

Caratterizzazione dei suoli contaminati

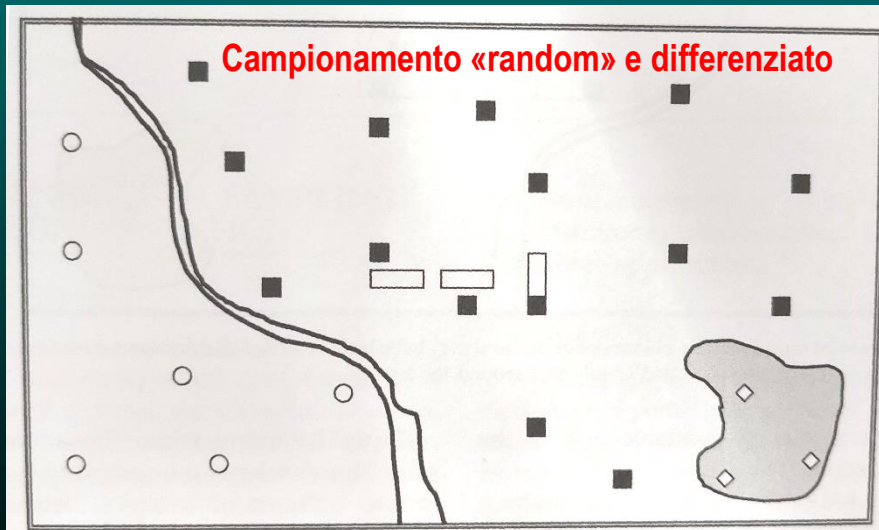
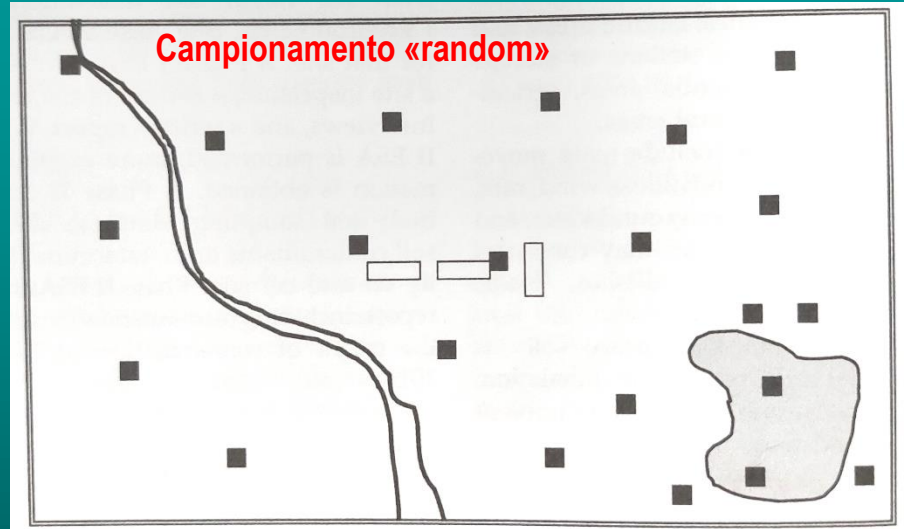
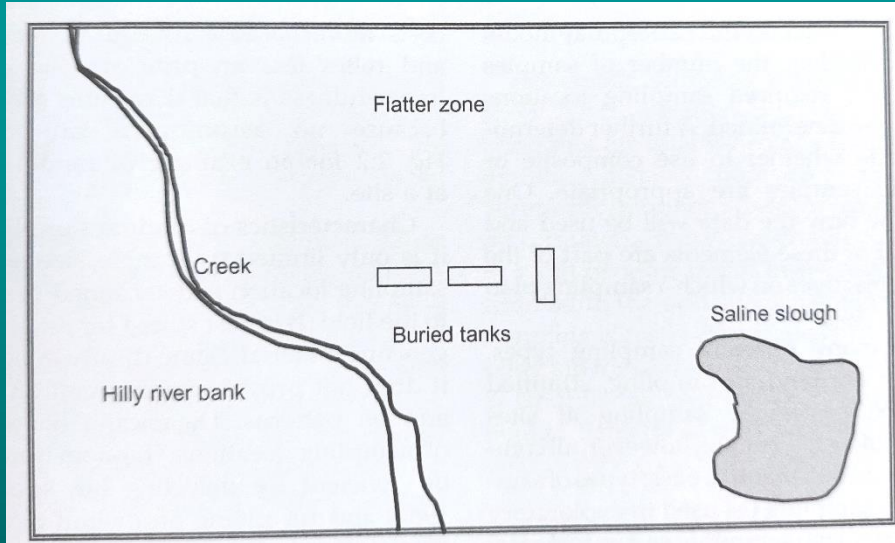
Quali *step* da seguire ?

1. Definire gli obiettivi e limiti areali dell'area investigata
2. Raccolta informazioni pregresse
3. Sviluppo di un **modello concettuale** dai dati pregressi
4. Sopralluogo con indagini indirette (es. metodi geofisici) e raccolta campioni esplorativi
5. Piano di campionamento
6. Raccolta dei campioni ed analisi di laboratorio
7. Interpretazione dei risultati ed perfezionamento del **modello concettuale**
8. Report finale

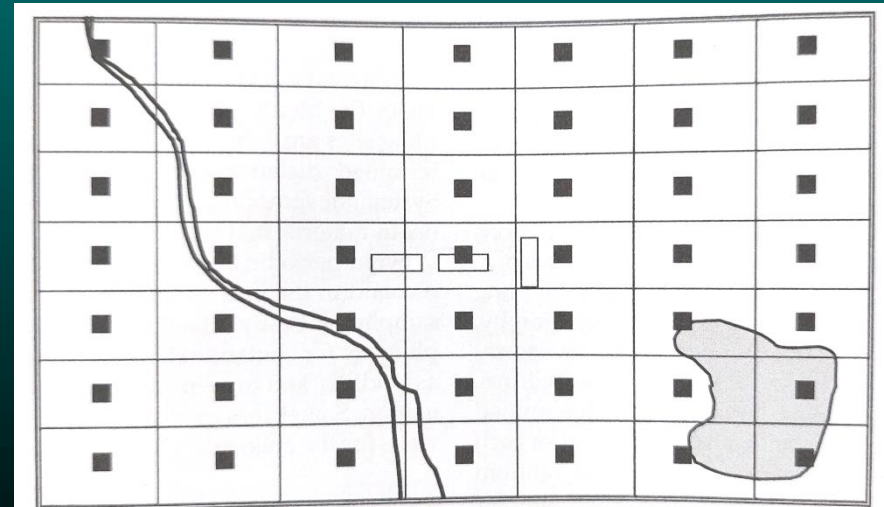
Il **modello concettuale** finale evidenzia il tipo e l'estensione della contaminazione, definisce i percorsi di migrazione dei contaminanti ed identifica i possibili recettori (es. acque di falda, corpi d'acqua superficiale, vegetazione e colture)

Caratterizzazione dei suoli

Il piano di campionamento



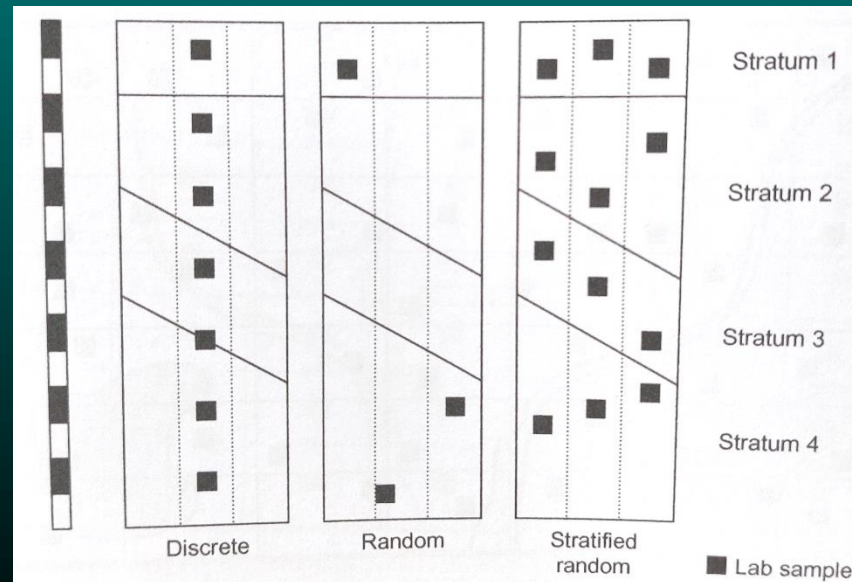
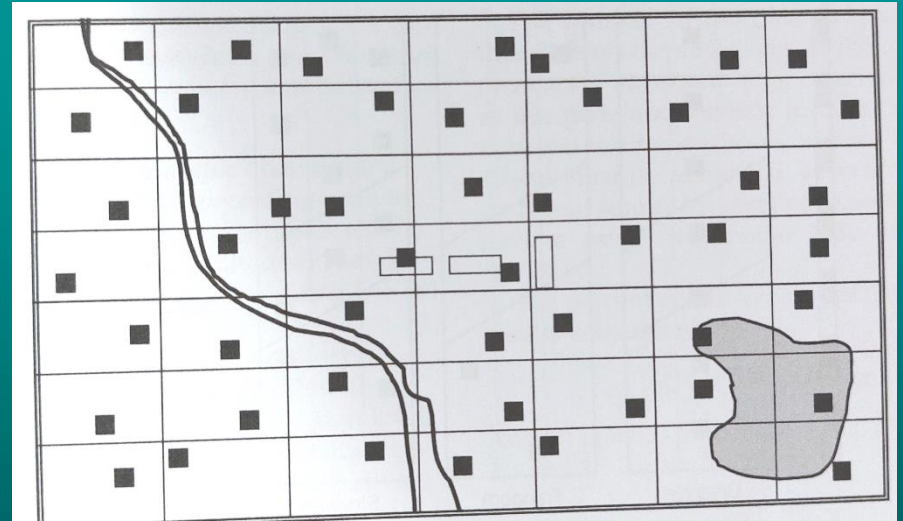
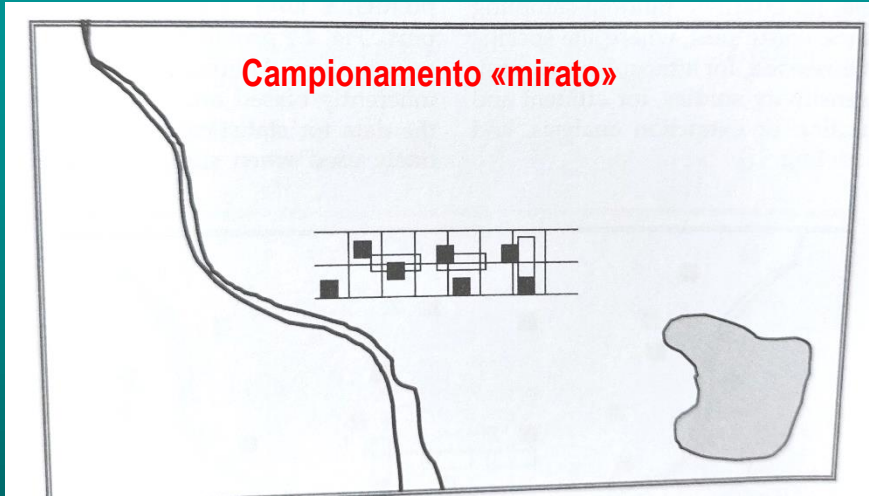
Campionamento sistematico (a griglia regolare)



Caratterizzazione dei suoli

Il piano di campionamento

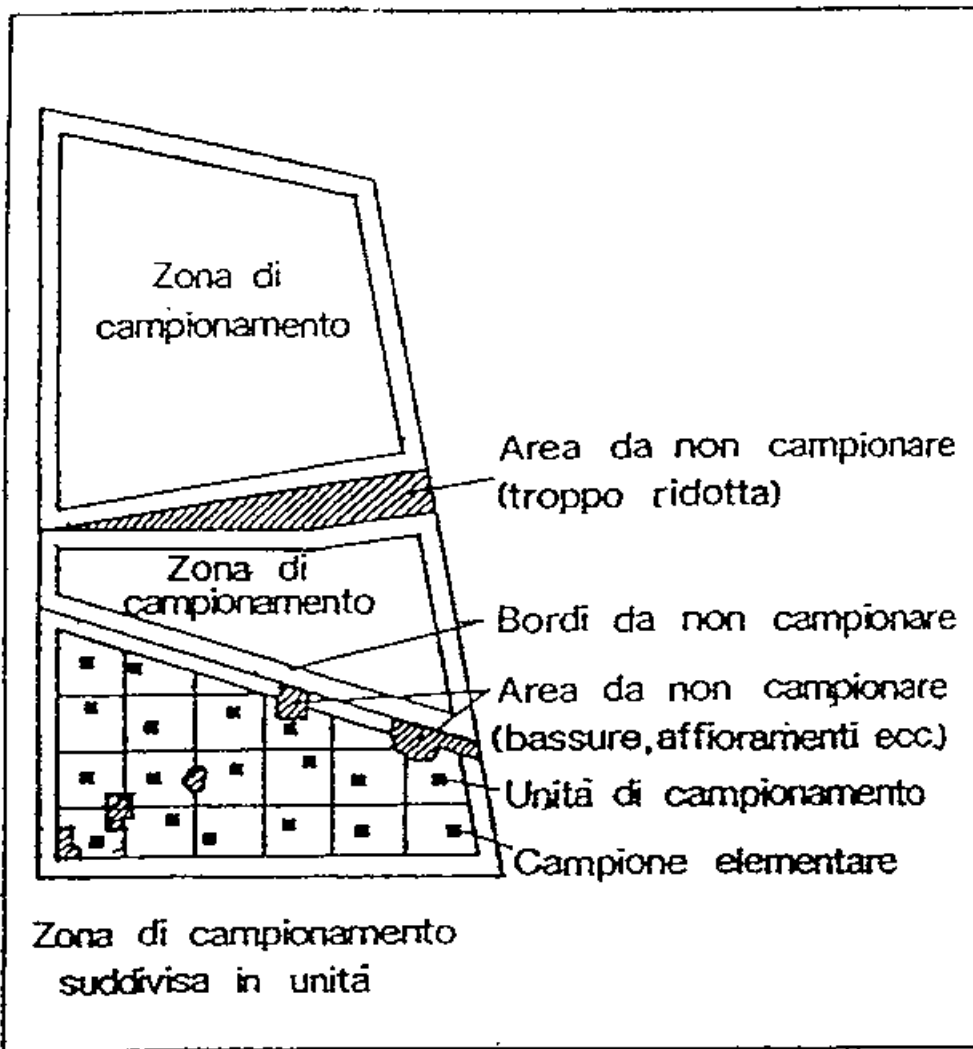
Campionamento sistematico ma random/differenziato



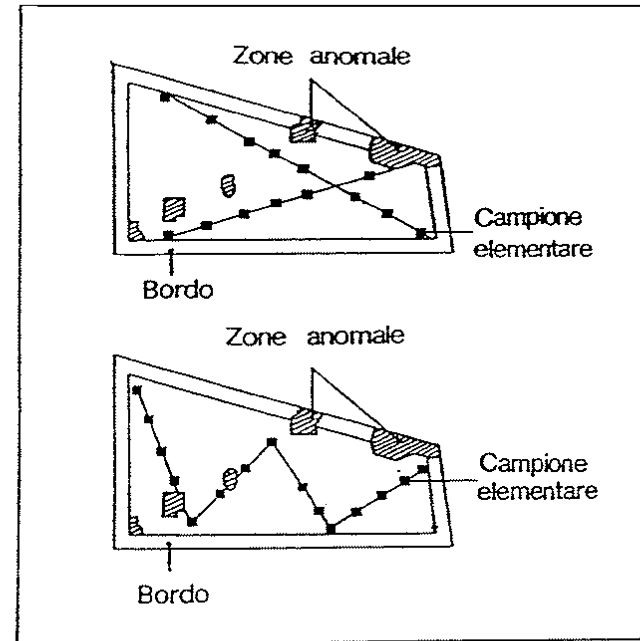
Campionamento lungo un profilo verticale di suolo

Caratterizzazione dei suoli

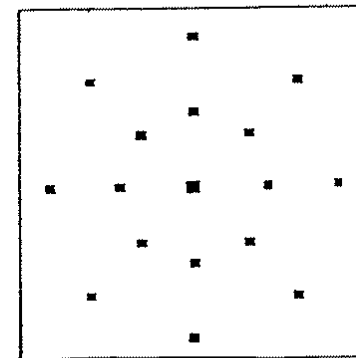
Il piano di campionamento



Zone ed unità di campionamento



Campionamento non sistematico a X (sopra) o a W (sotto)



Schema di campionamento per il controllo degli effetti di una sorgente puntiforme di alterazione

Caratterizzazione dei suoli

Il piano di campionamento

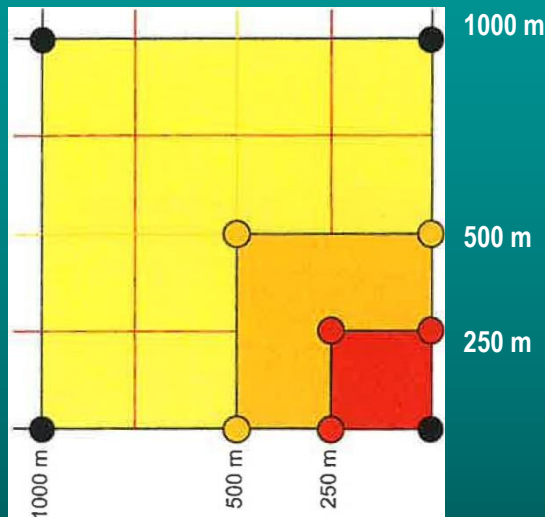


FIG. 8.2 Sampling grid of 1000 x 1000 m. It can easily be converted to a denser grid of 500 x 500 m, 250 x 250 m, etc. The different colored grid lines show the development of denser sampling grids. Modified from Demetriades, A., & Birke, M. (2015). *Urban geochemical mapping Sampling, sample preparation, laboratory analysis, quality control check, statistical processing and map plotting*. EuroGeoSurveys— The Geological Surveys of Europe (166 pp.). http://www.ewogeosurveys.org/wp-content/uploads/2015/10/Urban_Geochemical_Mapping_Manual.pdf, Fig. 1, p. 17

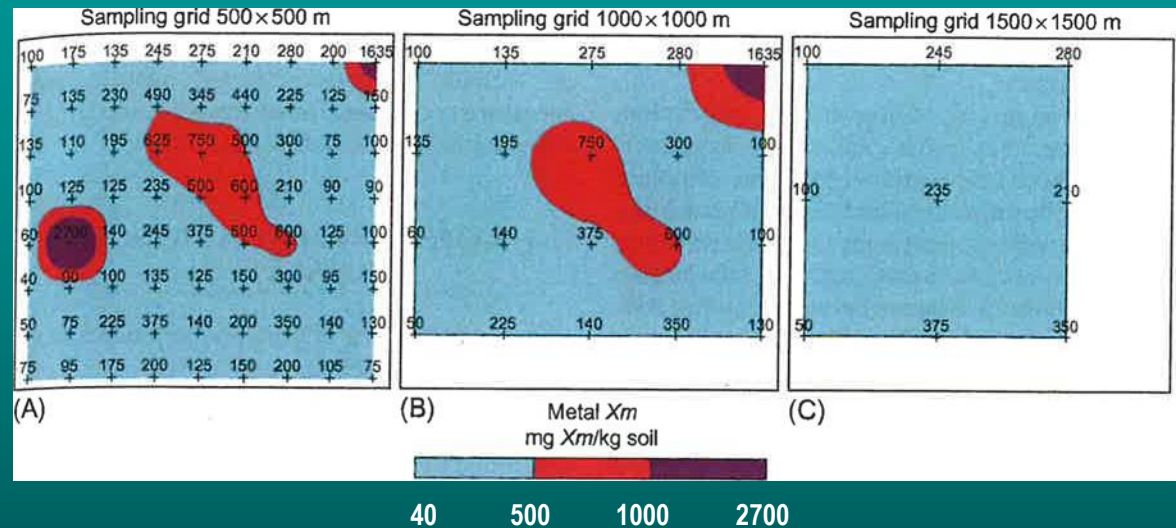


FIG. 8.3 Sketch maps showing the change in size of the contaminated areas with different square grid dimensions (numbers over the crosses represent metal X_m concentration values in mg/kg). The statutory limit for the concentration of the metal X_m in urban soil is set at 500 mg/kg. The optimum grid in this case is (A) 500 x 500 m, while (B) 1000 x 1000 m gives a very generalized picture and misses an important hot spot with a concentration of 2700 mg/kg of metal X_m , and (C) 1500 x 1500 m finds no contamination, and the city's topsoil is declared as being uncontaminated. Source: From Demetriades, A., & Birke, M. (2015). *Urban geochemical mapping manual: Sampling, sample preparation, laboratory analysis, quality control check, statistical processing and map plotting*. EuroGeoSurveys—The Geological Surveys of Europe (166 pp.). http://www.eurogeosurveys.org/wp-content/uploads/2015/10/Urban_Geochemical_Mapping_Manual.pdf, Fig. 2, p. 18

Come campiono un suolo?

La profondità di prelevamento varia a seconda del tipo di suolo che deve essere indagato (es. suolo agricolo o prativo)

E' comunque importante decidere la profondità del prelevamento sulla base del profilo pedologico.

- **Profilo**
- **Trivella**
- **Pozzetto**



Fig. 10. Close-up of one of the soil sample pits (Photo: Teppo Moiso, GSF)



Trivelle a mano (*augers*)

Le modalità di campionamento variano in funzione del tipo di indagine, degli obiettivi e del grado di dettaglio che si vuole raggiungere (variabilità orizzontale o verticale?)

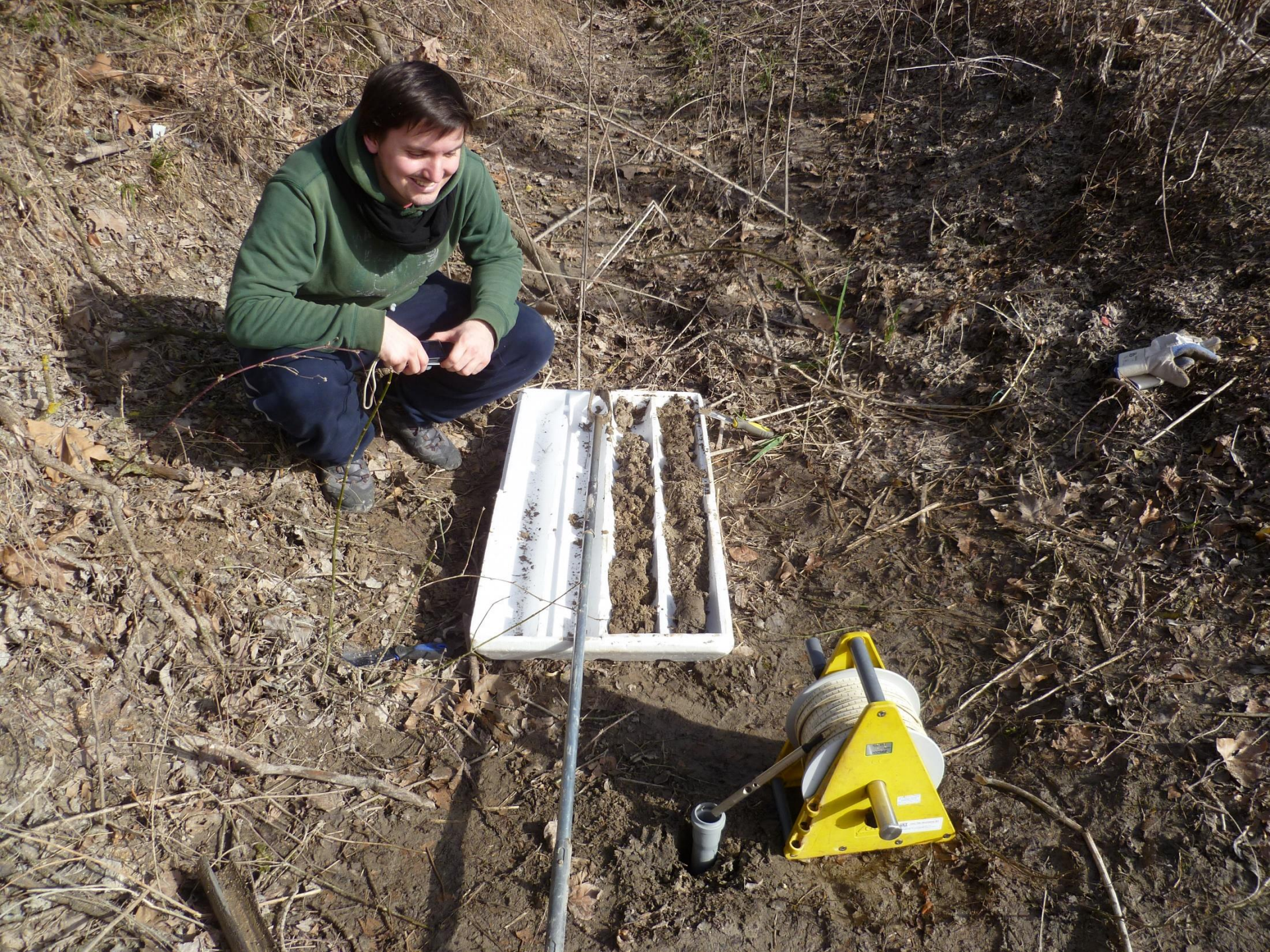


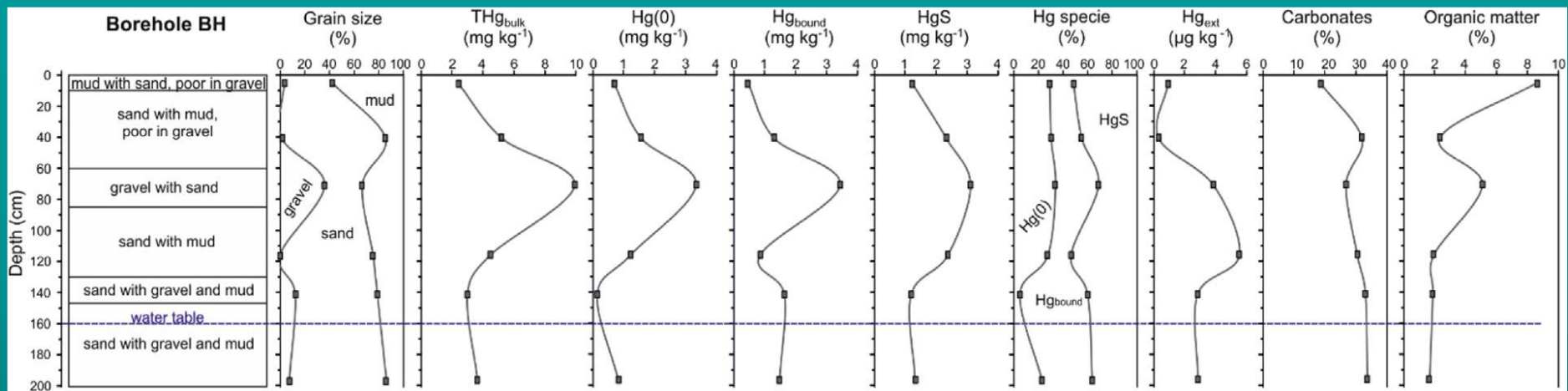




MUNSELL SOIL COLOR CHART

| SOIL COLOR | SOIL COLOR | SOIL COLOR | SOIL COLOR | SOIL COLOR | SOIL COLOR |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 10YR 5/1 | 10YR 5/2 | 10YR 5/3 | 10YR 5/4 | 10YR 5/5 | 10YR 5/6 |
| 10YR 4/1 | 10YR 4/2 | 10YR 4/3 | 10YR 4/4 | 10YR 4/5 | 10YR 4/6 |
| 10YR 3/1 | 10YR 3/2 | 10YR 3/3 | 10YR 3/4 | 10YR 3/5 | 10YR 3/6 |
| 10YR 2/1 | 10YR 2/2 | 10YR 2/3 | 10YR 2/4 | 10YR 2/5 | 10YR 2/6 |
| 10YR 1/1 | 10YR 1/2 | 10YR 1/3 | 10YR 1/4 | 10YR 1/5 | 10YR 1/6 |
| 9.5YR 5/1 | 9.5YR 5/2 | 9.5YR 5/3 | 9.5YR 5/4 | 9.5YR 5/5 | 9.5YR 5/6 |
| 9.5YR 4/1 | 9.5YR 4/2 | 9.5YR 4/3 | 9.5YR 4/4 | 9.5YR 4/5 | 9.5YR 4/6 |
| 9.5YR 3/1 | 9.5YR 3/2 | 9.5YR 3/3 | 9.5YR 3/4 | 9.5YR 3/5 | 9.5YR 3/6 |
| 9.5YR 2/1 | 9.5YR 2/2 | 9.5YR 2/3 | 9.5YR 2/4 | 9.5YR 2/5 | 9.5YR 2/6 |
| 9.5YR 1/1 | 9.5YR 1/2 | 9.5YR 1/3 | 9.5YR 1/4 | 9.5YR 1/5 | 9.5YR 1/6 |
| 9YR 5/1 | 9YR 5/2 | 9YR 5/3 | 9YR 5/4 | 9YR 5/5 | 9YR 5/6 |
| 9YR 4/1 | 9YR 4/2 | 9YR 4/3 | 9YR 4/4 | 9YR 4/5 | 9YR 4/6 |
| 9YR 3/1 | 9YR 3/2 | 9YR 3/3 | 9YR 3/4 | 9YR 3/5 | 9YR 3/6 |
| 9YR 2/1 | 9YR 2/2 | 9YR 2/3 | 9YR 2/4 | 9YR 2/5 | 9YR 2/6 |
| 9YR 1/1 | 9YR 1/2 | 9YR 1/3 | 9YR 1/4 | 9YR 1/5 | 9YR 1/6 |
| 8.5YR 5/1 | 8.5YR 5/2 | 8.5YR 5/3 | 8.5YR 5/4 | 8.5YR 5/5 | 8.5YR 5/6 |
| 8.5YR 4/1 | 8.5YR 4/2 | 8.5YR 4/3 | 8.5YR 4/4 | 8.5YR 4/5 | 8.5YR 4/6 |
| 8.5YR 3/1 | 8.5YR 3/2 | 8.5YR 3/3 | 8.5YR 3/4 | 8.5YR 3/5 | 8.5YR 3/6 |
| 8.5YR 2/1 | 8.5YR 2/2 | 8.5YR 2/3 | 8.5YR 2/4 | 8.5YR 2/5 | 8.5YR 2/6 |
| 8.5YR 1/1 | 8.5YR 1/2 | 8.5YR 1/3 | 8.5YR 1/4 | 8.5YR 1/5 | 8.5YR 1/6 |
| 8YR 5/1 | 8YR 5/2 | 8YR 5/3 | 8YR 5/4 | 8YR 5/5 | 8YR 5/6 |
| 8YR 4/1 | 8YR 4/2 | 8YR 4/3 | 8YR 4/4 | 8YR 4/5 | 8YR 4/6 |
| 8YR 3/1 | 8YR 3/2 | 8YR 3/3 | 8YR 3/4 | 8YR 3/5 | 8YR 3/6 |
| 8YR 2/1 | 8YR 2/2 | 8YR 2/3 | 8YR 2/4 | 8YR 2/5 | 8YR 2/6 |
| 8YR 1/1 | 8YR 1/2 | 8YR 1/3 | 8YR 1/4 | 8YR 1/5 | 8YR 1/6 |
| 7.5YR 5/1 | 7.5YR 5/2 | 7.5YR 5/3 | 7.5YR 5/4 | 7.5YR 5/5 | 7.5YR 5/6 |
| 7.5YR 4/1 | 7.5YR 4/2 | 7.5YR 4/3 | 7.5YR 4/4 | 7.5YR 4/5 | 7.5YR 4/6 |
| 7.5YR 3/1 | 7.5YR 3/2 | 7.5YR 3/3 | 7.5YR 3/4 | 7.5YR 3/5 | 7.5YR 3/6 |
| 7.5YR 2/1 | 7.5YR 2/2 | 7.5YR 2/3 | 7.5YR 2/4 | 7.5YR 2/5 | 7.5YR 2/6 |
| 7.5YR 1/1 | 7.5YR 1/2 | 7.5YR 1/3 | 7.5YR 1/4 | 7.5YR 1/5 | 7.5YR 1/6 |
| 7YR 5/1 | 7YR 5/2 | 7YR 5/3 | 7YR 5/4 | 7YR 5/5 | 7YR 5/6 |
| 7YR 4/1 | 7YR 4/2 | 7YR 4/3 | 7YR 4/4 | 7YR 4/5 | 7YR 4/6 |
| 7YR 3/1 | 7YR 3/2 | 7YR 3/3 | 7YR 3/4 | 7YR 3/5 | 7YR 3/6 |
| 7YR 2/1 | 7YR 2/2 | 7YR 2/3 | 7YR 2/4 | 7YR 2/5 | 7YR 2/6 |
| 7YR 1/1 | 7YR 1/2 | 7YR 1/3 | 7YR 1/4 | 7YR 1/5 | 7YR 1/6 |
| 6.5YR 5/1 | 6.5YR 5/2 | 6.5YR 5/3 | 6.5YR 5/4 | 6.5YR 5/5 | 6.5YR 5/6 |
| 6.5YR 4/1 | 6.5YR 4/2 | 6.5YR 4/3 | 6.5YR 4/4 | 6.5YR 4/5 | 6.5YR 4/6 |
| 6.5YR 3/1 | 6.5YR 3/2 | 6.5YR 3/3 | 6.5YR 3/4 | 6.5YR 3/5 | 6.5YR 3/6 |
| 6.5YR 2/1 | 6.5YR 2/2 | 6.5YR 2/3 | 6.5YR 2/4 | 6.5YR 2/5 | 6.5YR 2/6 |
| 6.5YR 1/1 | 6.5YR 1/2 | 6.5YR 1/3 | 6.5YR 1/4 | 6.5YR 1/5 | 6.5YR 1/6 |
| 6YR 5/1 | 6YR 5/2 | 6YR 5/3 | 6YR 5/4 | 6YR 5/5 | 6YR 5/6 |
| 6YR 4/1 | 6YR 4/2 | 6YR 4/3 | 6YR 4/4 | 6YR 4/5 | 6YR 4/6 |
| 6YR 3/1 | 6YR 3/2 | 6YR 3/3 | 6YR 3/4 | 6YR 3/5 | 6YR 3/6 |
| 6YR 2/1 | 6YR 2/2 | 6YR 2/3 | 6YR 2/4 | 6YR 2/5 | 6YR 2/6 |
| 6YR 1/1 | 6YR 1/2 | 6YR 1/3 | 6YR 1/4 | 6YR 1/5 | 6YR 1/6 |
| 5.5YR 5/1 | 5.5YR 5/2 | 5.5YR 5/3 | 5.5YR 5/4 | 5.5YR 5/5 | 5.5YR 5/6 |
| 5.5YR 4/1 | 5.5YR 4/2 | 5.5YR 4/3 | 5.5YR 4/4 | 5.5YR 4/5 | 5.5YR 4/6 |
| 5.5YR 3/1 | 5.5YR 3/2 | 5.5YR 3/3 | 5.5YR 3/4 | 5.5YR 3/5 | 5.5YR 3/6 |
| 5.5YR 2/1 | 5.5YR 2/2 | 5.5YR 2/3 | 5.5YR 2/4 | 5.5YR 2/5 | 5.5YR 2/6 |
| 5.5YR 1/1 | 5.5YR 1/2 | 5.5YR 1/3 | 5.5YR 1/4 | 5.5YR 1/5 | 5.5YR 1/6 |
| 5YR 5/1 | 5YR 5/2 | 5YR 5/3 | 5YR 5/4 | 5YR 5/5 | 5YR 5/6 |
| 5YR 4/1 | 5YR 4/2 | 5YR 4/3 | 5YR 4/4 | 5YR 4/5 | 5YR 4/6 |
| 5YR 3/1 | 5YR 3/2 | 5YR 3/3 | 5YR 3/4 | 5YR 3/5 | 5YR 3/6 |
| 5YR 2/1 | 5YR 2/2 | 5YR 2/3 | 5YR 2/4 | 5YR 2/5 | 5YR 2/6 |
| 5YR 1/1 | 5YR 1/2 | 5YR 1/3 | 5YR 1/4 | 5YR 1/5 | 5YR 1/6 |
| 4.5YR 5/1 | 4.5YR 5/2 | 4.5YR 5/3 | 4.5YR 5/4 | 4.5YR 5/5 | 4.5YR 5/6 |
| 4.5YR 4/1 | 4.5YR 4/2 | 4.5YR 4/3 | 4.5YR 4/4 | 4.5YR 4/5 | 4.5YR 4/6 |
| 4.5YR 3/1 | 4.5YR 3/2 | 4.5YR 3/3 | 4.5YR 3/4 | 4.5YR 3/5 | 4.5YR 3/6 |
| 4.5YR 2/1 | 4.5YR 2/2 | 4.5YR 2/3 | 4.5YR 2/4 | 4.5YR 2/5 | 4.5YR 2/6 |
| 4.5YR 1/1 | 4.5YR 1/2 | 4.5YR 1/3 | 4.5YR 1/4 | 4.5YR 1/5 | 4.5YR 1/6 |
| 4YR 5/1 | 4YR 5/2 | 4YR 5/3 | 4YR 5/4 | 4YR 5/5 | 4YR 5/6 |
| 4YR 4/1 | 4YR 4/2 | 4YR 4/3 | 4YR 4/4 | 4YR 4/5 | 4YR 4/6 |
| 4YR 3/1 | 4YR 3/2 | 4YR 3/3 | 4YR 3/4 | 4YR 3/5 | 4YR 3/6 |
| 4YR 2/1 | 4YR 2/2 | 4YR 2/3 | 4YR 2/4 | 4YR 2/5 | 4YR 2/6 |
| 4YR 1/1 | 4YR 1/2 | 4YR 1/3 | 4YR 1/4 | 4YR 1/5 | 4YR 1/6 |
| 3.5YR 5/1 | 3.5YR 5/2 | 3.5YR 5/3 | 3.5YR 5/4 | 3.5YR 5/5 | 3.5YR 5/6 |
| 3.5YR 4/1 | 3.5YR 4/2 | 3.5YR 4/3 | 3.5YR 4/4 | 3.5YR 4/5 | 3.5YR 4/6 |
| 3.5YR 3/1 | 3.5YR 3/2 | 3.5YR 3/3 | 3.5YR 3/4 | 3.5YR 3/5 | 3.5YR 3/6 |
| 3.5YR 2/1 | 3.5YR 2/2 | 3.5YR 2/3 | 3.5YR 2/4 | 3.5YR 2/5 | 3.5YR 2/6 |
| 3.5YR 1/1 | 3.5YR 1/2 | 3.5YR 1/3 | 3.5YR 1/4 | 3.5YR 1/5 | 3.5YR 1/6 |
| 3YR 5/1 | 3YR 5/2 | 3YR 5/3 | 3YR 5/4 | 3YR 5/5 | 3YR 5/6 |
| 3YR 4/1 | 3YR 4/2 | 3YR 4/3 | 3YR 4/4 | 3YR 4/5 | 3YR 4/6 |
| 3YR 3/1 | 3YR 3/2 | 3YR 3/3 | 3YR 3/4 | 3YR 3/5 | 3YR 3/6 |
| 3YR 2/1 | 3YR 2/2 | 3YR 2/3 | 3YR 2/4 | 3YR 2/5 | 3YR 2/6 |
| 3YR 1/1 | 3YR 1/2 | 3YR 1/3 | 3YR 1/4 | 3YR 1/5 | 3YR 1/6 |
| 2.5YR 5/1 | 2.5YR 5/2 | 2.5YR 5/3 | 2.5YR 5/4 | 2.5YR 5/5 | 2.5YR 5/6 |
| 2.5YR 4/1 | 2.5YR 4/2 | 2.5YR 4/3 | 2.5YR 4/4 | 2.5YR 4/5 | 2.5YR 4/6 |
| 2.5YR 3/1 | 2.5YR 3/2 | 2.5YR 3/3 | 2.5YR 3/4 | 2.5YR 3/5 | 2.5YR 3/6 |
| 2.5YR 2/1 | 2.5YR 2/2 | 2.5YR 2/3 | 2.5YR 2/4 | 2.5YR 2/5 | 2.5YR 2/6 |
| 2.5YR 1/1 | 2.5YR 1/2 | 2.5YR 1/3 | 2.5YR 1/4 | 2.5YR 1/5 | 2.5YR 1/6 |
| 2YR 5/1 | 2YR 5/2 | 2YR 5/3 | 2YR 5/4 | 2YR 5/5 | 2YR 5/6 |
| 2YR 4/1 | 2YR 4/2 | 2YR 4/3 | 2YR 4/4 | 2YR 4/5 | 2YR 4/6 |
| 2YR 3/1 | 2YR 3/2 | 2YR 3/3 | 2YR 3/4 | 2YR 3/5 | 2YR 3/6 |
| 2YR 2/1 | 2YR 2/2 | 2YR 2/3 | 2YR 2/4 | 2YR 2/5 | 2YR 2/6 |
| 2YR 1/1 | 2YR 1/2 | 2YR 1/3 | 2YR 1/4 | 2YR 1/5 | 2YR 1/6 |
| 1.5YR 5/1 | 1.5YR 5/2 | 1.5YR 5/3 | 1.5YR 5/4 | 1.5YR 5/5 | 1.5YR 5/6 |
| 1.5YR 4/1 | 1.5YR 4/2 | 1.5YR 4/3 | 1.5YR 4/4 | 1.5YR 4/5 | 1.5YR 4/6 |
| 1.5YR 3/1 | 1.5YR 3/2 | 1.5YR 3/3 | 1.5YR 3/4 | 1.5YR 3/5 | 1.5YR 3/6 |
| 1.5YR 2/1 | 1.5YR 2/2 | 1.5YR 2/3 | 1.5YR 2/4 | 1.5YR 2/5 | 1.5YR 2/6 |
| 1.5YR 1/1 | 1.5YR 1/2 | 1.5YR 1/3 | 1.5YR 1/4 | 1.5YR 1/5 | 1.5YR 1/6 |
| 1YR 5/1 | 1YR 5/2 | 1YR 5/3 | 1YR 5/4 | 1YR 5/5 | 1YR 5/6 |
| 1YR 4/1 | 1YR 4/2 | 1YR 4/3 | 1YR 4/4 | 1YR 4/5 | 1YR 4/6 |
| 1YR 3/1 | 1YR 3/2 | 1YR 3/3 | 1YR 3/4 | 1YR 3/5 | 1YR 3/6 |
| 1YR 2/1 | 1YR 2/2 | 1YR 2/3 | 1YR 2/4 | 1YR 2/5 | 1YR 2/6 |
| 1YR 1/1 | 1YR 1/2 | 1YR 1/3 | 1YR 1/4 | 1YR 1/5 | 1YR 1/6 |





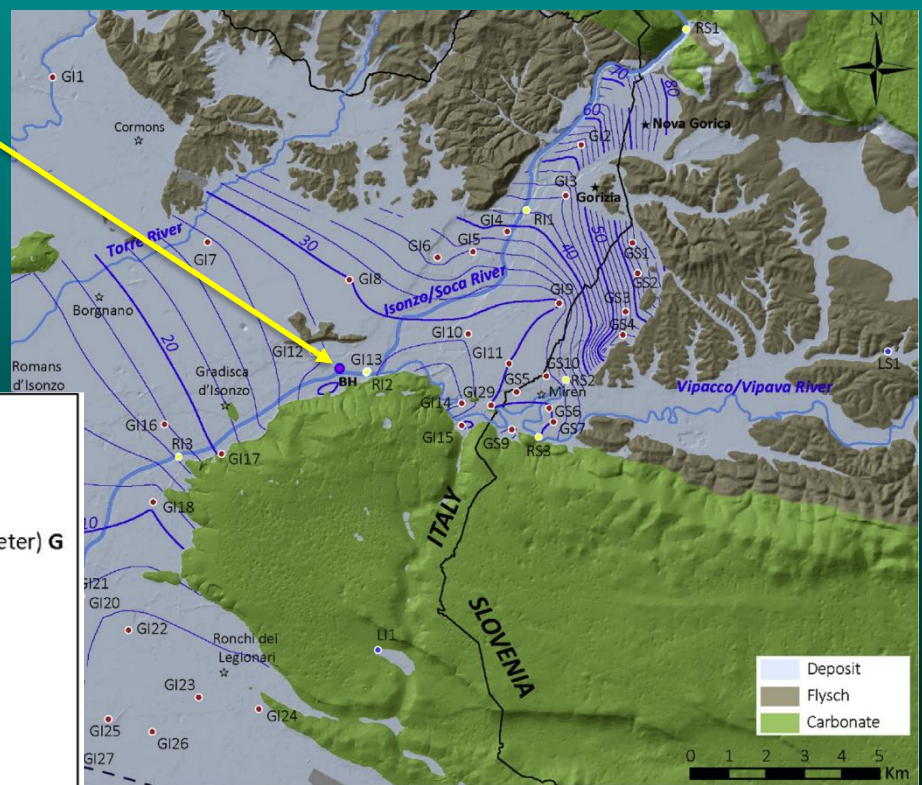
Water samples type

- Surface water (lake) L
- Surface water (river) R
- Groundwater (well/piezometer) G

Groundwater potentiometric surface

- 80 Index contour
- Intermediate contour

Hand borehole ● BH



I Suoli - Riassunto

- ✓ Riflettono la composizione del materiale di partenza
- ✓ Rappresentativi di piccole aree
- ✓ Facili da campionare ed analizzare
- ✓ "Sfera" a contatto diretto con biosfera, importanti risvolti ambientali



- ✓ Caratteristiche possono cambiare in poco spazio
- ✓ Problemi di omogeneità per l'organizzazione in orizzonti del profilo pedologico



Prospezione biogeochimica

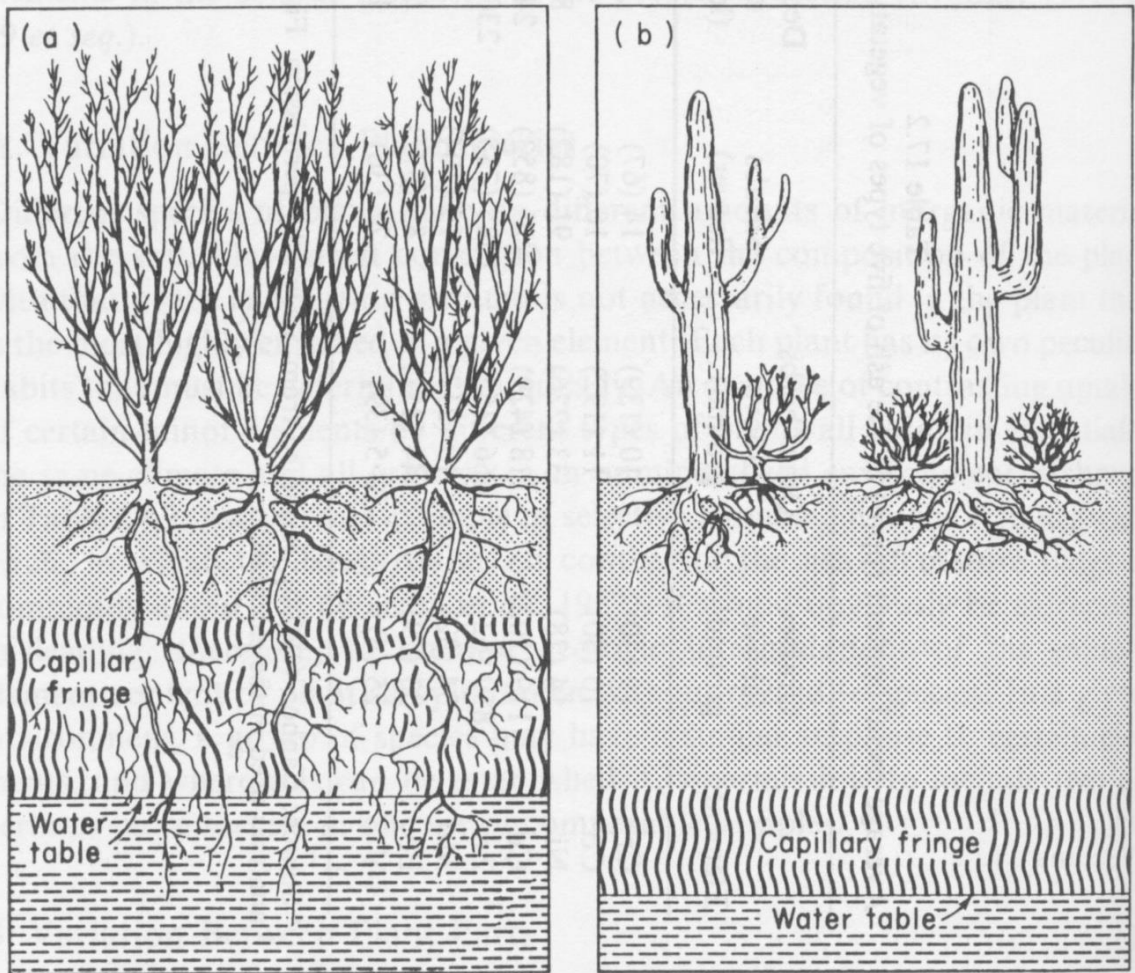


Fig. 17.5. Distinction between (a) phreatophytes and (b) xerophytes shown by their occurrence in relation to the water table. (After Robinson, 1958.)

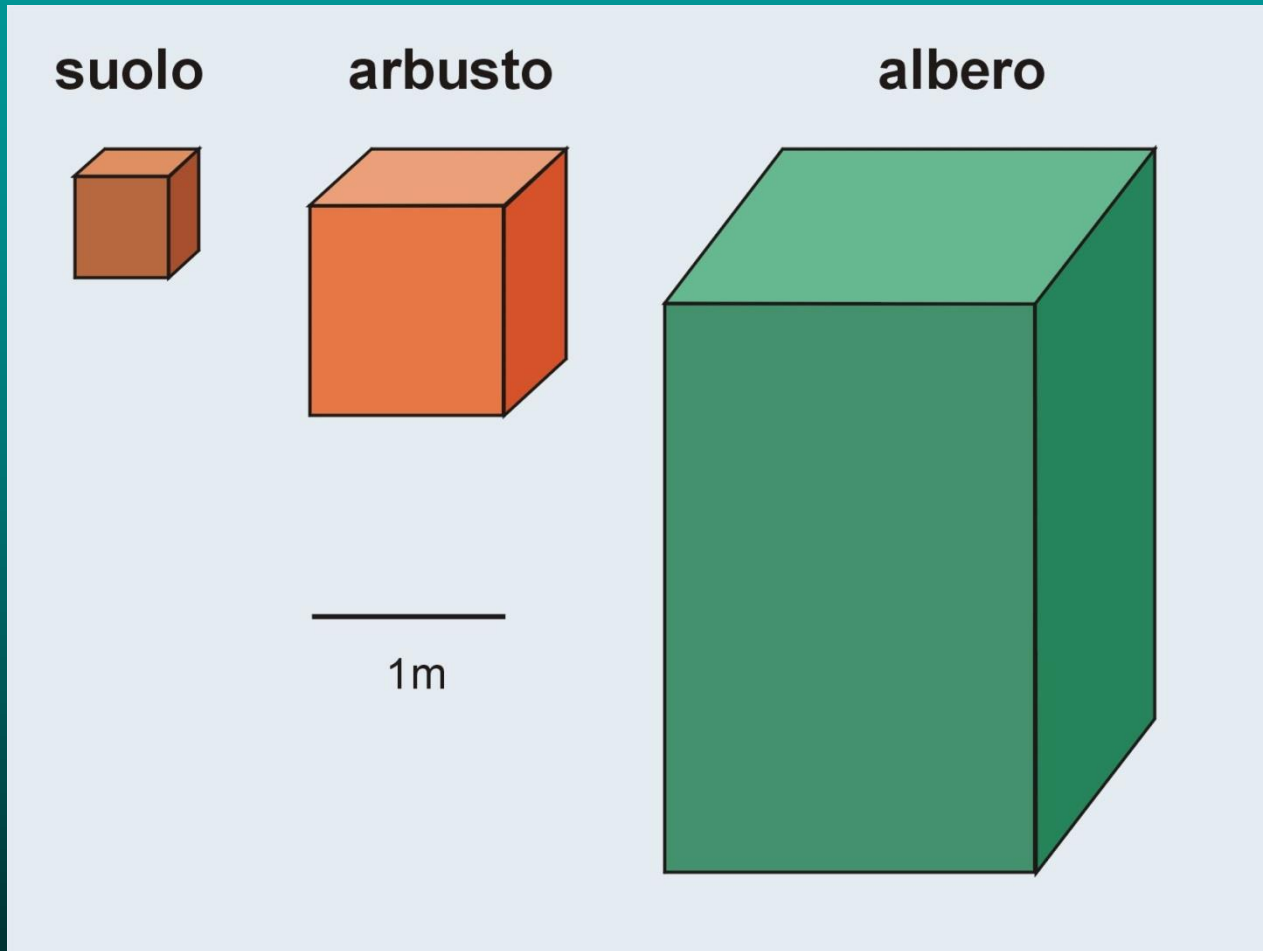
Le piante rappresentano la più evidente testimonianza dell'interazione tra biosfera e litosfera

Assorbono **nutrienti** principalmente dal suolo

Possono risentire di **concentrazioni anomale** nel suolo di **elementi tossici** sviluppando **anomalie nella crescita**, nel colore delle foglie ed altri sintomi di sofferenza

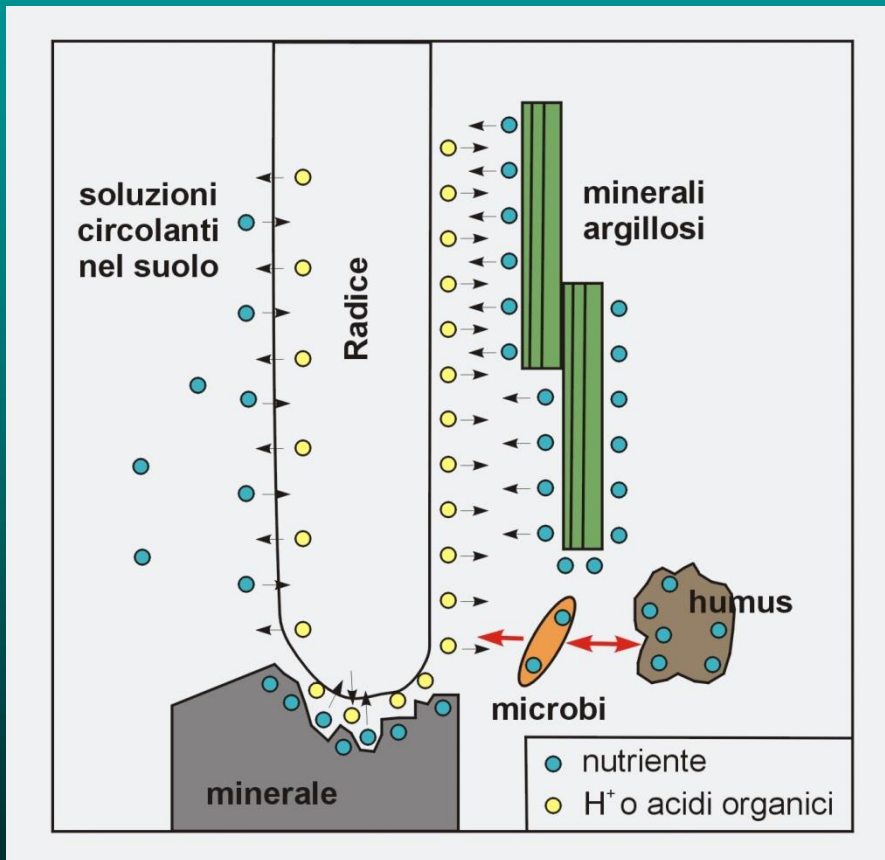
Anche indagini di tipo **geobotanico** possono evidenziare concentrazioni anomale di metalli nel suolo: aree con piante malformate o in cui si osserva abbondanza di specie in grado di tollerare alte concentrazioni di metalli possono guidare nella ricerca di minerali

Significato dell'analisi di una pianta



I vegetali "campionano" un volume di suolo proporzionale alle dimensioni della pianta

Meccanismi di assorbimento di nutrienti da parte delle piante



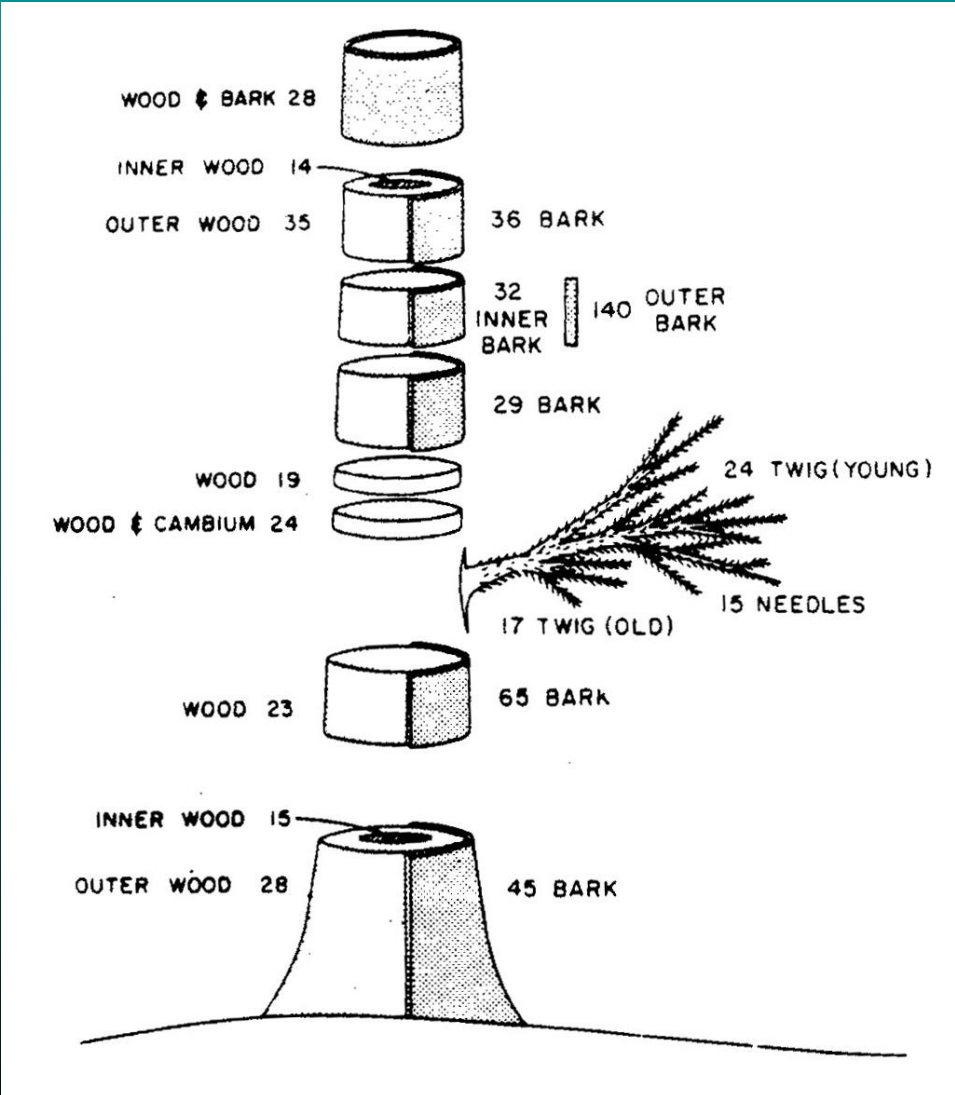
- Assorbimento diretto dalle soluzioni del suolo
- Attorno alle radici si crea un microambiente acido che favorisce scambio cationico con minerali argillosi o altri minerali
- Formazione di complessi metallo-organici
- Assorbimento mediato da comunità batteriche
- Assorbimento da parti aeree

Attenzione nel campionamento e al significato dei risultati

Gli elementi vengono ridistribuiti all'interno della pianta

Se campiono una pianta devo considerare che parte di essa analizzo!!

- Wood : legno
- Bark : corteccia
- Twig : rametto
- Needles : ago



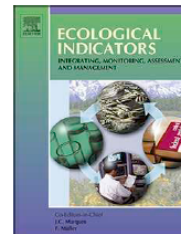


ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Ecological Indicators

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecolind

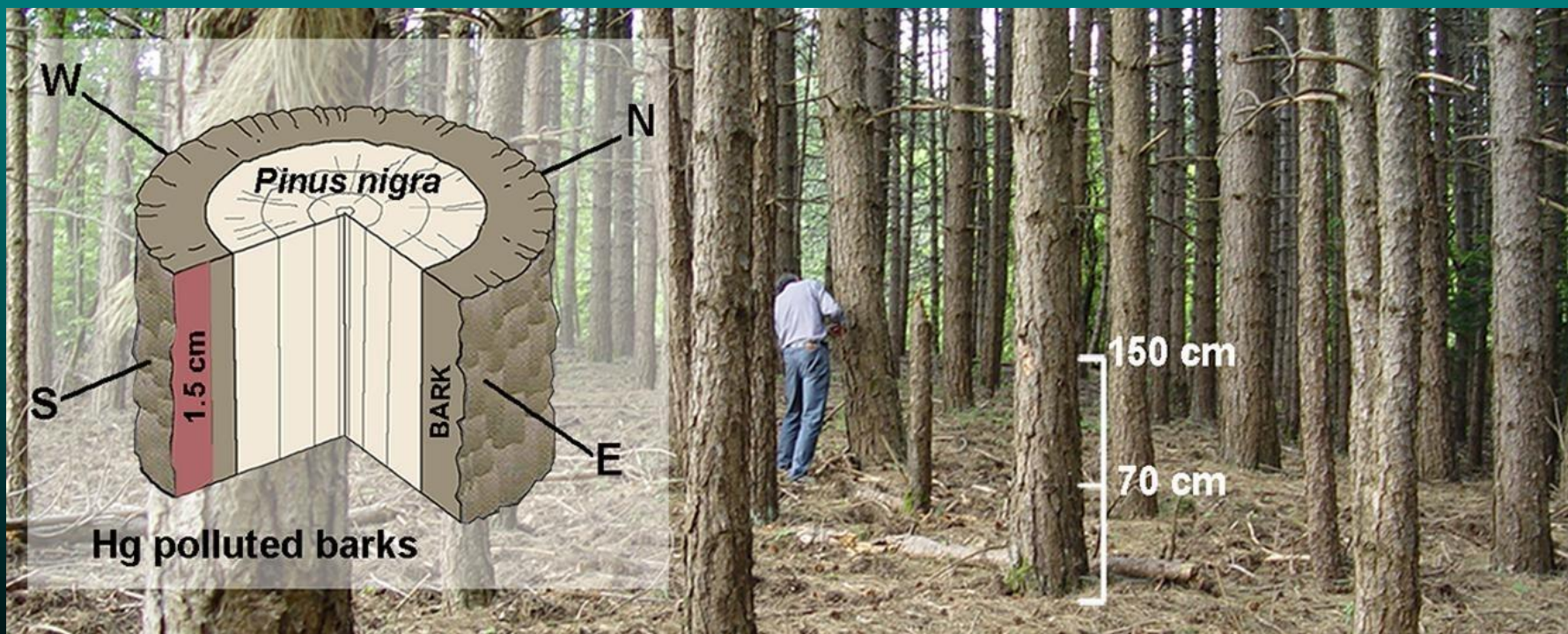


Original Articles

Black pine (*Pinus nigra*) barks: A critical evaluation of some sampling and analysis parameters for mercury biomonitoring purposes



Valentina Rimondi^{a,b,*}, Pilario Costagliola^{a,b}, Renato Benesperi^c, Marco Benvenuti^{a,b}, Marc W. Beutel^d, Antonella Buccianti^{a,b}, Laura Chiarantini^{a,e}, Pierfranco Lattanzi^b, Daniela Medas^f, Pierluigi Parrini^a



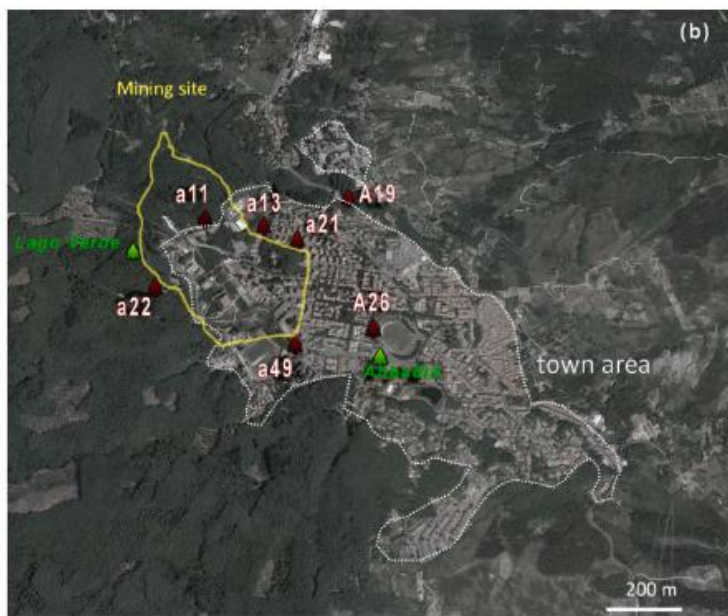
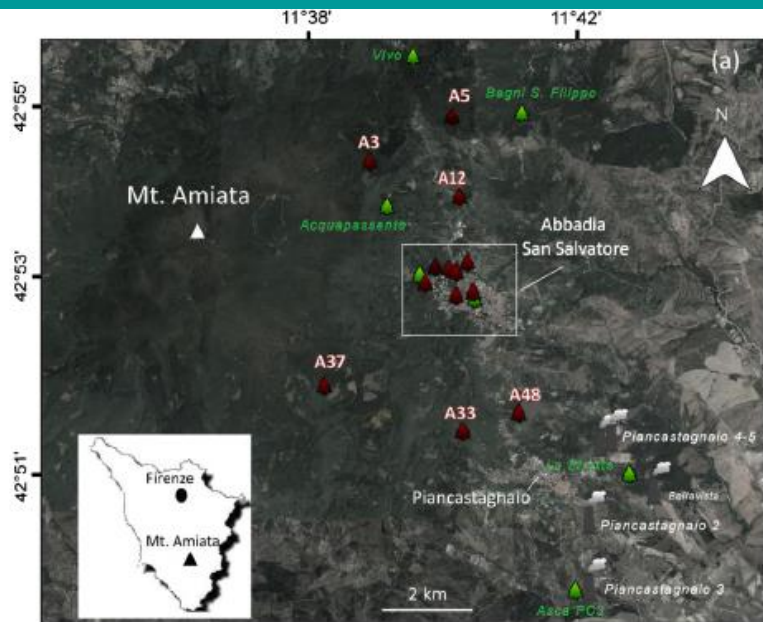


Fig. 1. Satellite image (from Google Earth) of the study area (a) and magnification of the Abbadia San Salvatore area (b) with location of sampling sites of this study (red symbols). The location of samples described by Chiarantini et al. (2016) is shown by green symbols.

N°13 siti nel distretto minerario mercurifero del Monte Amiata

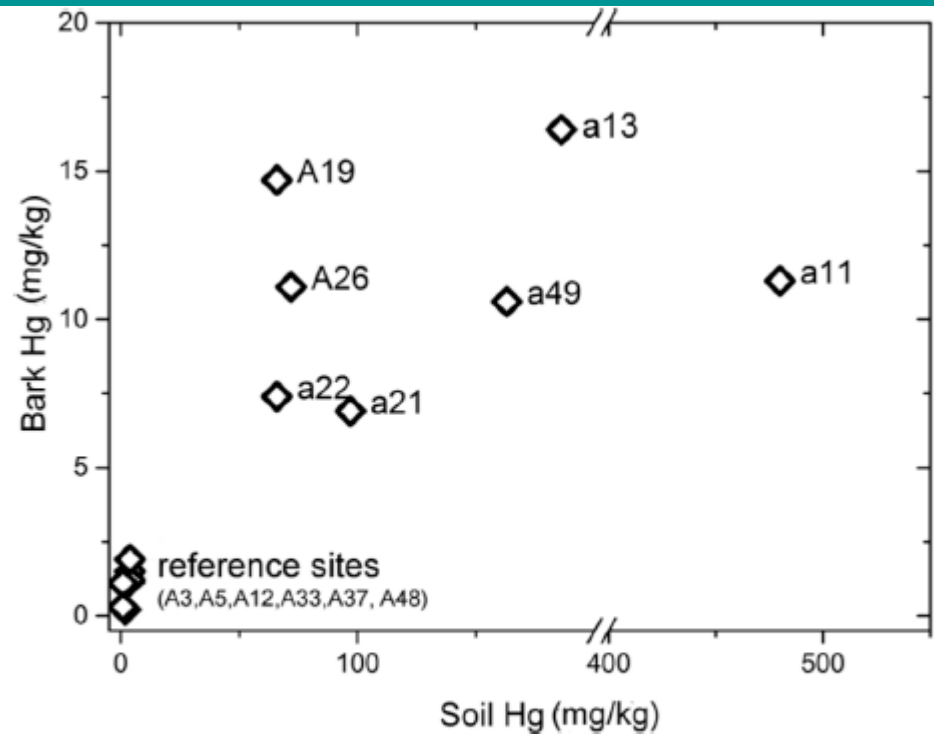


Fig. 2. Correlation of Hg in barks (average of the eight values for each tree) vs. Hg in soil at the same site.

Soil (suolo): 1-480 mg/kg Hg
 Bark (corteccia): 0.1-28.8 mg/kg Hg

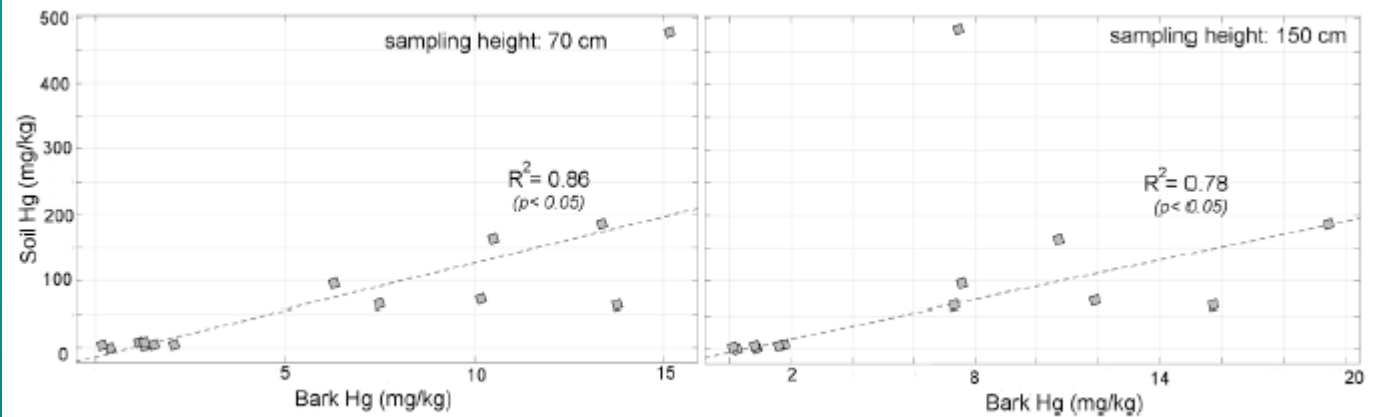


Fig. 5. Correlation between Hg in soils and average values of bark sampled at 70 (a) and 150 (b) cm.

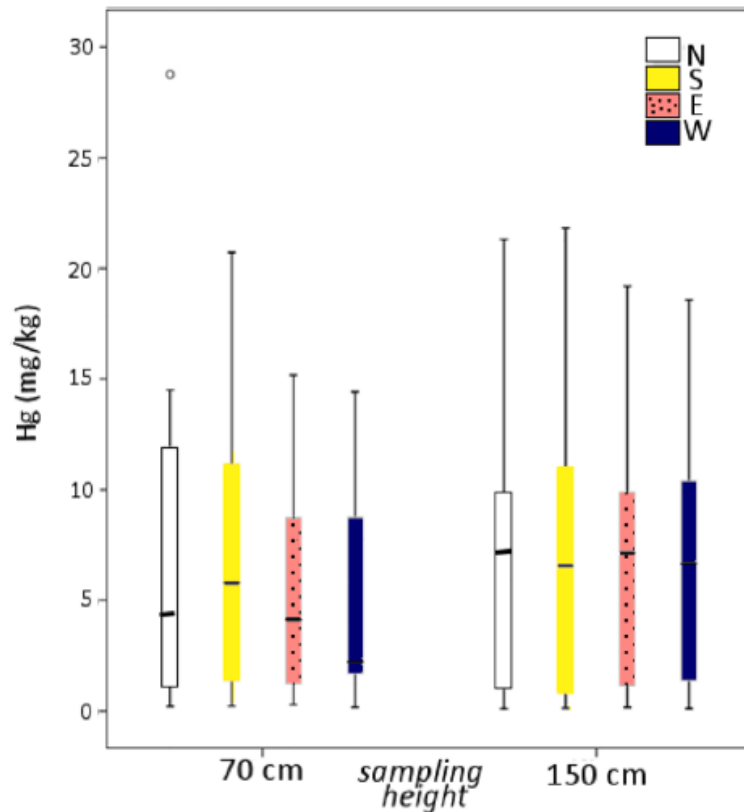


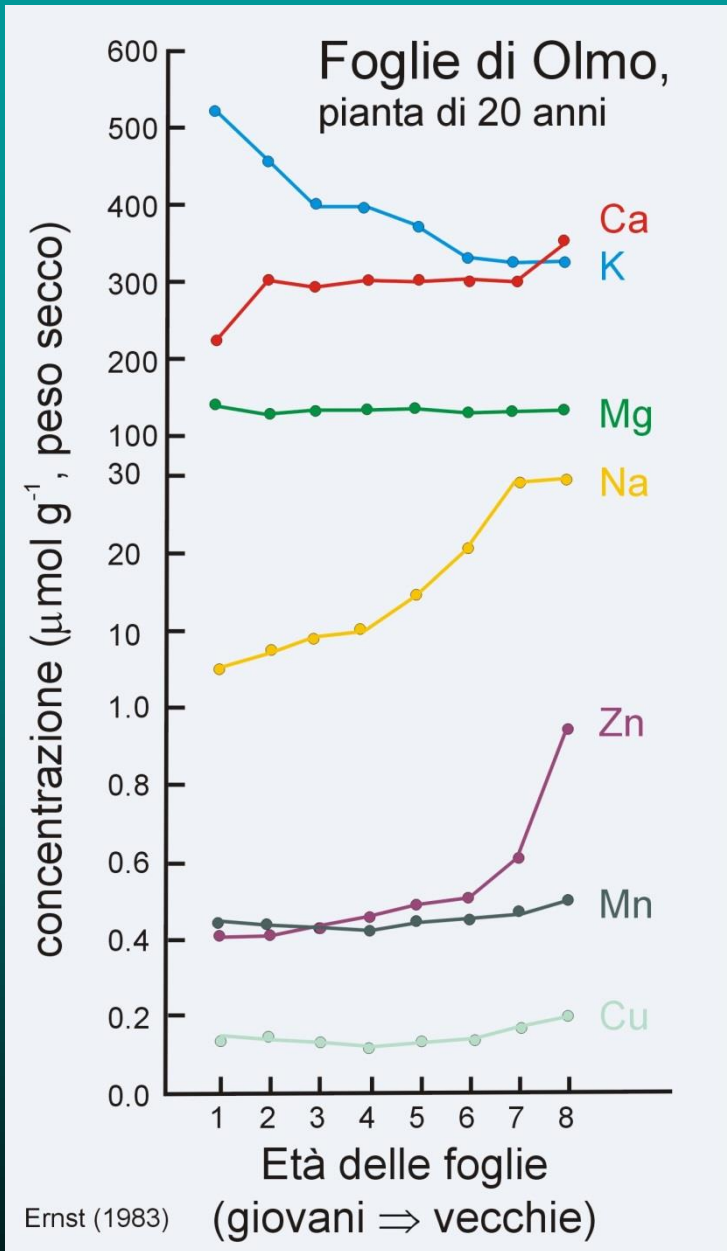
Fig. 4. Boxplots of Hg contents in barks as a function of sampling heights and cardinal direction.

- Hg nella corteccia influenzato dalle particelle di suolo non dal Hg⁰ o dalla direzione del vento
- No effetto età dell'albero
- No lisciviazione con le piogge
- Sì a campioni di corteccia nei primi 1,5 cm

Attenzione nel campionamento e al significato dei risultati !

Esiste un effetto "età" sulla distribuzione degli elementi in un vegetale

L'età delle foglie influenza la concentrazione degli elementi



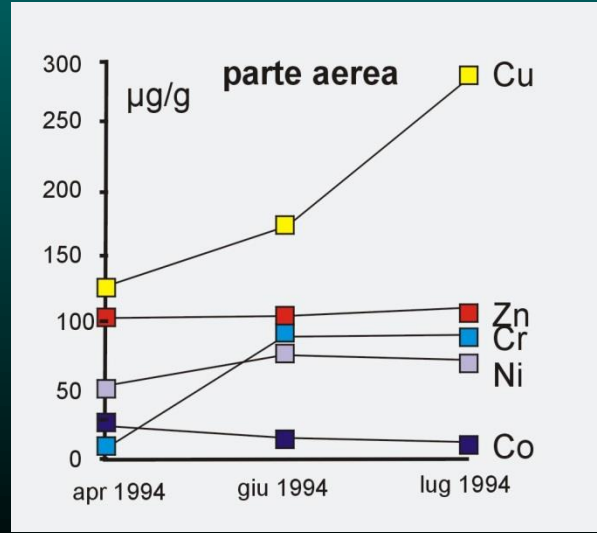
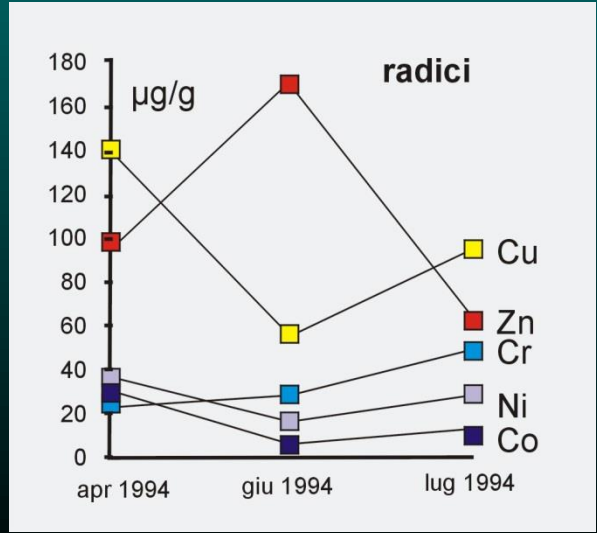
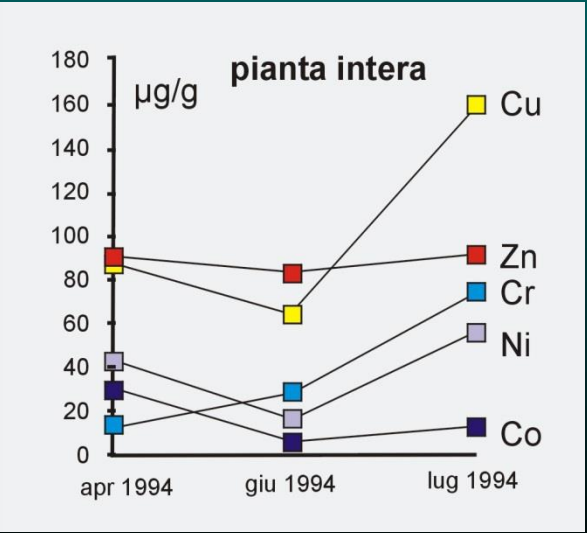
Attenzione nel campionamento e al significato dei risultati

Esiste un effetto di stagionalità

Stagionalità nell'accumulo di elementi: *Es. Silene armeria da miniera di Cu*

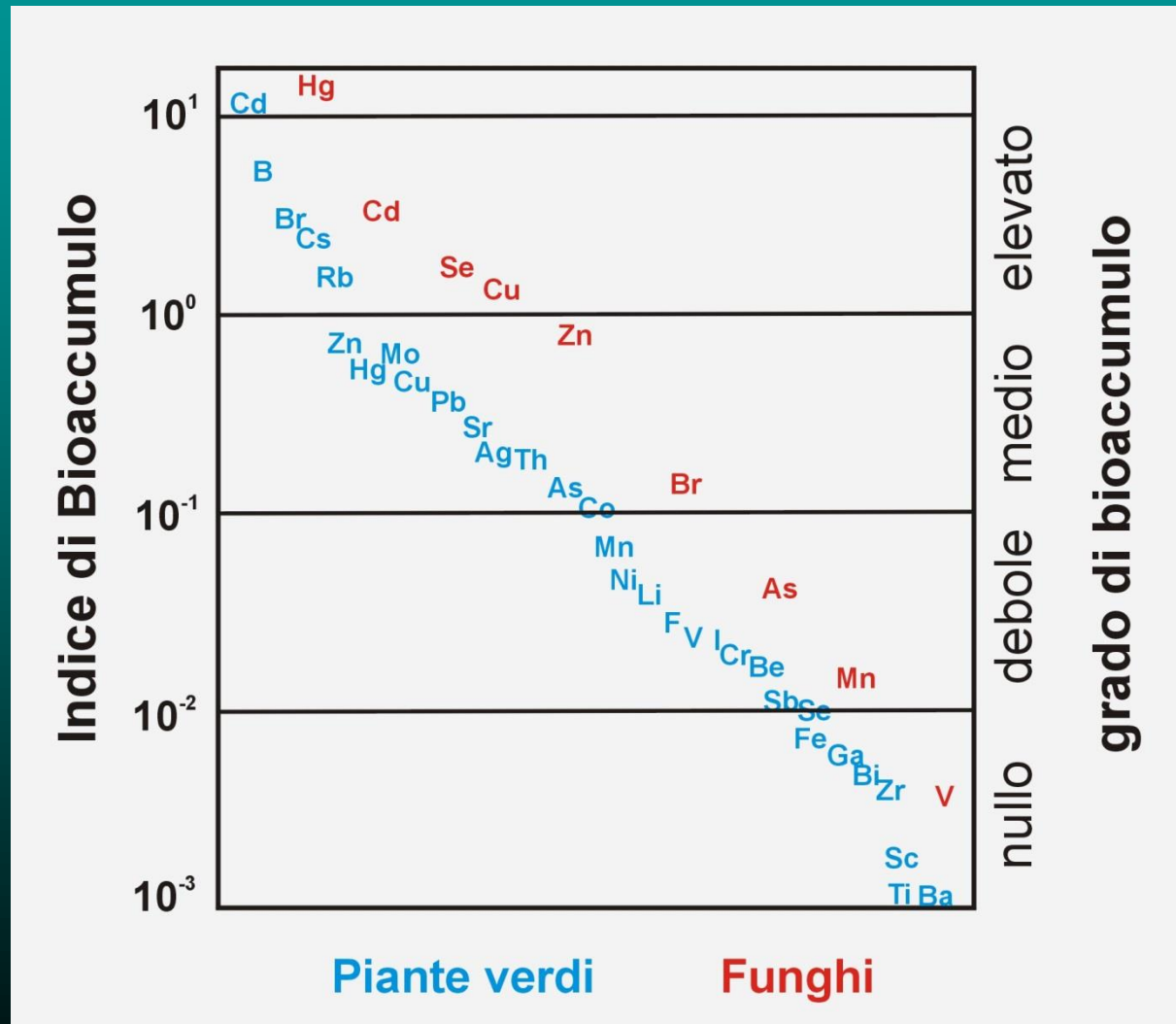
Concentrazioni più elevata nelle foglie rispetto alle radici

Concentrazioni maggiore quando la pianta ha terminato il proprio ciclo vitale (luglio)



Relazioni tra contenuto di metallo nel suolo e contenuto nella pianta

Indice di Bioaccumulo = metallo pianta / metallo suolo



Piante - Riassunto

- ✓ Forte variabilità biologica (intra- e inter-specifica)
 - ✓ Campionatura può risentire di effetti stagionali
 - ✓ Problemi nella scelta di quale porzione analizzare
-
- ✓ Diretta interazione tra litosfera e biosfera (biodisponibilità?)
 - ✓ Anche presenza di malformazioni può essere importante
 - ✓ Sono indicatori di qualità ambientale
 - ✓ Esistono specie in grado di accumulare metalli

