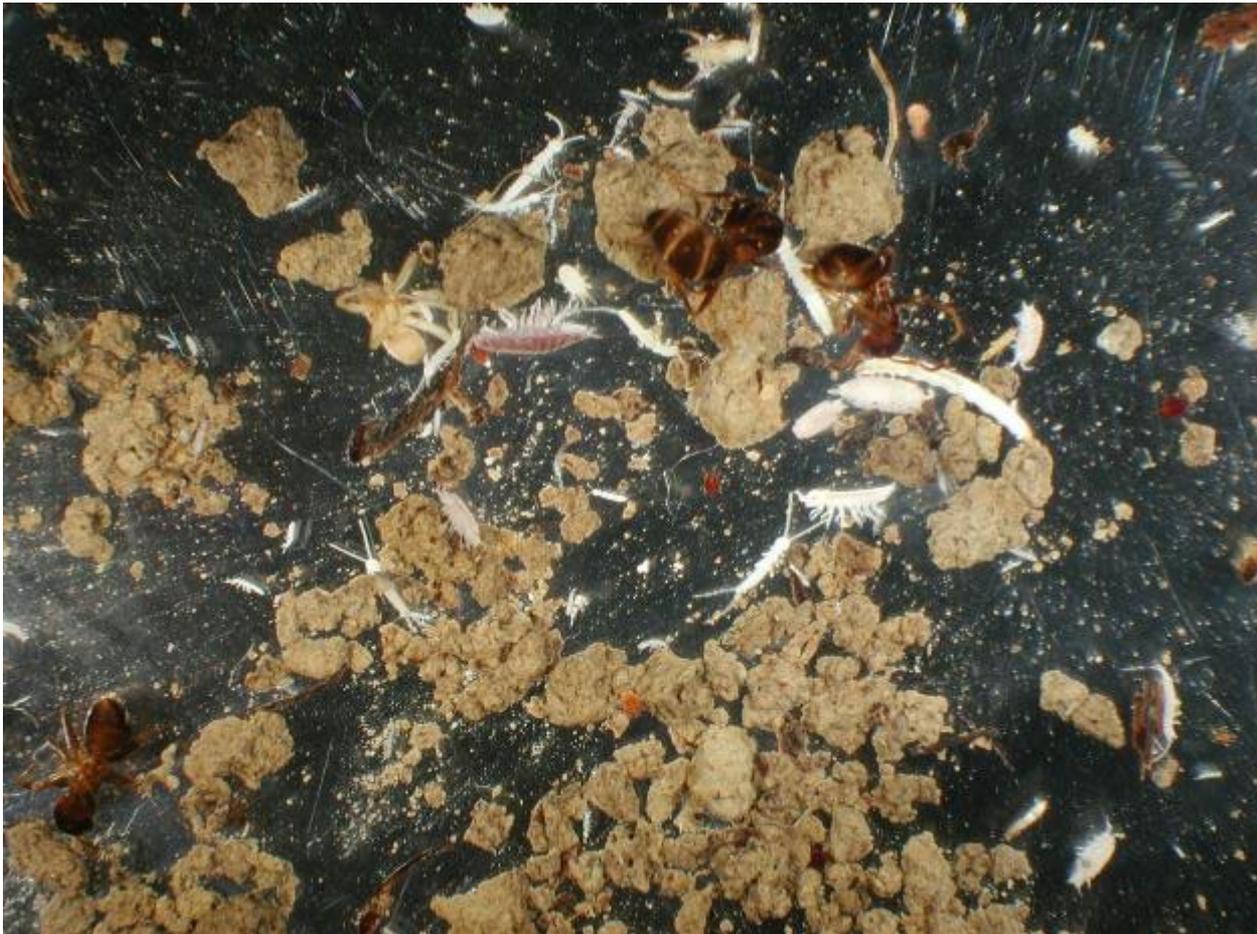


Tabella 1: EMI delle Forme Biologiche presenti nel suolo (da Parisi,2001)

se dimensioni < 5 mm e pigmentazione scarsa: EMI=5; altrimenti EMI=1

se dimensioni < 5 mm o zampe poco sviluppate (in particolare i Geofilomorfi): EMI=20; altrimenti EMI=10

se dimensioni < 5 mm: EMI=20; altrimenti EMI=10

si veda tabella 2

si veda tabella 3

se formicidi EMI=5; altrimenti EMI=1

Forme Biologiche		Punteggio EMI
Aracnidi	Palpigradi	20
	Araneidi	1-5 ▶
	Pseudoscorpioni	20
	Opilioni	10
	Acari	20
Crostacei	Isopodi	10
Miriapodi	Chilopodi	10-20 ▶
	Diplopodi	10-20 ▶
	Paupodi	20
	Sinfili	20
Insetti	Collemboli	1-20 ▶
	Proturi	20
	Dipluri	20
	Tisanuri	10
	Blattoidei	5
	Ortotteri	1
	Dermateteri	1
	Embiotteri	10
	Pscotteri	1
	Emitteri	1
	Tisanotteri	1
	Coleotteri	1-20 ▶
	Imenotteri	1-5 ▶
altri olometaboli	1	
Larve di olometaboli	di Dittero	10
	di Colcoottero	10
	di altro olometabolo	10
	di Lepidottero	10

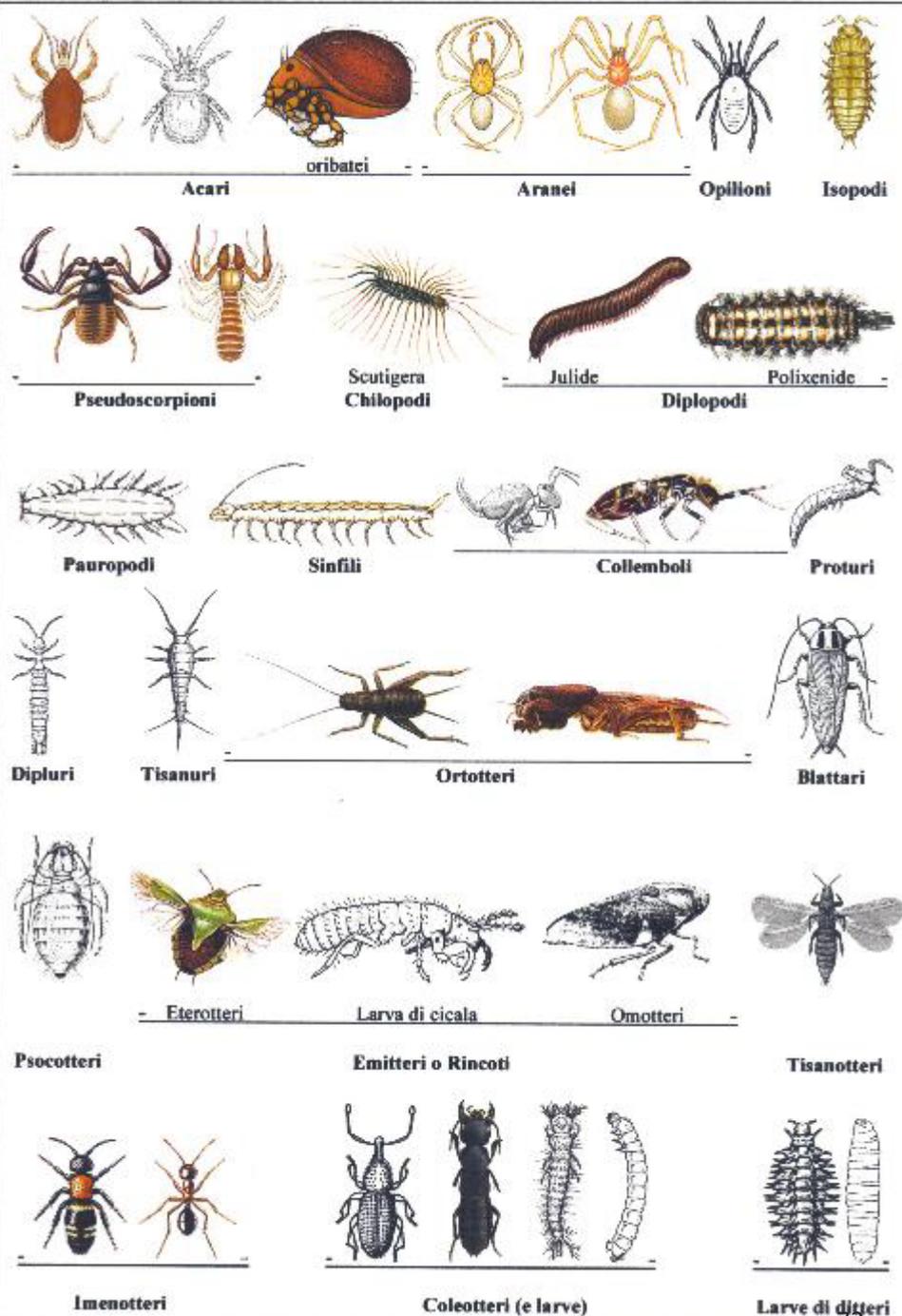


Tabella 2: EMI approssimato di Collemboli

EMI= 1 : forme francamente epigee, appendici allungate, ben sviluppate, apparato visivo (macchia oculare e occhi) ben sviluppato, dimensioni medie o grandi, presenza di livrea complessa
EMI= 2 : forme epigee non legate alla vegetazione arborea, arbustiva o erbacea con buon sviluppo delle appendici, con forte sviluppo (eventualmente) di setole o cuperium fortemente protettiva di squame, apparato visivo ben sviluppato
EMI= 4 : forme di piccola dimensione (ma non necessariamente) con medio sviluppo delle appendici, apparato visivo sviluppato, livrea modesta, forme generalmente limitate alla lettiera
EMI= 6 : forme endofalliche con apparato visivo in genere sviluppato, appendici non allungate, livrea colorata
EMI= 8 : forme endofalliche con riduzione del numero di occhi, appendici poco sviluppate, talvolta con furca ridotta o assente, presenza di pigmentazione
EMI= 10 : forme endofalliche con pigmentazione assente, riduzione o assenza di occhi, furca presente ma ridotta
EMI= 20 : forme francamente eudaliche: depigmentate, prive di furca, appendici tozze, presenza di strutture tipiche come pseudococchi, PAO sviluppato (carattere non necessariamente presente), strutture sensoriali appaiofiche

Tabella 3: EMI di Coleotteri

EMI= 1 : forme chiaramente epigee, per le altre forme si assegnano 5 punti per la presenza di ciascuno dei seguenti caratteri (max=20): (I) dimensioni inferiori a 2 mm; (II) tegumenti sottili, con colorazione spesso testacea; (III) microatterismo o attarismo; (IV) microoftalmia o anoftalmia

- **Anoftalmia**
 - **Depigmentazione**
 - **Perdita di tegumenti ispessiti**
 - **Riduzione delle appendici**
 - **Riduzione delle fanere**
-
- **Sviluppo di igrorecettori**
 - **Sviluppo di chemiorecettori**
 - **Allungamento e appiattimento**
 - **del corpo**
 - **Miniaturizzazione**



Collemboli







Pseudoscorpioni





Crostacei - Isopodi





Chilopodi



Sinfili















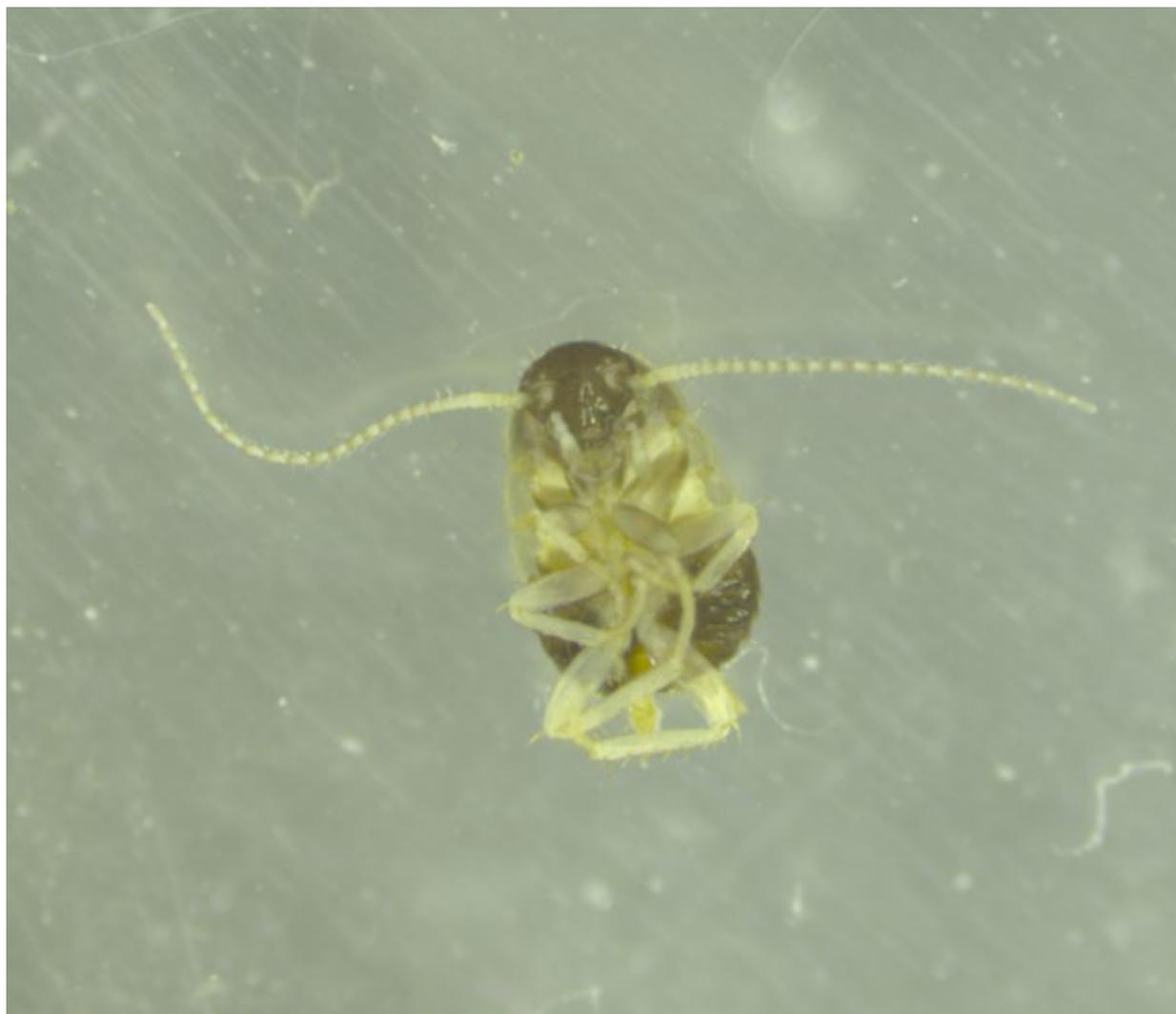
Proturi



EMITTERI



BLATTARI



Calcolo dell'indice QBS



Utilizzando le tabelle degli **Indici Ecomorfologici (EMI)**, si attribuisce ad ogni **Forma Biologica (FB)** un valore **EMI**, tra **1 e 20**, in funzione del suo **adattamento alla vita edafica**

Forme Biologiche		Punteggio EMI
Aracnidi	Palpigradi	20
	Aracnidi	1-5 ▶
	Pseudoscorpioni	20
	Opilioni	10
	Acari	20
Crustacei	Isopodi	10
Miriapodi	Chilopodi	10-20 ▶
	Diplipodi	10-20 ▶
	Psimopodi	20
	Sifidi	20
Insetti	Collemboli	1-20 ▶
	Proturi	20
	Dipluri	20
	Tisanuri	10
	Blattodei	5
	Orisideri	1
	Dermatofagi	1
	Embiolitei	10
	Psocotteri	1
	Emimeri	1
	Tisanoteri	1
	Colletteri	1-20 ▶
	Imenotteri	1-5 ▶
	altri olometaboli	1
	Larve di olometaboli	di Dittero
di Coleottero		10
di altro olometabolo		10
di Lepidottero		10

Tabella 1: EMI delle Forme Biologiche presenti nel suolo (da Parisi, 2001)

se dimensioni < 5 mm e pigmentazione scassa: EMI=5; altrimenti EMI=1

se dimensioni < 5 mm o zampe poco sviluppate (in particolare i Geofilomurfi): EMI=20; altrimenti EMI=10

se dimensioni < 5 mm: EMI=20; altrimenti EMI=10

si veda tabella 2

si veda tabella 3

se funnicelli EMI=5; altrimenti EMI=1

Tabella 2: EMI approssimato di Collemboli

EMI=1	Forme trionfanti con gli appendici allungate, ben sviluppate; apparato stivato (proboscia eoforica e noduli non sovrapposti); dimensioni nella gamba; presenza di linea completa
EMI=2	Forme epigeiche con linee alla spallatura arberica, subulini, o colabici con linee sviluppo delle appendici, con forte sviluppo (scalettatura) di setole o scabbie; struttura proboscica di spugna; apparato stivato ben sviluppato
EMI=3	Forme di piccoli trionfanti (ma non necessariamente) con scarso sviluppo delle appendici; apparato stivato sviluppo; linea nascosta; forte gasterale; licite alle setole
EMI=4	Forme epigeiche con apparato stivato in gran sviluppo; appendici non allungate; linea completa
EMI=5	Forme epigeiche con riduzione del numero di setole; appendici poco sviluppate; proboscia con forte noduli o noduli; presenza di scalettatura
EMI=10	Forme epigeiche con presenza di noduli; riduzione o assenza di setole; linea completa
EMI=20	Forme epigeiche e epistefiche; epistefiche; proboscia di linea; appendici linea; presenza di strutture tipiche come pseudoscelli, forti setole; apparato stivato; proboscia; struttura proboscica; proboscica

Tabella 3: EMI di Coleotteri

EMI=1	Forme eliofili con gli altri forme di appoggio 5 punti per la presenza di ciascuno dei seguenti caratteri: linea (L); dimorfismo alveolare (A); inguanti (I); setole (S); presenza di setole (P); presenza di setole (P); presenza di setole (P); presenza di setole (P)
--------------	--

Test di omogeneità: l'analisi spettrale

- Si procede **per confronto**, analizzando le repliche due a due.
- **Il valore di differenza spettrale** è la somma delle differenze dei valori di EMI di ciascuna FB presenti nei due campioni.
- Se la differenza spettrale è superiore al valore di uno dei due valori di QBS parziali, la stazione è disomogenea.

	I ^a replica	II ^a replica	EMI An.spettr.	EMI QBS
Acari	20	20	0	20
Collemboli	6	20	14	20
Dipluri	20		20	20
Larve di Dittero		10	10	10
	QBS parziale= 46	QBS parziale= 50	Differenza spettrale= 44	QBS= 70

In questo esempio si considera la stazione in esame sufficientemente omogenea perché $50 > 46 > 44$

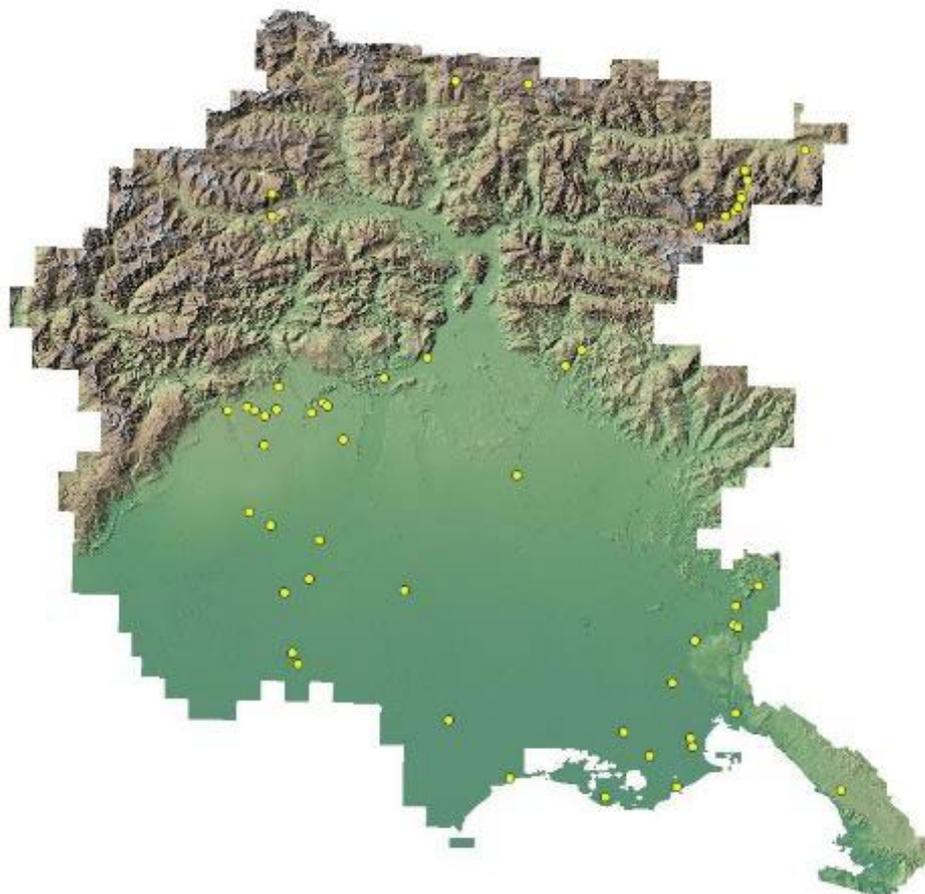
Tabella d'esempio di calcolo del QBS

	I ^a replica	II ^a replica	EMI An.spettr.	EMI QBS
Acari	20	20	0	20
Collemboli	6	20	14	20
Dipluri	20		20	20
Larve di Dittero		10	10	10
	QBS parziale= 46	QBS parziale= 50	Differenza spettrale= 44	QBS= 70

- **Calcolo QBS:**

Il valore di QBS è dato dalla somma dei valori EMI, tenendo conto che per ogni F.B. si considera il punteggio più alto ottenuto nelle tre repliche.

**STUDIO CONOSCITIVO SULLA BIODIVERSITÀ DEL SUOLO ATTRAVERSO L'APPLICAZIONE
DELL'INDICE QBS-AR IN DIVERSE AREE DELLA REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA.**



IN SINTESI...

- 66 stazioni monitorate dal 2018 a oggi.
- Sono state scelte aree facilmente raggiungibili e strutturalmente omogenee come SIC, ZPS, riserve naturali, biotopi, prati stabili, pascoli, ex aree militari, aree agricole, superfici incolte, parchi pubblici e aree industriali distribuite in tutte le fasce climatiche e geografiche: barene, costa, bassa e alta pianura, collina e montagna

IN SINTESI...

- Da un punto di vista altimetrico, si va dai campionamenti eseguiti sul livello del mare nelle barene della Laguna di Marano e Grado fino ai 1852 metri s.l.m. in prossimità del Lago di Mon sulle Alpi Carniche.
- A breve una sintesi dei risultati della campagna...

E DA UN PUNTO DI VISTA DIVULGATIVO...

- Un **Atlante Fotografico dei microartropodi** con un taglio un po' diverso dal solito, diciamo...
- Per chi vuole leggerlo, lo troverà **a breve** nel sito dell'ARPA FVG



➔ In ogni caso sappiate che...

➔ Tutto ciò fra vent'anni finirà 😊

