



Bioremediation delle aree agricole del SIN: dalla caratterizzazione dei suoli agli esperimenti in serra e in campo

Antonio Di Guardo

Dipartimento di Scienza e Alta
Tecnologia

Università degli Studi dell'Insubria
Como

Brescia, 13 Giugno 2019

antonio.diguardo@uninsubria.it

Consulenti scientifici progetto

Università degli Studi dell'Insubria (Como)

- Antonio Di Guardo
- Elisabetta Zanardini
- Cristiana Morosini
- Elisa Terzaghi

Università degli Studi di Milano

- Sara Borin
- Francesca Mapelli
- Lorenzo Vergani

Sapienza – Università di Roma

- Giuseppe Raspa

Attività dei consulenti: da bando

- Cooperazione scientifica finalizzata alla comune realizzazione delle attività di ricerca e sperimentali necessarie a fornire idonei supporti di conoscenze sui temi del destino ambientale dei contaminanti e della microbiologia ambientale nel SIN Brescia-Caffaro
- PARTE A: STUDIO DI FATTIBILITÀ DI UN PROCESSO DI BIORISANAMENTO DEI SUOLI AGRICOLI DEL SIN BRESCIA-CAFFARO (DESTINO AMBIENTALE/MICROBIOLOGIA)
- PARTE B: PIANIFICAZIONE DELLA SPERIMENTAZIONE IN CAMPO FINALIZZATA ALLA MESSA A PUNTO DI UN PROCESSO DI BIOREMEDIATION DEI SUOLI AGRICOLI DEL SIN BRESCIA-CAFFARO
- PARTE C: MONITORAGGIO MICROBIOLOGICO DELLA SPERIMENTAZIONE IN CAMPO FINALIZZATA ALLA MESSA A PUNTO DI UN PROCESSO DI BIORISANAMENTO DEI SUOLI AGRICOLI DEL SIN BRESCIA-CAFFARO
-

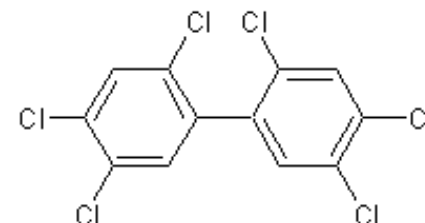
Attività dei consulenti: praticamente

- Caratterizzazione della contaminazione:
 - spettro dei contaminanti
 - variazione di concentrazione con la profondità
 - variazione di concentrazione con lo spazio
- Pianificazione di esperimenti in condizioni controllate (serra)
- Valutazione di altri aspetti (mobilità e bioaccessibilità, metaboliti)
- Predisposizione di Linee Guida Scientifiche

Caratteristiche ambientali di PCB, Diossine/Furani, Mercurio e Arsenico

PCB

Prodotti industrialmente per circa 50 anni, teoricamente **209 congeneri**, alcune decine in formulazioni commerciali, **miscele di congeneri a diverso numero di atomi di cloro** (es. tri, tetra, penta, esa, epta, octa, nona, deca)



Generalmente poco mobili, estremamente persistenti (XENOBIOTICI) nell'ambiente e bioaccumulabili

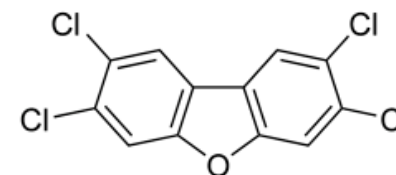
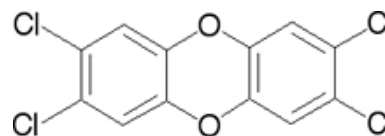
Alcuni di essi (12), per la loro struttura chimica planare hanno tossicità analoga a quella di diossine e furani → **PCB-DL**

Diossine e Furani

Prodotti indesiderati in alcune produzioni industriali e combustioni:

75 congeneri di diossine e 135 di furani

Solo **7 diossine + 12 Furani hanno tossicità elevata** → uso di TEQ per valutare la tossicità



Generalmente poco mobili, estremamente persistenti nell'ambiente (XENOBIOTICI) e bioaccumulabili

Mercurio e Arsenico

Metallo pesante (Hg) e metalloide (As), derivano da lavorazioni industriali ma anche da fonti naturali. Presenti nell'ambiente in diverse forme (specie), **a vari livelli di biodisponibilità.**

Mobilità dipende dalle specie, generalmente poco mobili, altre molto di più (volatili)

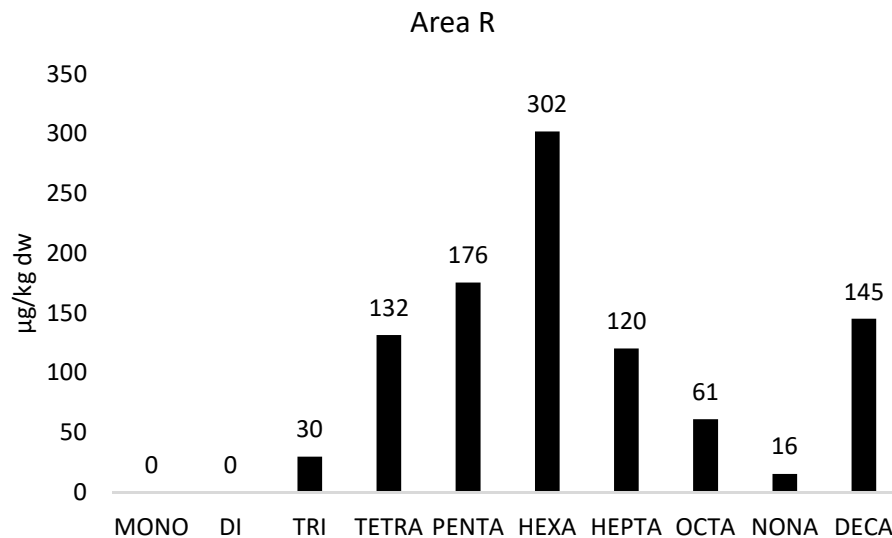
Aree scelte per l'illustrazione: R+T



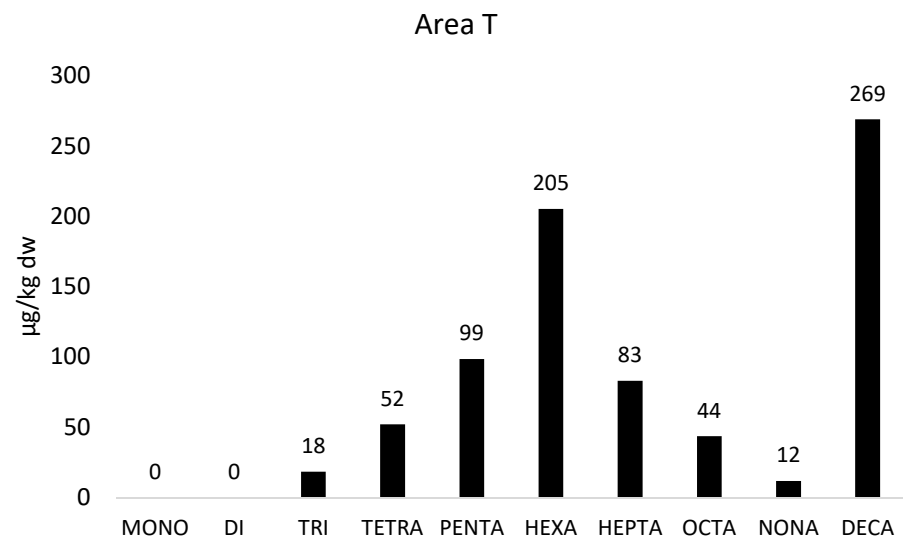
Circa 2/3 della superficie
delle aree scelte
per la sperimentazione

1. Caratterizzazione della contaminazione: Fingerprint PCB - Fase 1

Somma congeneri (µg/kg)



WHO05-TEQ: 4 pg/g*



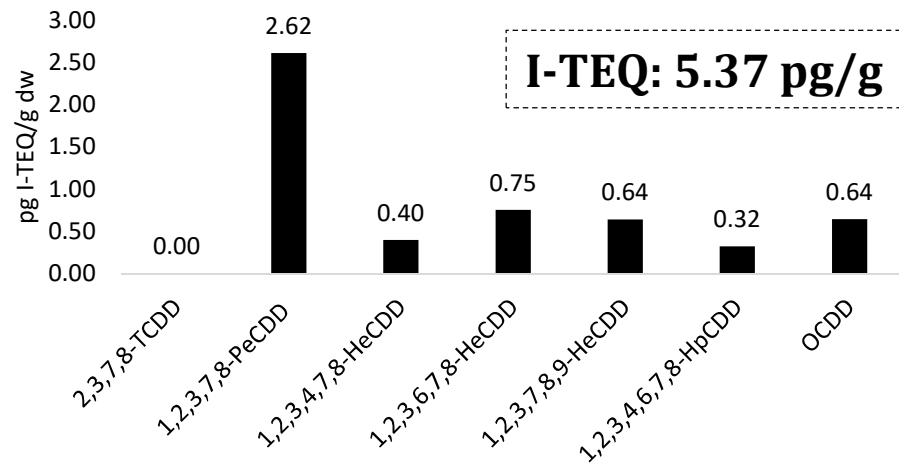
WHO05-TEQ: 2 pg/g*

* Derivante principalmente da PCB 118

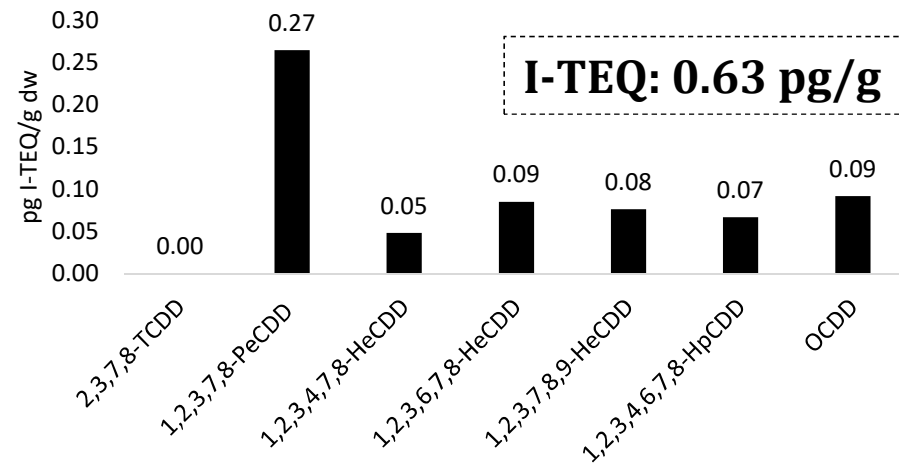
Fingerprint PCDD/Fs - Fase 1

CSC = 10 pg I-TEQ /g

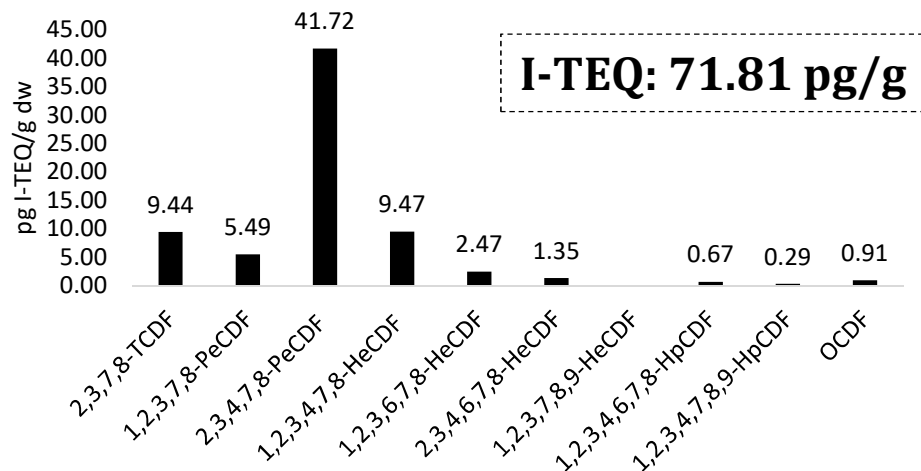
PCDD - Area R



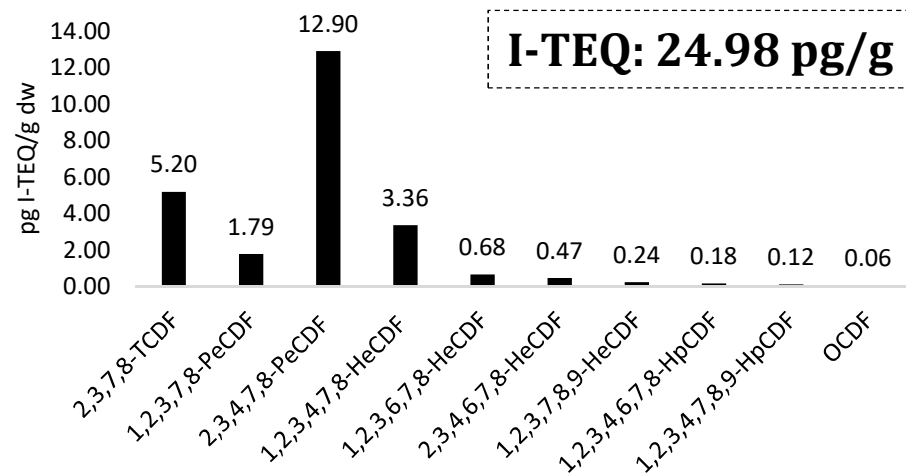
PCDD - Area T



PCDF - Area R



PCDF - Area T

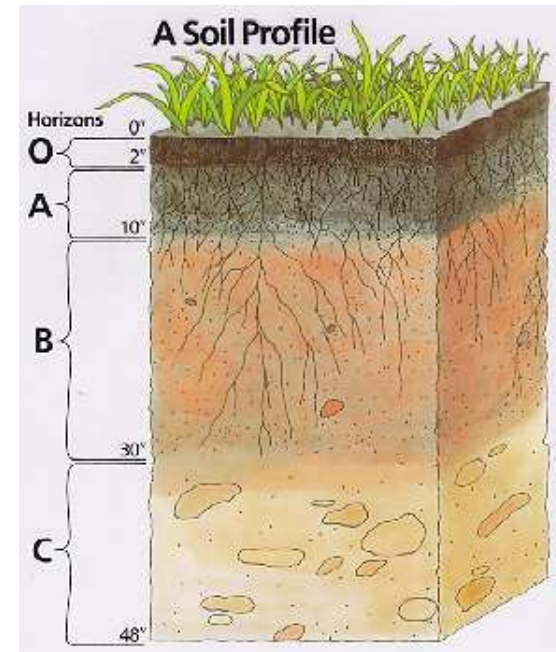


Fase 2 - profondità di campionamento

Questa fase è servita a valutare l'andamento della contaminazione dei terreni lungo la profondità:

- a) 0-10 cm
- b) 10-20 cm
- c) 20-30 cm
- d) 30-40 cm
- e) 40-60 cm
- f) 60-80 cm
- g) 80-100 cm

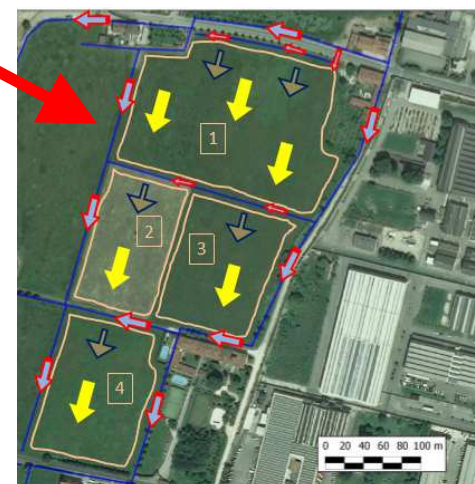
- legata all'utilizzo del suolo (arato, prato stabile ecc.)
- dipende da modalità di arrivo e durata della contaminazione
- indagata la zona potenzialmente oggetto di bioremediation



Punti di campionamento in Area R+T

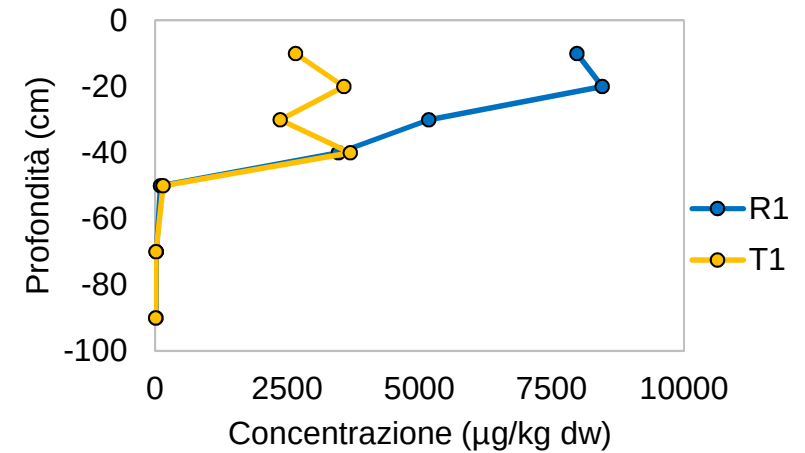


-  reticolo rogge
-  direzione flusso acqua nelle rogge
-  perimetro terreni omogenei
-  direzione giacitura terreni
-  origine e direzione flusso acque di irrigazione dalle rogge ai campi

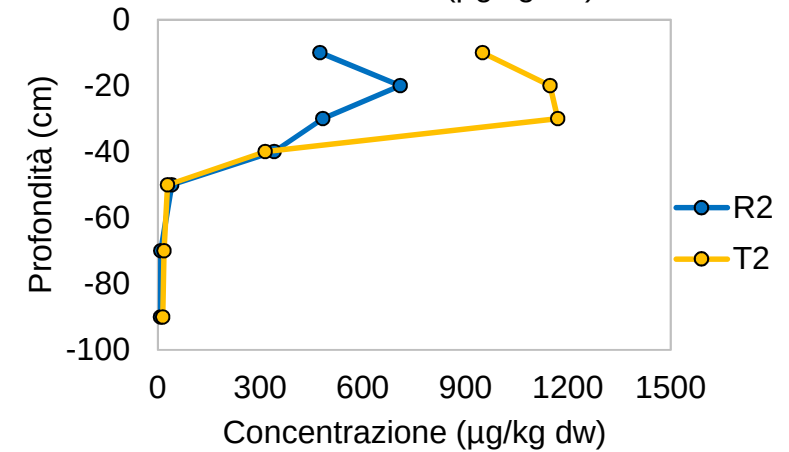


Distribuzione
spaziale:
andamento con
la profondità dei
PCB totali

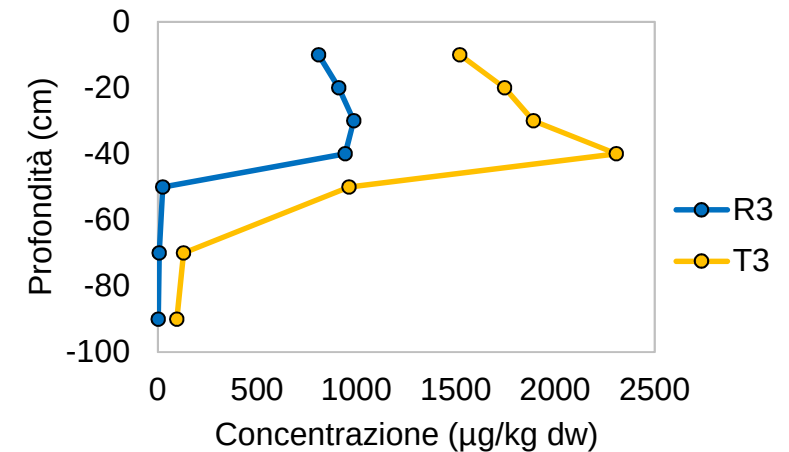
Punto1



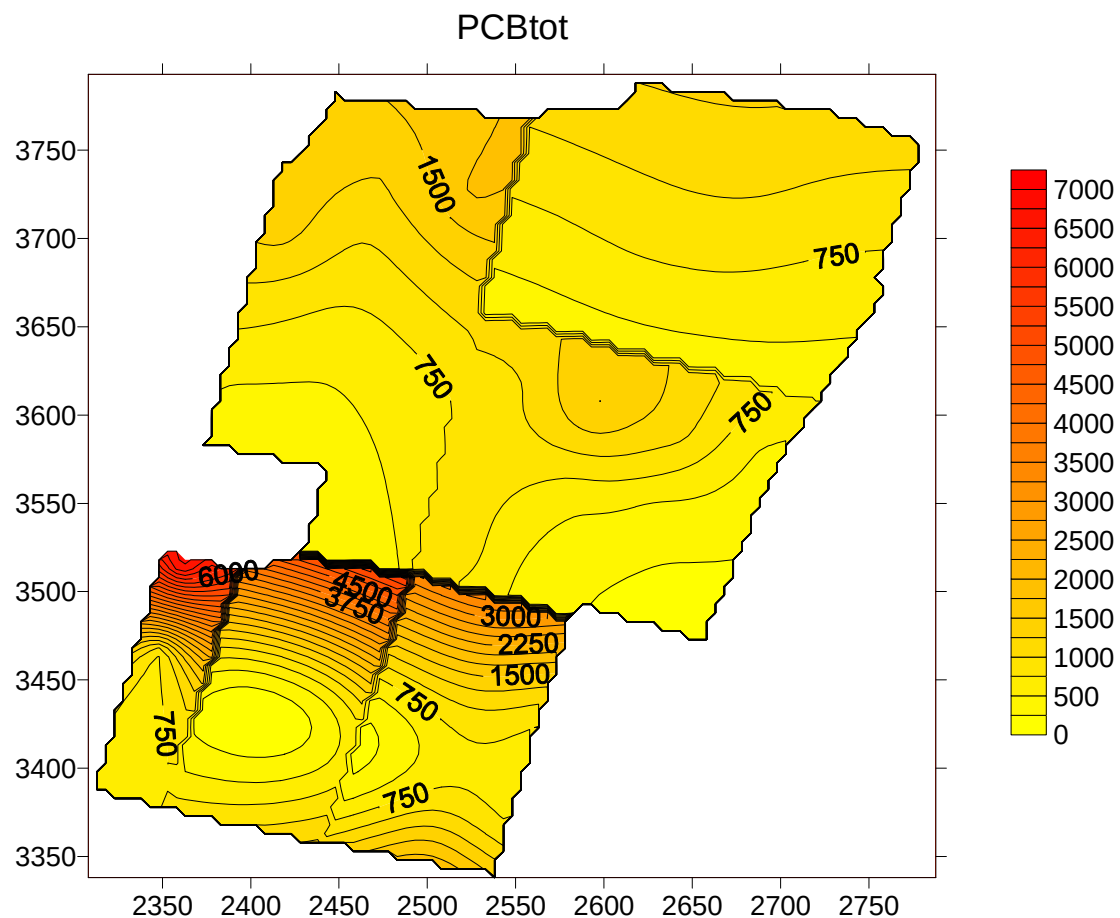
Punto 2



Punto 3



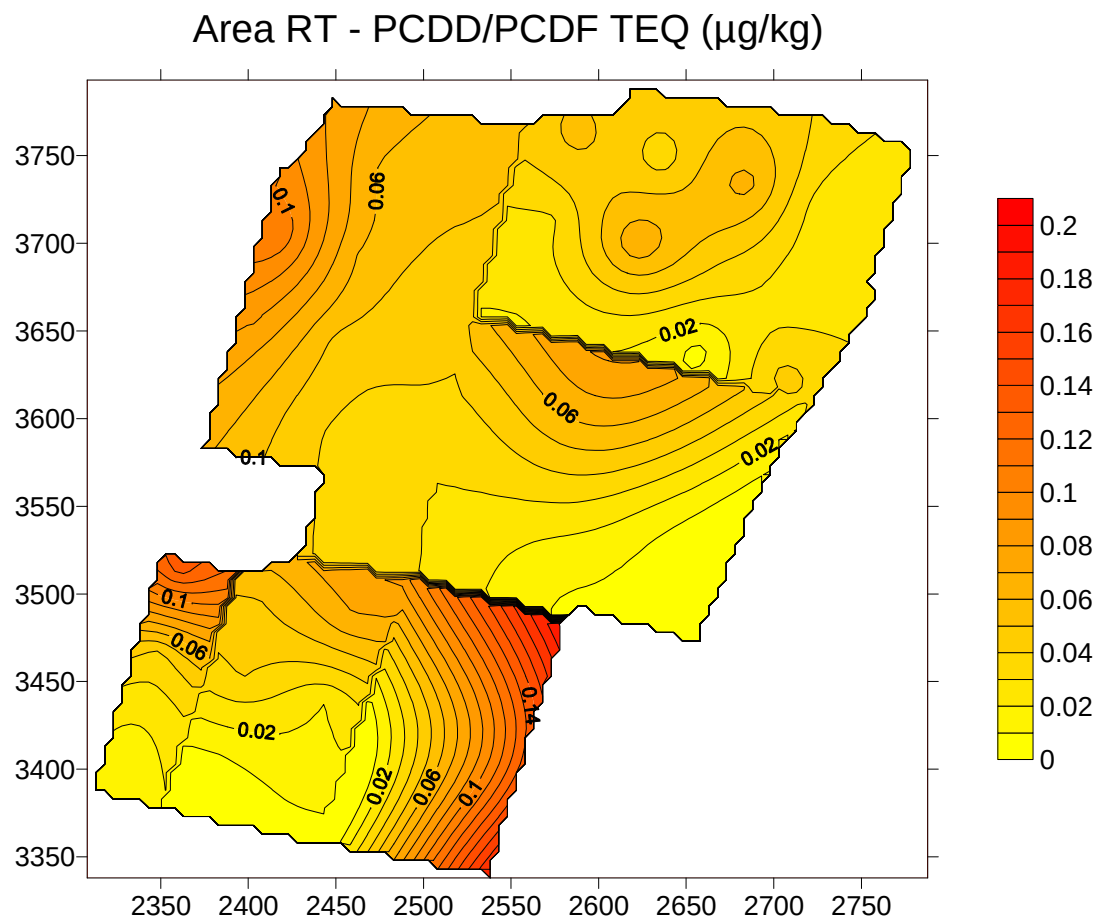
Fase 3 - Distribuzione spaziale: andamento orizzontale
(Area R+T) PCB totali $\mu\text{g/kg}$ (CSC= 60 $\mu\text{g/kg}$)
DAA (CSC=20 $\mu\text{g/kg}$)*



* somma16 PCB non DL: 28, 52, 95, 99, 101, 110, 128, 146, 149, 151, 153, 170, 177, 180, 183, 187.

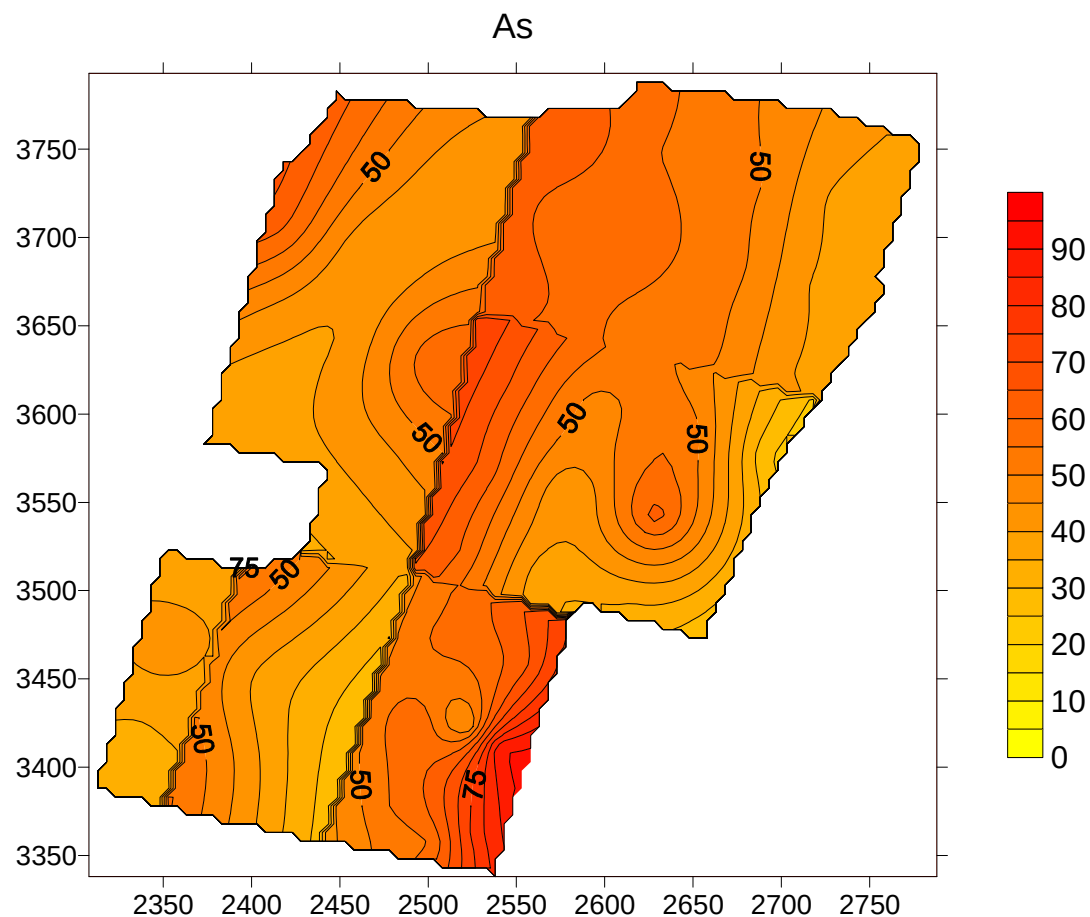
PCDD/Fs TEQ ($\mu\text{g}/\text{kg}$) CSC = $0.01 \mu\text{g I-TEQ}/\text{kg}$
= $10 \text{ ng I-TEQ}/\text{g}$

DAA (CSC= $6 \text{ ng WHO-05-TEQ}/\text{kg}^*$)



* Include PDDD/Fs e PCB-DL

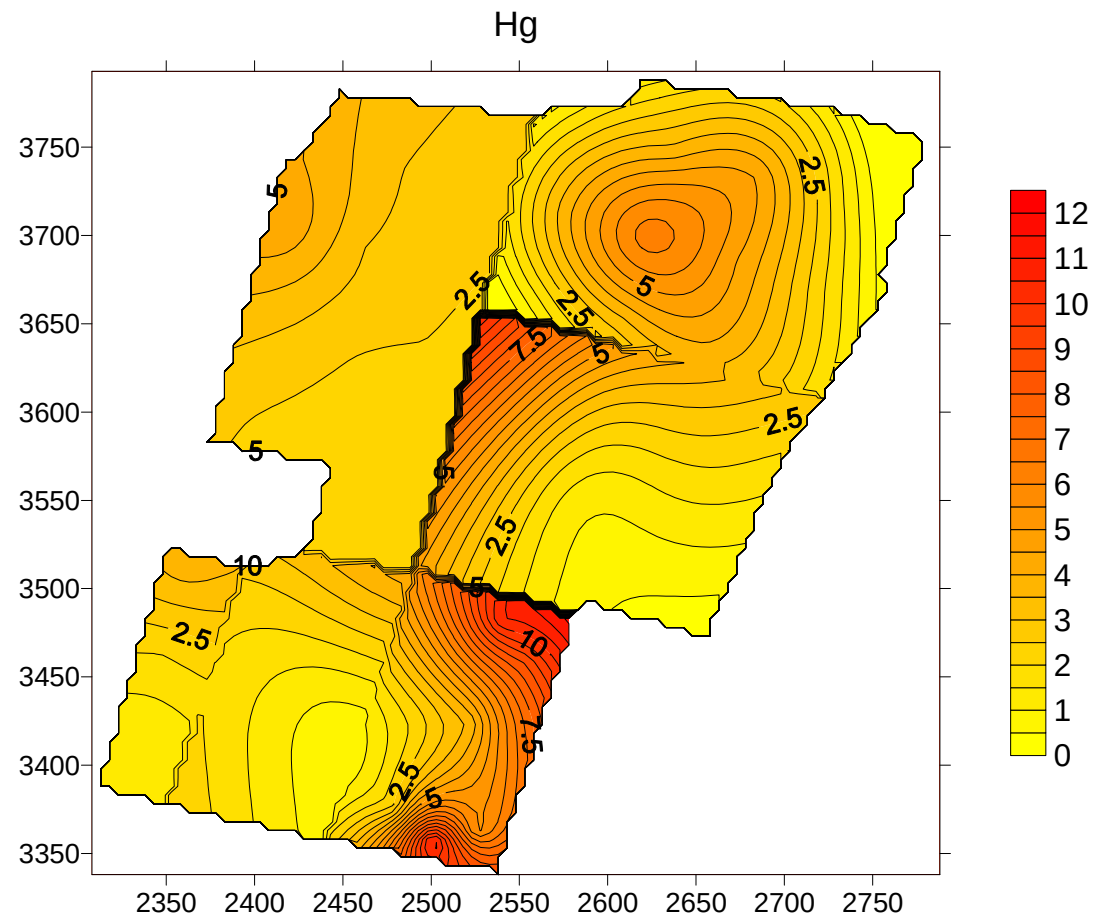
Arsenico (mg/kg) (CSC=20 mg/kg)
DAA (CSC=30 mg/kg)



Mercurio (mg/kg)

(CSC=1 mg/kg)

DAA (CSC=1 mg/kg)



Programma della giornata -1

Risultati degli esperimenti in serra: PCB, Diossine/Furani, Arsenico e Mercurio –

Elisa Terzaghi (Università degli Studi dell'Insubria).

Identificazione di piante e/o trattamenti più promettenti da sperimentare poi in condizioni di campo:

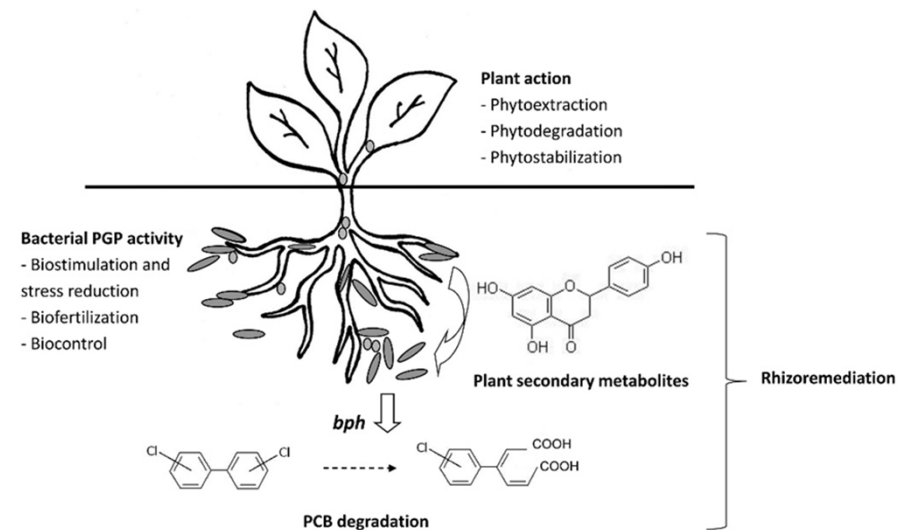
- Diminuzione della concentrazione delle frazioni biodegradabili di PCB & Diossine/Furani nel suolo
- Fitoestrazione di Hg ed As
- Ipotesi di utilizzo di diverse piante/trattamenti in siti del SIN con diversa contaminazione, o loro alternanza in cicli vegetativi successivi

Programma della giornata -2

Attivazione dei microrganismi del suolo durante la sperimentazione –

Sara Borin (Università degli Studi di Milano).

→ Come si valuta e quanto è importante l'attività dei microrganismi del suolo nella *rhizoremediation*?



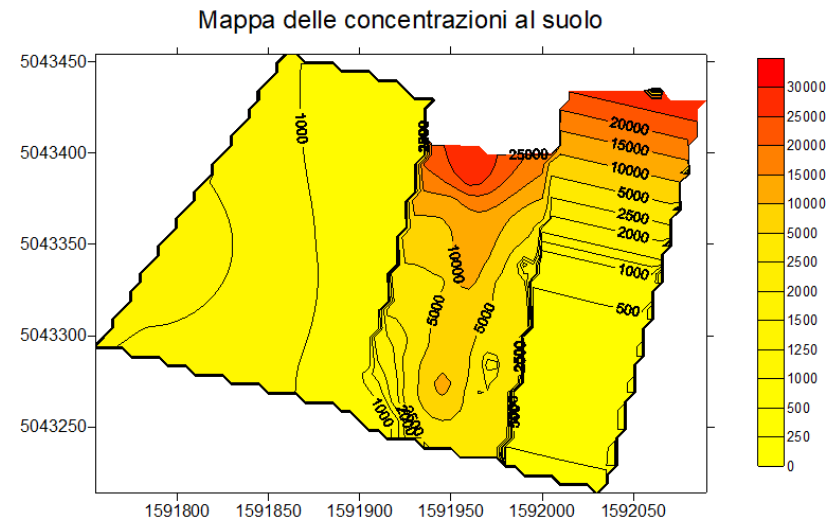
Vergani et al. Phyto-rhizoremediation of polychlorinated biphenyl contaminated soils: An outlook on plant-microbe beneficial interactions. *Science of the Total Environ.* 575 (2017) 1395–1406

Programma della giornata -3

Distribuzione spaziale dei contaminanti nel suolo e stima dei tempi di risanamento delle aree agricole - Giuseppe Raspa (La Sapienza – Università di Roma).

→ Come sono distribuiti spazialmente i contaminanti oggetto di indagine?

→ Sulla base delle emivite ottenute sperimentalmente in serra quanto tempo è necessario per arrivare alle CSC?

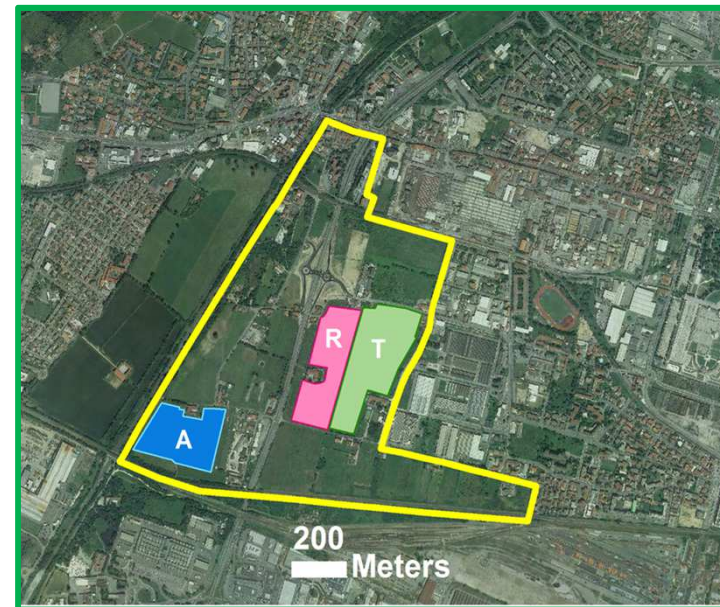


Programma della giornata -4

Il Protocollo Operativo per l'applicazione delle tecniche di bioremediation nelle aree agricole del SIN –

Simone Anelli (ERSAF).

→ Come si possono implementare praticamente le linee guida fornite dalla sperimentazione e dai consulenti scientifici?

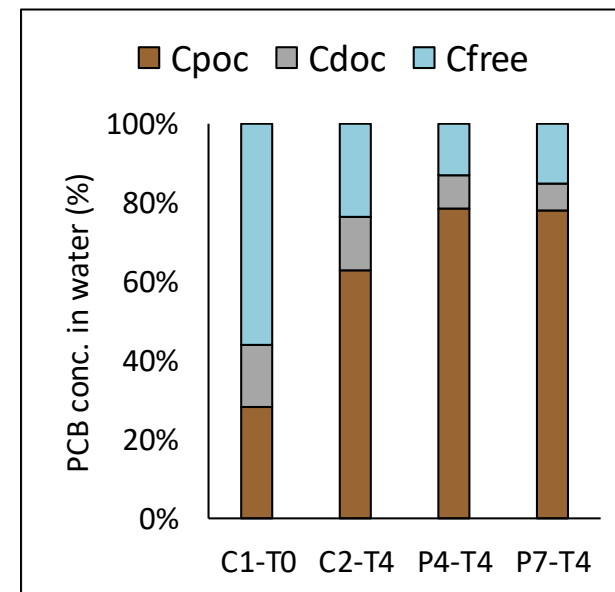


Programma della giornata -5

Mobilità, bioaccumulo e metaboliti dei PCB –

Antonio Di Guardo (Università degli Studi dell'Insubria).

→ Qual'è l'importanza di mobilità, bioaccumulo e dei metaboliti dei PCB?



Pubblicazioni internazionali prodotte fino ad ora, tesi di dottorato e presentazioni a convegni

8 Articoli pubblicati tra (2017-2019) e **5** to be submitted/submitted

2 tesi di dottorato (Lorenzo Vergani e Maria Chiara Vitale)

26 presentazioni a convegni nazionali e internazionali

1. Di Guardo, A., Terzaghi, E., Raspa, G., Borin, S., Mapelli, F., Chouaia, B., Zanardini, E., Morosini, C., Colombo, A., Fattore, E., Davoli, E., Armiraglio, S., Sale, V.M., Anelli, S., Nastasio, P., 2017. Differentiating current and past PCB and PCDD/F sources: The role of a large contaminated soil site in an industrialized city area. *Environmental Pollution* 223, 367–375. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.01.033>
2. Terzaghi, E., Morselli, M., Zanardini, E., Morosini, C., Raspa, G., Di Guardo, A., 2018a. Improving the SoilPlusVeg model to evaluate rhizoremediation and PCB fate in contaminated soils. *Environmental Pollution* 241, 1138–1145. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.06.039>
3. Terzaghi, E., Zanardini, E., Morosini, C., Raspa, G., Borin, S., Mapelli, F., Vergani, L., Di Guardo, A., 2018b. Rhizoremediation half-lives of PCBs: Role of congener composition, organic carbon forms, bioavailability, microbial activity, plant species and soil conditions, on the prediction of fate and persistence in soil. *Science of The Total Environment* 612, 544–560. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.189>
4. Vergani, L., Mapelli, F., Zanardini, E., Terzaghi, E., Di Guardo, A., Morosini, C., Raspa, G., Borin, S., 2017a. Phyto-rhizoremediation of polychlorinated biphenyl contaminated soils: An outlook on plant-microbe beneficial interactions. *Sci. Total Environ.* 575, 1395–1406. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.218>
5. Vergani, L., Mapelli, F., Marasco, R., Crotti, E., Fusi, M., Di Guardo, A., Armiraglio, S., Daffonchio, D., Borin, S., 2017b. Bacteria Associated to Plants Naturally Selected in a Historical PCB Polluted Soil Show Potential to Sustain Natural Attenuation. *Frontiers in Microbiology* 8. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01385>
6. Vitale, C.M., Terzaghi, E., Zati, D., Guardo, A.D., 2018. How good are the predictions of mobility of aged polychlorinated biphenyls (PCBs) in soil? Insights from a soil column experiment. *Science of the Total Environment* 11.
7. Morselli, M., Terzaghi, E., Di Guardo, A., 2018. Do environmental dynamics matter in fate models? Exploring scenario dynamics for a terrestrial and an aquatic system. *Environmental Science: Processes & Impacts* 20, 145–156. <https://doi.org/10.1039/C7EM00530J>
8. Terzaghi, E., Vergani, L., Mapelli, F., Borin, S., Raspa, G., Zanardini, E., Morosini, C., Anelli, S., Nastasio, P., Sale, V.M., Armiraglio, S., Di Guardo, A., 2019. Rhizoremediation of weathered PCBs in a heavily contaminated agricultural soil: Results of a biostimulation trial in semi field conditions. *Science of The Total Environment* 686, 484–496. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.458>



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



COMUNE DI BRESCIA

- Università degli Studi dell'Insubria - Como
- Università degli Studi di Milano
- Sapienza - Università di Roma
- ERSAF
- Comune di Brescia

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!