

syndial



**L'IMPORTANZA DEGLI IMPIANTI PILOTA PER LA
REALIZZAZIONE DI INTERVENTI DI
BIORISANAMENTO: PROPOSTE PER LA
*PHYTOREMEDIATION.***

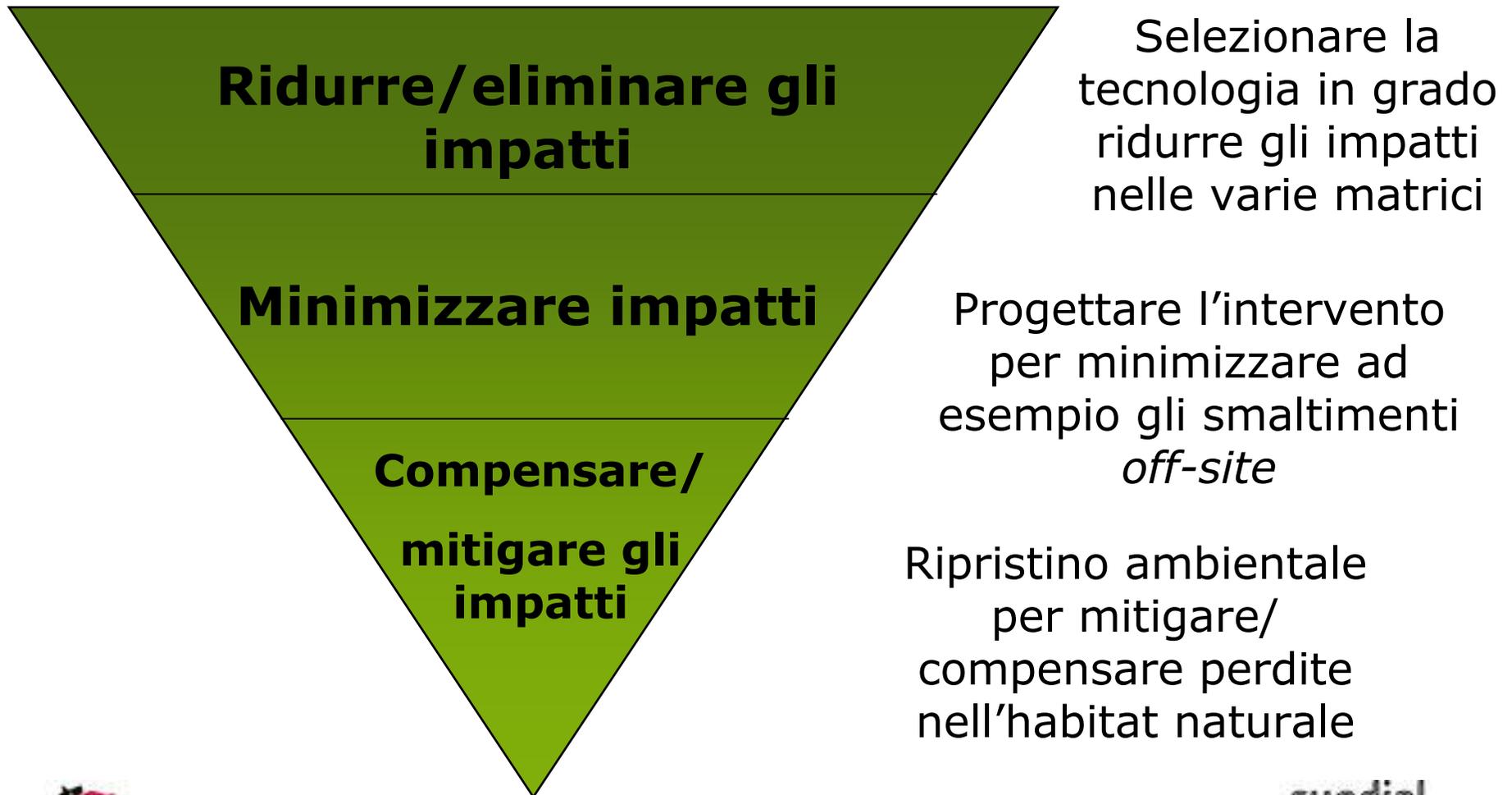
Carlo Montella (Syndial)
Rosaria Sciarrillo (Università degli Studi del Sannio)

Mantova, 18/04/13

eni.com

eni

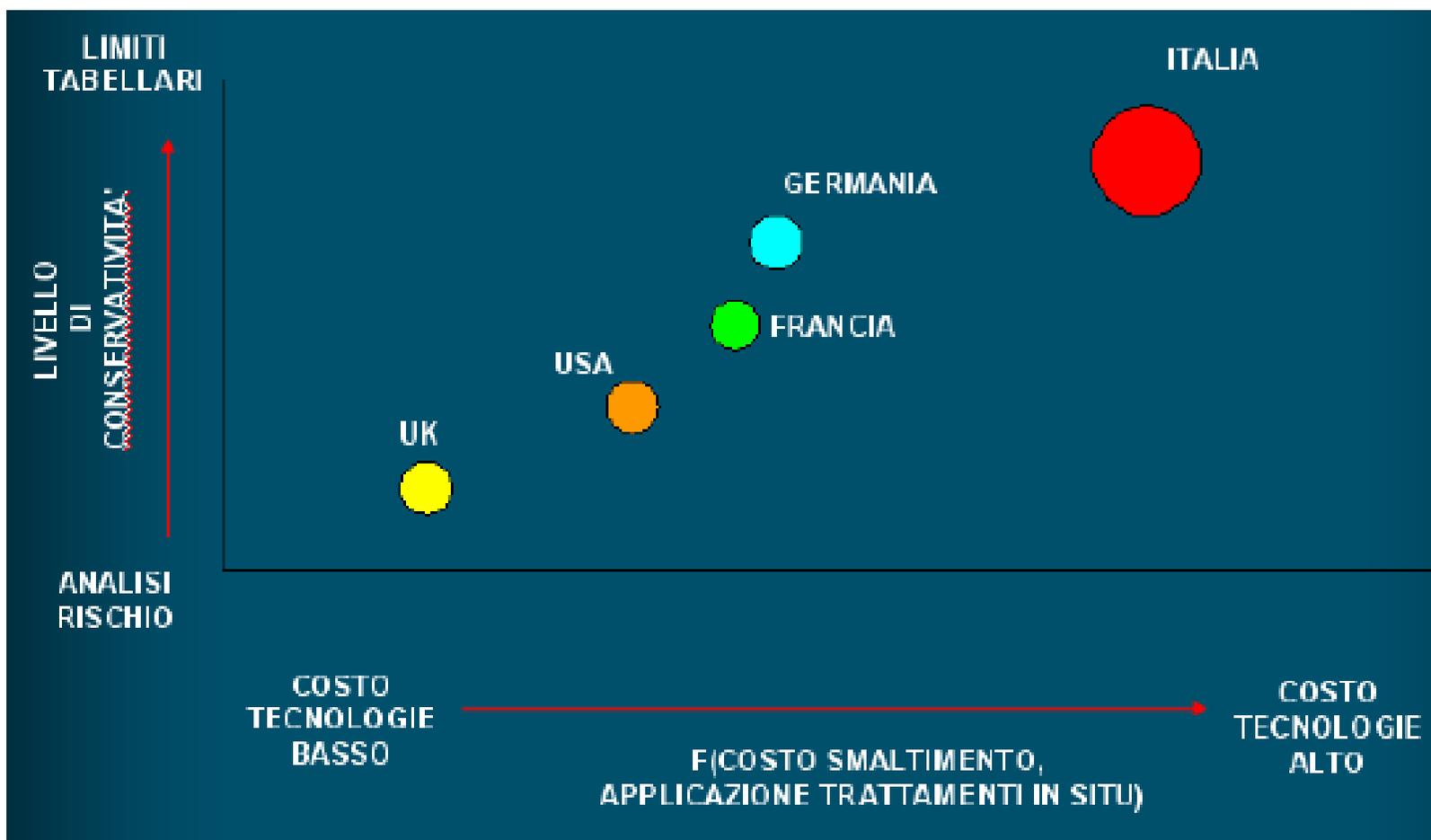
SOSTENIBILITÀ E INNOVAZIONE TECNOLOGICA NEGLI INTERVENTI DI BONIFICA



eni

syndial

POSIZIONAMENTO DEL MERCATO ITALIANO DELLE BONIFICHE



Stima del posizionamento delle bonifiche per i Paesi considerati nel benchmark



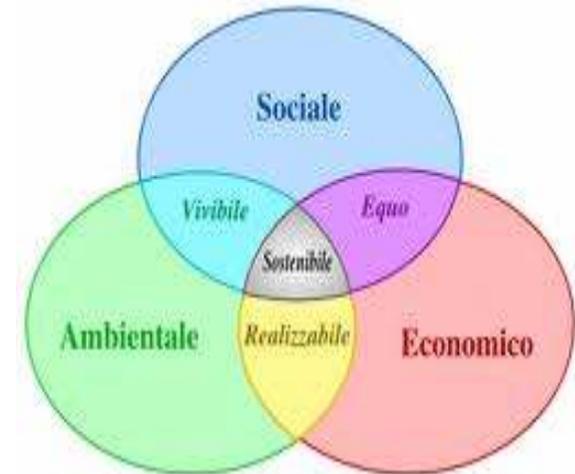
eni

syndial

L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA QUALE FATTORE DI SOSTENIBILITÀ

L'innovazione tecnologica rappresenta uno dei motori principali per sviluppare programmi di sostenibilità mediante:

- l'individuazione di tecnologie alternative e innovative (tecnologie *in situ*);
- Impianti progettati per la riduzione degli impatti ambientali
- Il controllo e riduzione dell'energia impiegata e utilizzo di energia da fonti rinnovabili
- Il riuso e il riciclo dei materiali con separazione e il trattamento in situ;
- Riduzione dei consumi d'acqua e degli impatti sulla risorsa idrica;
- Favorire l'approvazione e il consenso da parte di tutte le parti interessate coinvolte (Enti, Comunità);
- Individuare la soluzione tecnologica con il migliore rapporto costi-benefici misurato nell'intero ciclo di vita del progetto stesso.



METODOLOGIA: APPLICAZIONE ALLE BONIFICHE

- × La conoscenza in dettaglio del sito e delle sue problematiche.
- × La ricerca della migliore soluzione ecosostenibile con sperimentazione sito-specifica in laboratorio e in campo.
- × La realizzazione dell'intervento di bonifica sulle restanti aree del sito oggetto del Progetto.

Fase
di Indagini
propedeutiche

Fase di
Sperimentazione
e

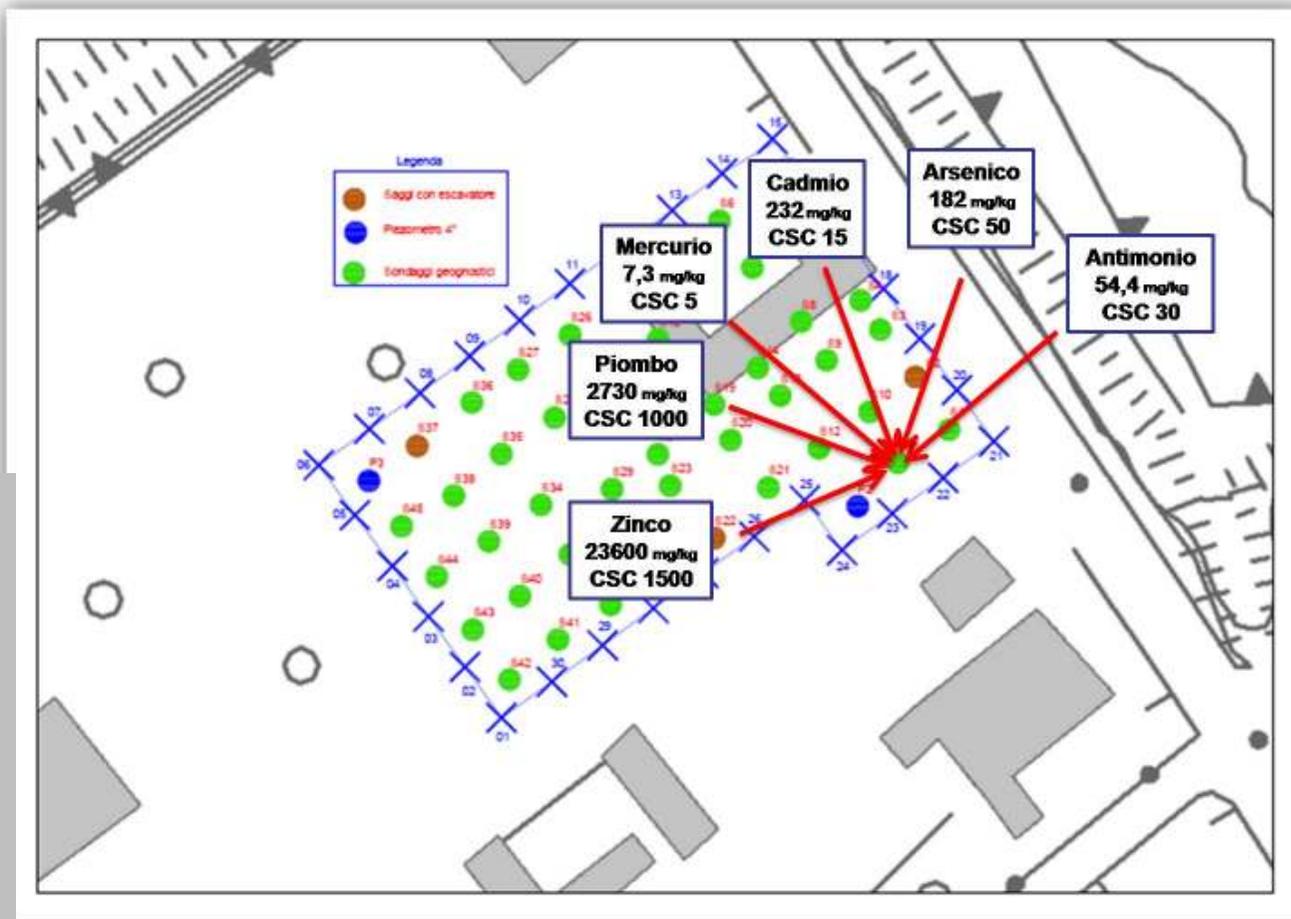
Fase di
Attuazione



eni

syndial

Sito di Crotona (KR)
Lotto I, poligoni di
Thiessen SI33 e
Pz4A in area Ex-
Pertusola



I dati di caratterizzazione eseguite sia da B.A.S.I. (2000) che da FISIA (2006), e da ENI SYNDIAL (2012) mostrano che le specie chimiche maggiormente impattanti a livello di distribuzione e concentrazione sono costituite da metalli pesanti quali: Cadmio, Zinco, Arsenico, Piombo, Rame.

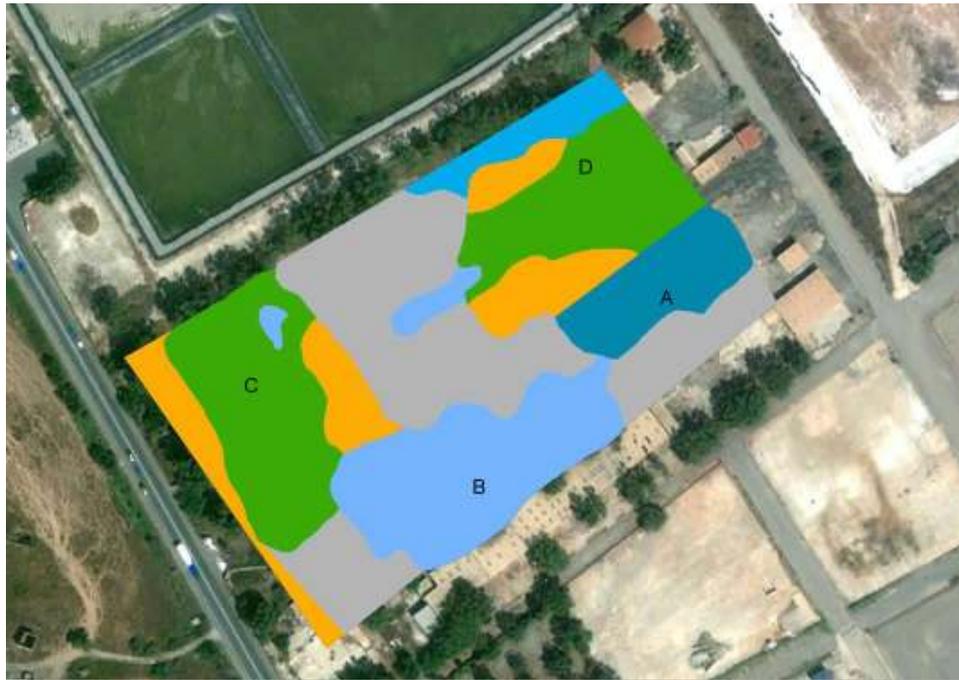


eni

syndial



CARATTERIZZAZIONE FLORA SPONTANEA



A



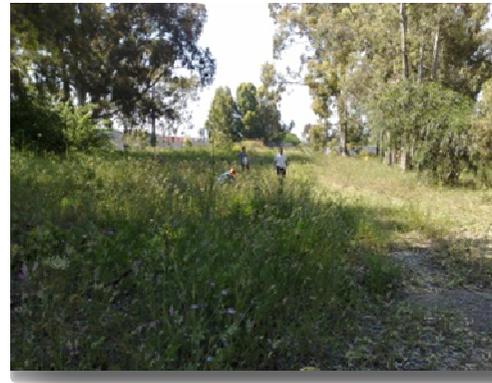
B



D



C



CARTA VEGETAZIONE

Tipologia

- Area priva di vegetazione
- Fitocenon a *Phragmites australis*
- Fitocenon ad *Arundo pliniana*
- Incolti aridi (all. *Echio-Galactition*)
- Incolti umidi ad *Holoschoenus australis*
- Nuclei arborei ad *Eucalyptus sp.* ed *Acacia sp.*



eni

syndial



PRELIEVO CAMPIONI SUOLO RIZOSFERICO E VEGETALI

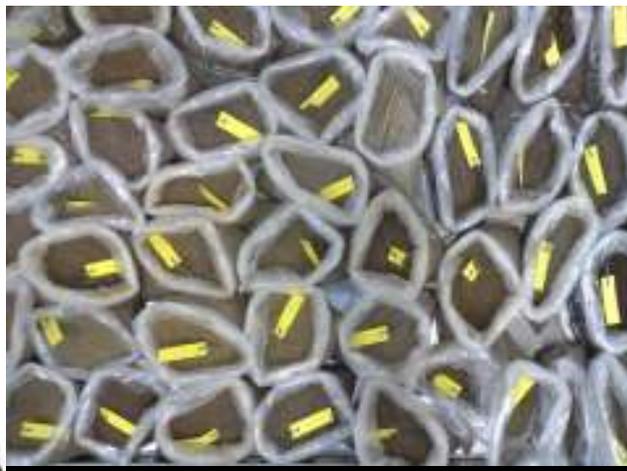
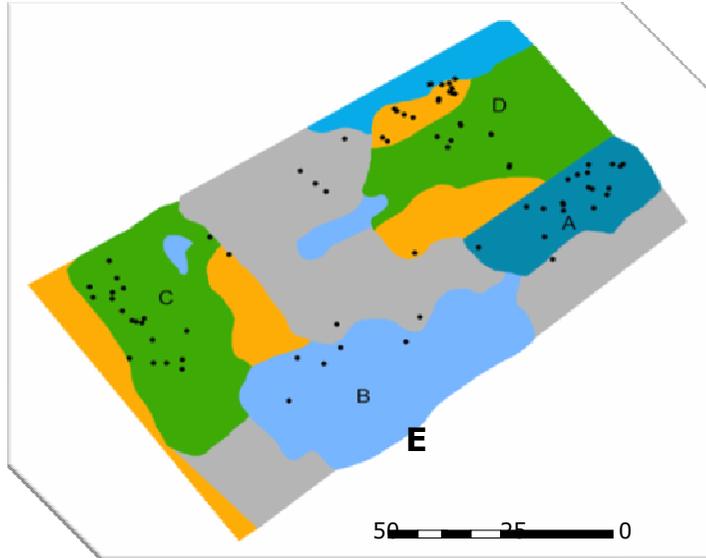


Table 1

Family, scientific name, life form and life cycle (Pignatti, 1982) of the collected species.

Species	Code name	Family	Ecology
Area A			
<i>Dittrichia viscosa</i> L.	Dit	Asteraceae	H ^a , Pe ^b
<i>Scirpoides holoschoenus</i> (L.) Rchb.	Sci	Cyperaceae	G, Pe
<i>Siene bellidifolia</i> Juss	Si	Caryophyllaceae	T, An
Area B			
<i>Phragmites australis</i> Trin.	Phr	Poaceae	G, Pe
Area C			
<i>Daucus carota</i> L.	Dau	Apiaceae	H, Bi
<i>Galactites elegans</i> Moench	Gal	Asteraceae	H, Bi
<i>Piptatherum miliaceum</i> (L.) Coss.	Pip	Poaceae	H, Pe
Area D			
<i>Lathyrus odoratus</i> L.	Lat	Fabaceae	T, An
<i>Sulla coronaria</i> (L.) Medik.	Sul	Fabaceae	H, Pe
Area E			
<i>Acacia saligna</i> (Labill.) H.L. Wendl.	Aca	Fabaceae	P, Pe
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	Euc	Myrtaceae	P, Pe

^a H, hemicryptophytes; T, therophytes; G, geophytes; P, phanerophytes.

^b An, annual; Bi, biennial; Pe, perennial.





Evaluation of pilot system *in situ* for phytoremediation purposes at the former “Pertusola Sud” (Crotone, Italy) multicontamination site.

Carmine Guarino, UNIVERSITY OF SANNIO*; Luca Marchiol, UNIVERSITY OF UDINE; Mario Marziano, LANDE SRL; Carlo Montella, ENI-SYNDIAL SPA; Manuel Marangon, ENI-SYNDIAL SPA; Luciano Zaninetta, ENI-SYNDIAL SPA; Guido Fellet, UNIVERSITY OF UDINE, Rosaria Sciarrillo, UNIVERSITY OF SANNIO

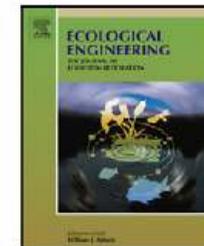
Ecological Engineering 53 (2013) 343–353



Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Ecological Engineering

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



Gentle remediation at the former “Pertusola Sud” zinc smelter: Evaluation of native species for phytoremediation purposes

Luca Marchiol^{a,*}, Guido Fellet^a, Francesco Boscutti^a, Carlo Montella^b, Riccardo Mozzi^b, Carmine Guarino^c



syndial

ATTIVITÀ IN MESOCOSMO

Quest'attività è finalizzata all'osservazione della capacità di alcune specie di interesse agrario di adattarsi alle condizioni del suolo dell'Area Sottoprodotti, Ex Pertusola Sud, nella futura prospettiva di insediare colture produttive (olio, biomassa) in un'area che probabilmente per alcuni decenni sarà interessata a fitorimedio e a monitoraggi.



Amaranthus caudatus

Il **primo** si riferisce necessariamente a dati di letteratura che dimostrano un certo livello di metallo-tolleranza per le specie considerate.

Il **secondo** criterio è agronomico e tiene conto della possibilità di disporre di piante a ciclo autunno-vernino e primaverile estivo.

Il **terzo** criterio è riferito alla possibile valorizzazione energetica o dei prodotti ricavabili dalle biomasse prodotte.



*Cynara
cardunculus
cv. Giganteus*



Brassica napus cv. CGNI8960



Festuca rubra



*Sorghum
bicolor* cv.
Cheope

syndial



eni

ATTIVITÀ IN MESOCOSMO

Le plantule sono state inizialmente allevate in contenitori alveolari su substrato di agriperlite in condizioni controllate di laboratorio.

Una volta conseguite sufficienti dimensioni (circa 10 giorni), le plantule sono state trapiantate singolarmente in vaso e sistemate in ambiente di serra (t_0 - Marzo 2012)



eni

syndial

DISEGNO SPERIMENTALE DEL MESOCOSMO

Le piante sono state allevate:

- ✓ sulla matrice inquinata tal quale utilizzata come tesi di controllo (CTRL)
- ✓ sul suolo fertilizzato con concime ternario in dosaggio ottimale per la specie (NPK)
- ✓ sul suolo ammendato con compost (COMP)
- ✓ su suolo fertilizzato e ammendato con compost (NPK_COMP).

Le piante NPK sono state fertilizzate una volta la settimana con 100 ml di soluzione nutritiva Hoagland mentre le altre hanno ricevuto un corrispondente adacquamento durante le 8 settimane di coltivazione.



Al termine del periodo di coltivazione ($t_1=70$ gg.) le singole piante sono state estratte dal substrato e sottoposte ad accurato lavaggio. In seguito, per ogni individuo sono stati rilevati i principali parametri biometrici: Altezza (dal colletto all'apice fogliare superiore); Area fogliare; Peso secco totale.

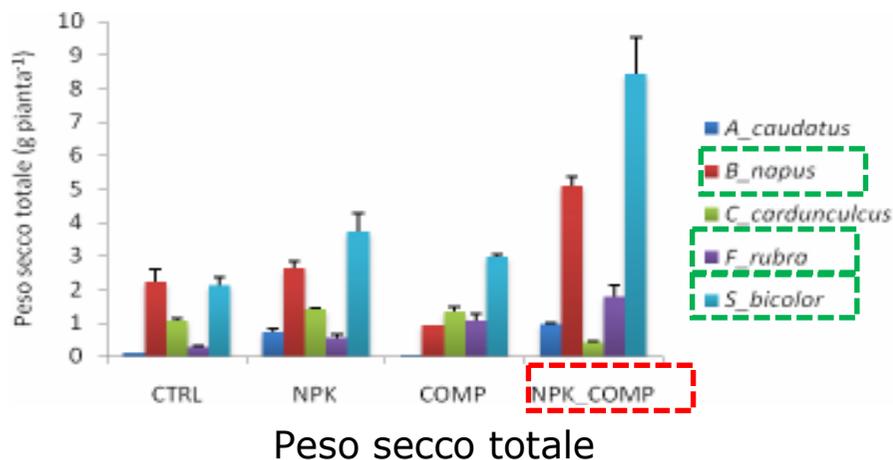
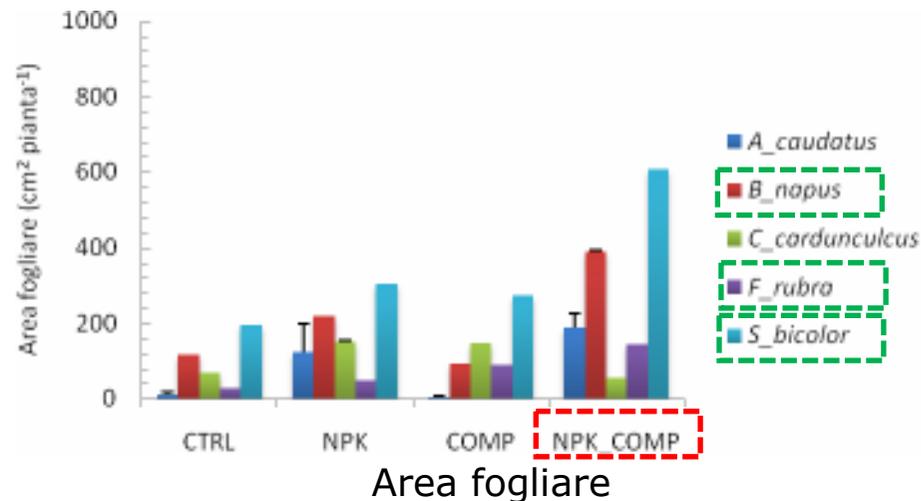
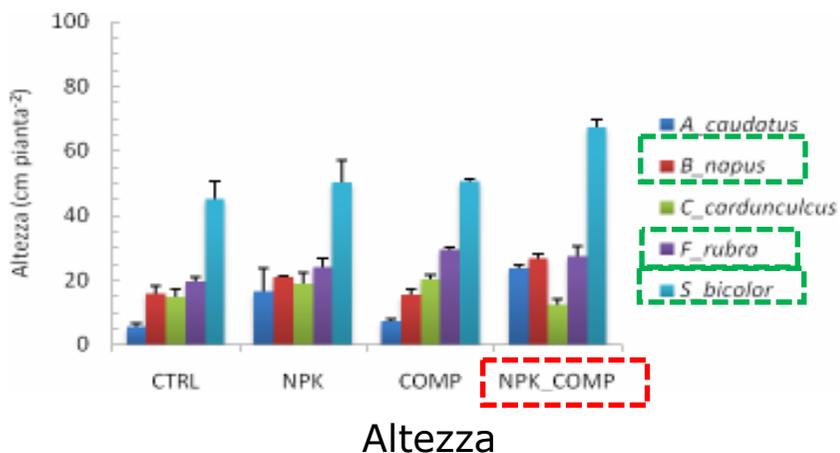


eni

syndial

RISULTATI DEI PARAMETRI BIOMETRICI

I dati sperimentali sono stati sottoposti ad analisi statistica (ANOVA) utilizzando il CoStat version 6.4



Nella media delle specie il trattamento NPK_COMP ha consentito alle specie di raggiungere il più elevato livello di sviluppo vegetativo. Ciò, del resto era atteso in relazione al miglioramento delle caratteristiche fisiche della matrice raggiunto grazie all'aggiunta di compost associato all'apporto di nutrienti minerali provenienti dal trattamento fertilizzante. Da un punto di vista produttivo le specie migliori sono state *S. bicolor* > *B. napus* > *F. rubra*.

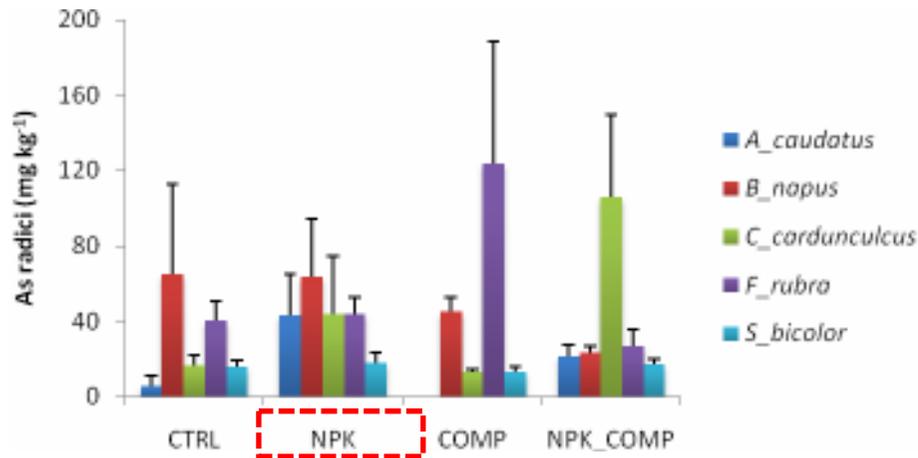


eni

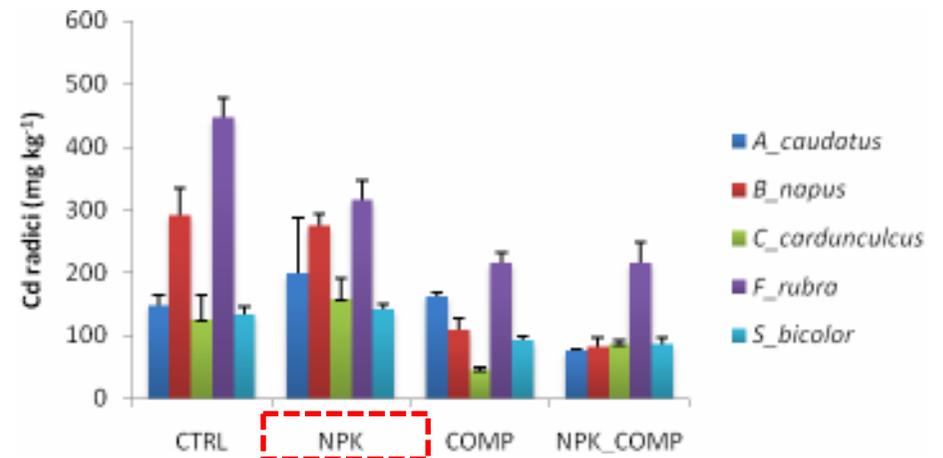
syndial

RISULTATI DEI METALLI NELLE PIANTE

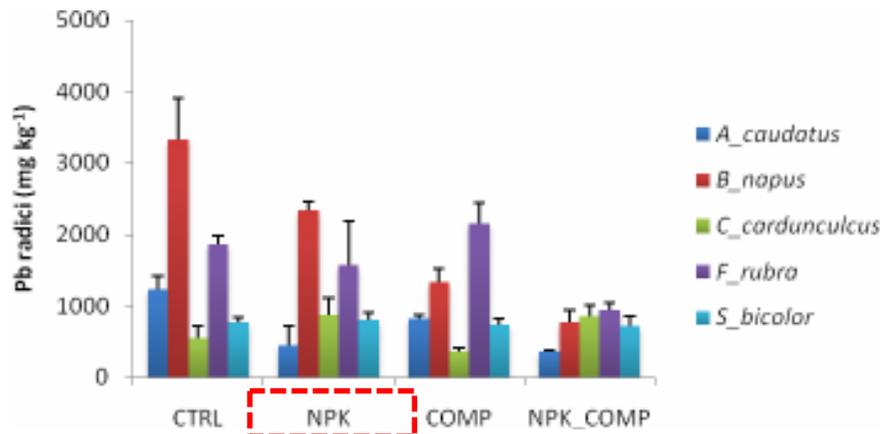
RADICI



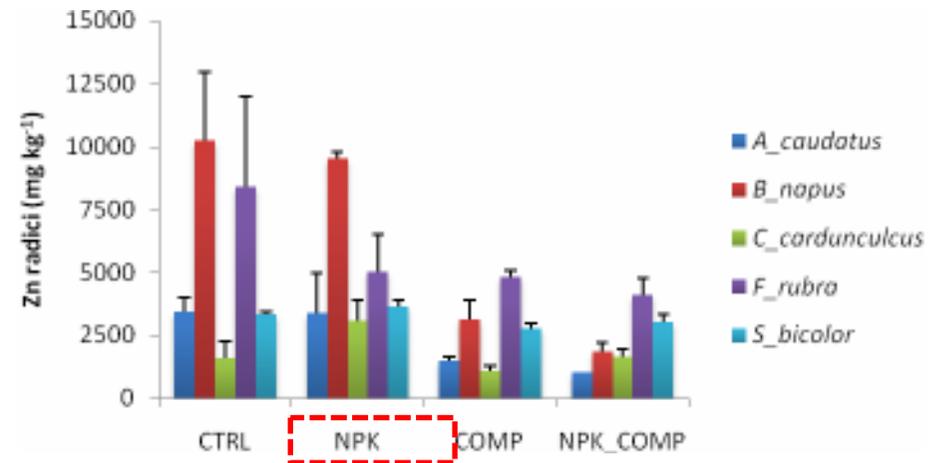
Concentrazione di As



Concentrazione di Cd



Concentrazione di Pb

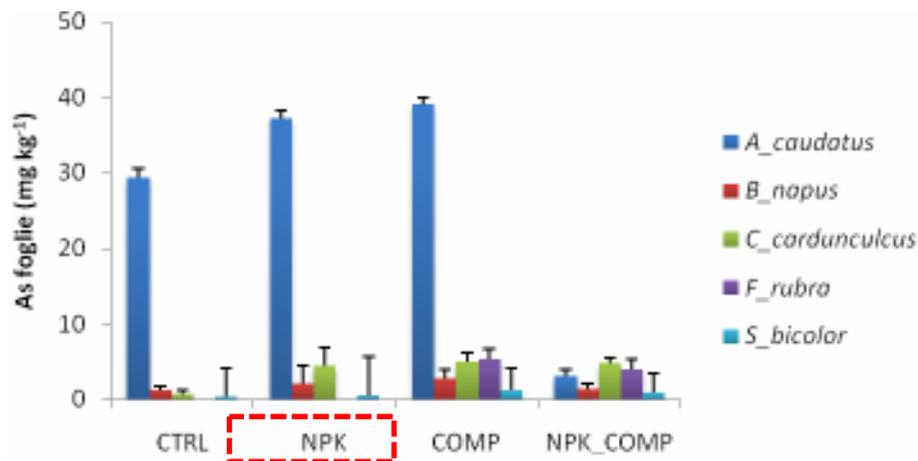


Concentrazione di Zn

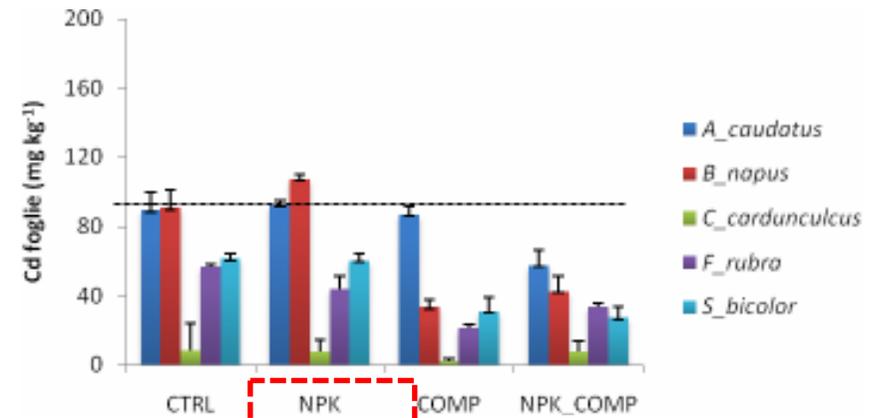


RISULTATI DEI METALLI NELLE PIANTE

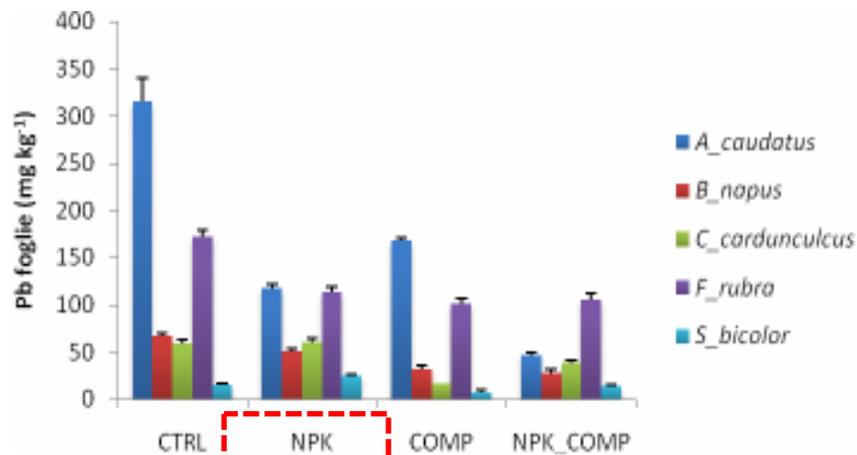
FOGLIE



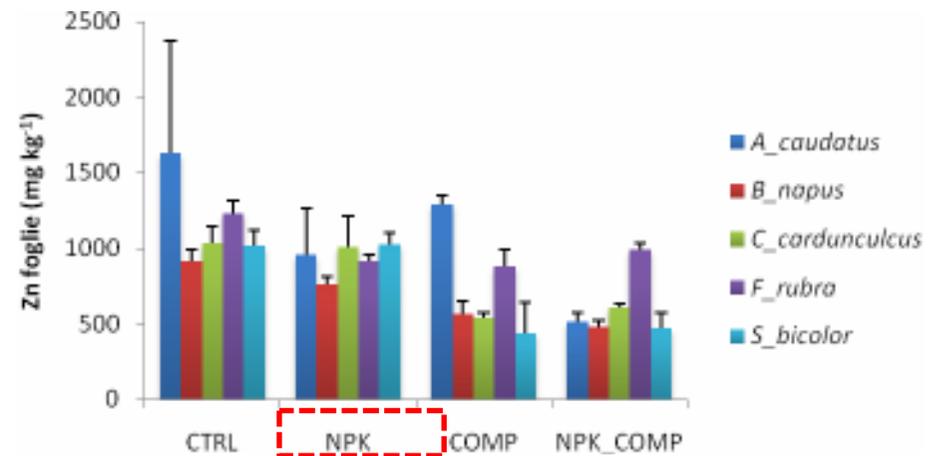
Concentrazione di As



Concentrazione di Cd



Concentrazione di Pb



Concentrazione di Zn



eni

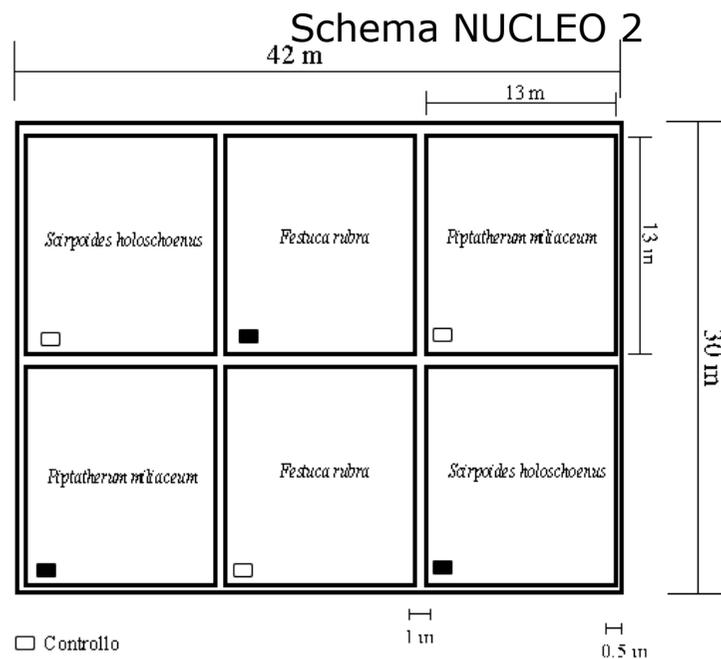
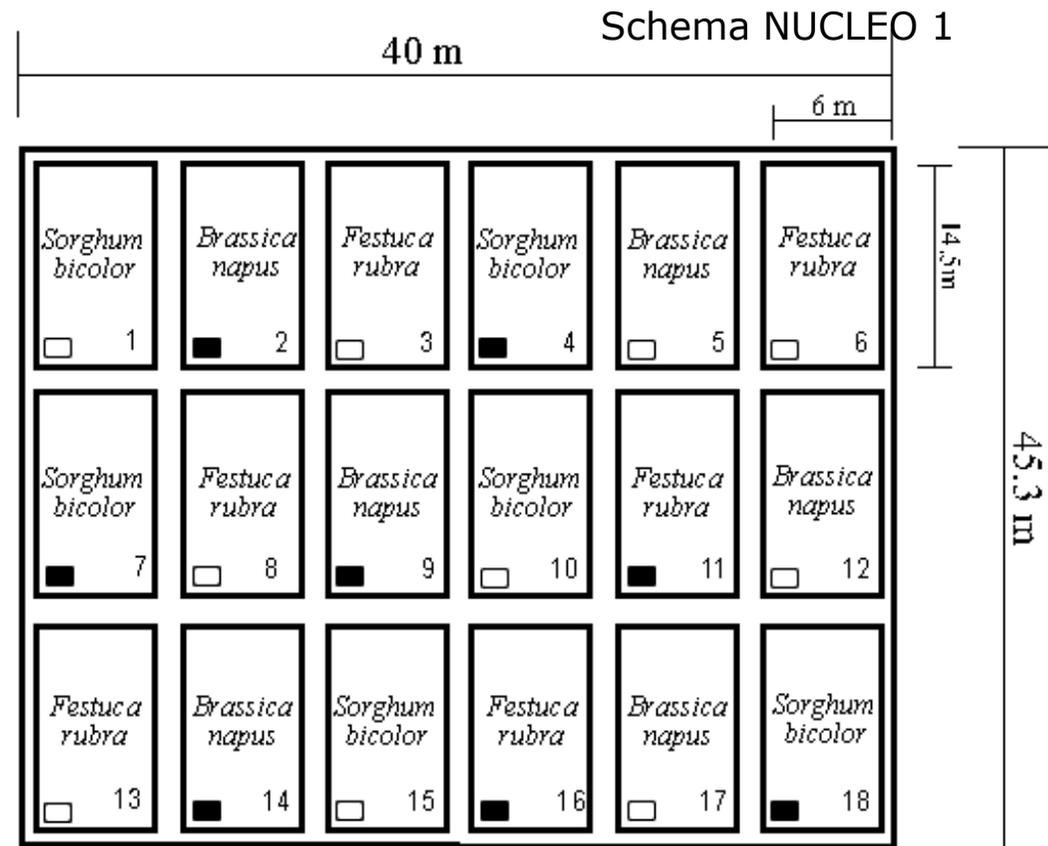
syndial

CONCLUSIONI

- Le piante sono state allevate su un suolo dalle condizioni certamente ostili per le piante per la contemporanea presenza di diversi elementi tossici in elevate concentrazioni. Nonostante questo tutte le specie hanno dimostrato una rilevante tolleranza alle condizioni a testimoniare l'elevata capacità di adattamento delle piante.
- Come riferimento si riportano dei dati di letteratura che esprimono il livello di concentrazione di un dato elemento oltre il quale esso diventa tossico per le piante (Adriano, 2001). Nel nostro caso nelle piante delle diverse specie sono stati osservati in media che hanno superato i livelli di concentrazione di riferimento : **As** 22 mg kg⁻¹, **Cd** 116 mg kg⁻¹ , **Cu** 180 mg kg⁻¹ , **Hg** 20 mg kg⁻¹ , **Pb** 610 mg kg⁻¹ , **Zn** 2.350 mg kg⁻¹.
- Nel nostro caso *B. napus* ha dimostrato una chiara strategia di accumulazione di Cd; nelle foglie di questa specie è stata osservata una concentrazione di Cd superiore al limite di iperaccumulazione (100 mg kg⁻¹).



Dalla valutazione obiettiva dei risultati presentati in questa relazione e tenendo conto anche delle osservazioni sulle prestazioni della vegetazione spontanea si ritiene di trasferire *in situ* le seguenti specie:



□ Controllo

■ Fertilizzazione Organica e Minerale

H 0.6m

H 0.3m

syndial



DISEGNO SPERIMENTALE *IN SITU*



Sono state individuate, delimitate e georeferenziate quattro parcelle :

due dalle dimensioni di circa 300m²

(20m x 15 m

denominate PARCELLA A e PARCELLA B)

altre due di circa 250 m² (25m x 10m denominate PARCELLA C e PARCELLA D).

Le aree sono state delimitate mediante paline e catena in plastica.

Su ogni parcella sono state eseguite opere preliminari di pulizia seguite da attività di landfarming.



eni

syndial



PARCELLA A*

Eucalyptus camaldulensis Clone RSCG01/02

Eucalyptus globulus Clone RSCG03/04

Paulownia tomentosa

Salix purpurea

Populus alba

Acacia saligna



PARCELLA B



PARCELLA C*



PARCELLA D syndial



CONSORZIO FUNGINO-BATTERICO

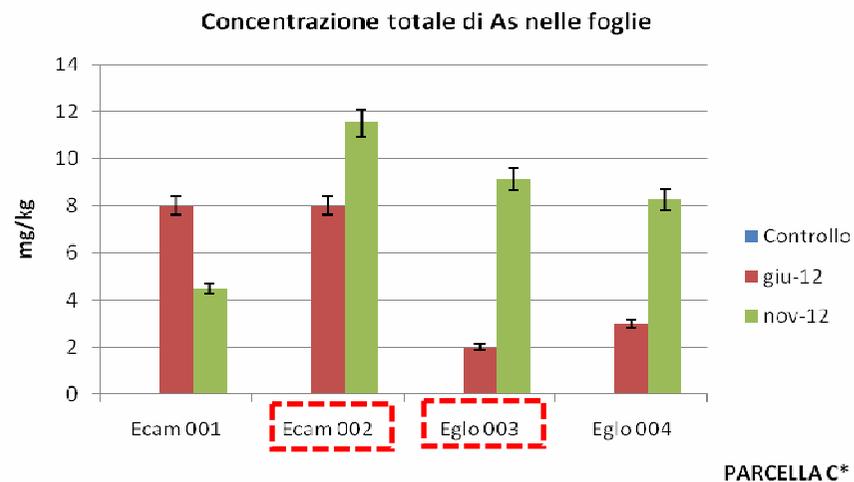
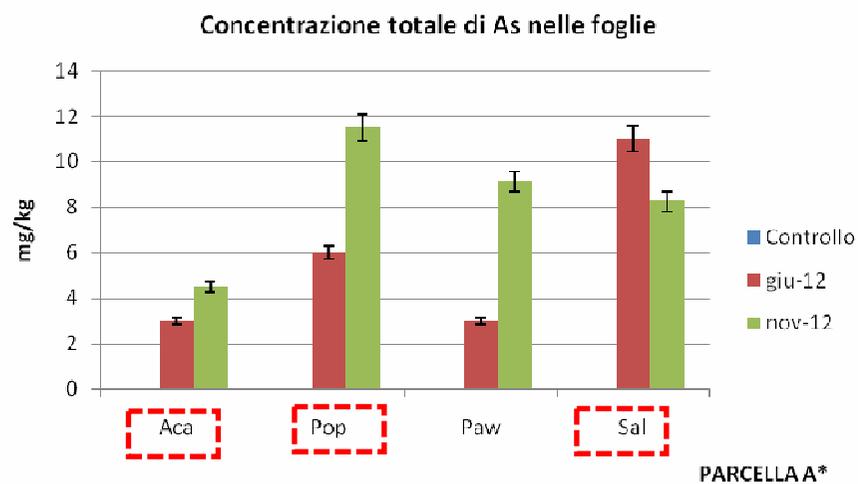
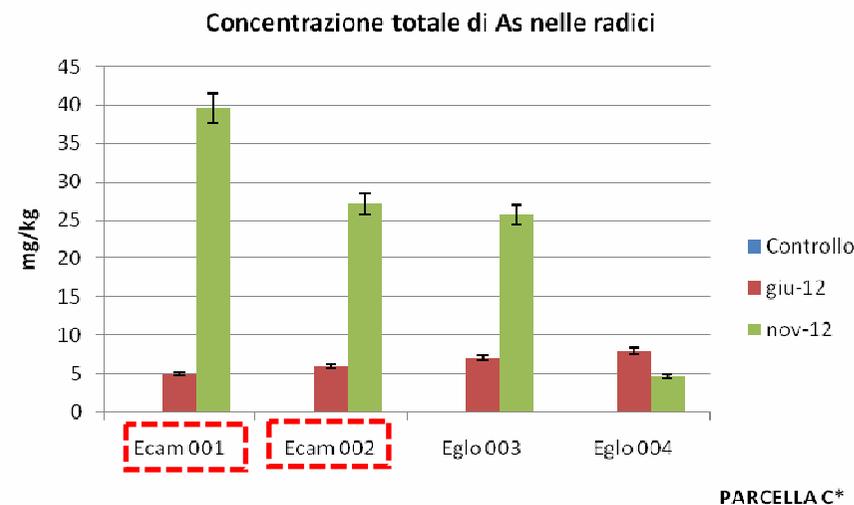
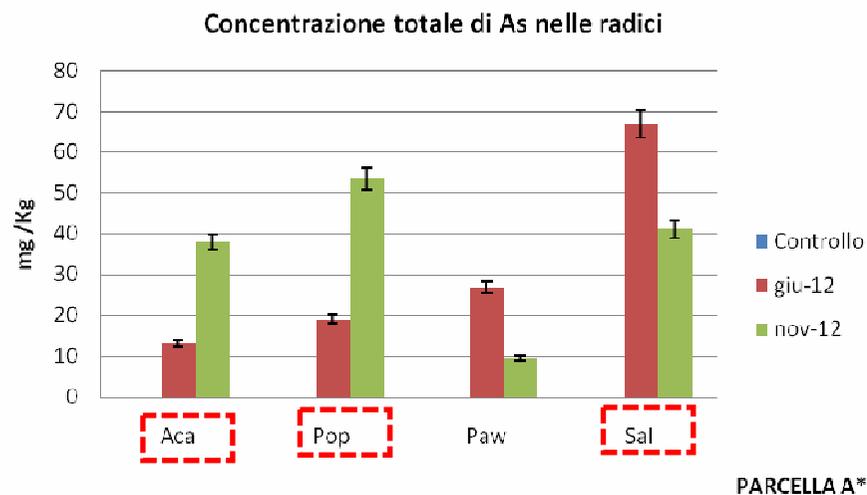
La forma della buca è ritenuta un fattore molto importante per favorire un migliore attecchimento delle radici. Una buca di impianto di forma trapezoidale rispetto alla tradizionale buca rettangolare, con diametro 3 volte quello della zolla, permette all'apparato radicale di crescere rapidamente fino al 25% del suo volume originale, prima di raggiungere il suolo di scarsa qualità. In questo modo la pianta riuscirebbe a sopportare meglio lo stress.

Microflora rizosferica					
Regno	Tipo di simbiosi	Phylum	Famiglia	Specie	Quantita'
Fungi	Ectomycorrhiz a	Basidiomycota	Sclerodermataceae	<i>Pisolithus tinctorius</i>	10 milioni di spore/450 grammi di terreno
	Arbuscular Mycorrhiza	Glomeromycota	Acaulosporaceae	<i>Entrophospora colombiana</i>	146 spore /450 grammi di terreno
			Glomeraceae	<i>Glomus clarum</i> <i>Glomus etunicatum</i> <i>Glomus intraradices</i>	146spore /450 grammi di terreno
Bacteria	Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR)	Firmicutes	Bacillaceae	<i>Bacillus licheniformis</i> <i>Bacillus megaterium</i> <i>Bacillus subtilis</i> <i>Bacillus thuringiensis</i>	5.9 milioni di cfu/450 grammi di terreno
			Paenibacillaceae	<i>Bacillus polymyxa</i> <i>Paenibacillus azotofixans</i>	5.9 milioni di cfu/450 grammi di terreno



eni

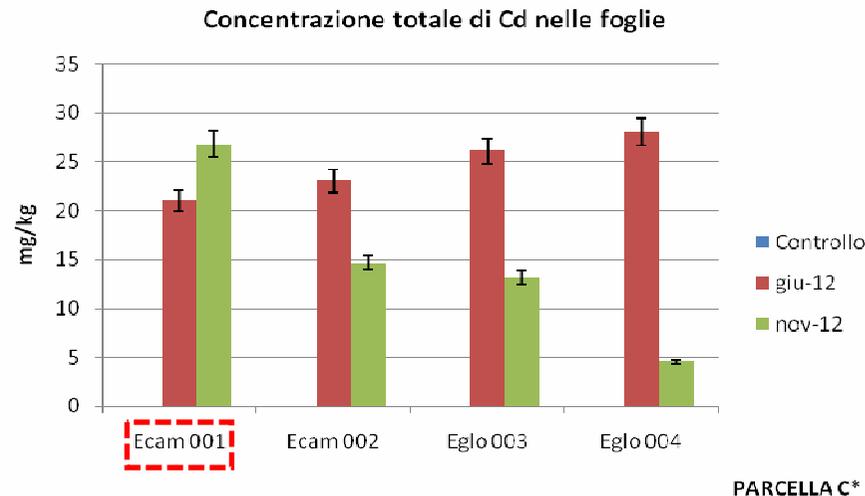
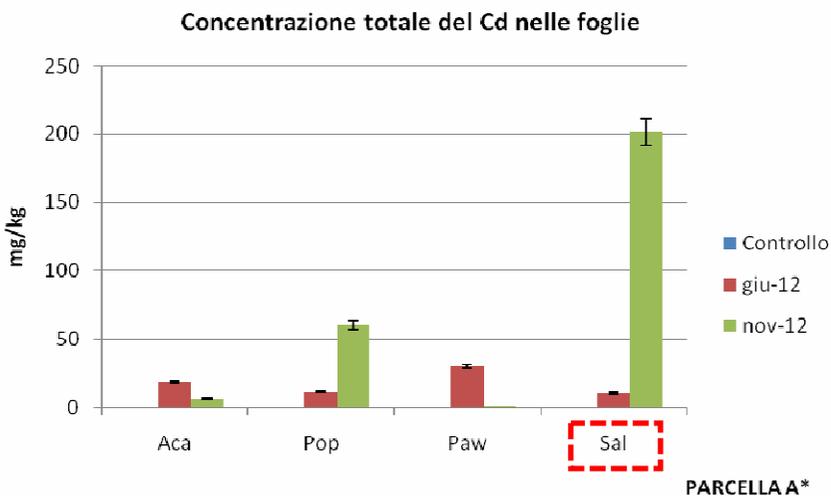
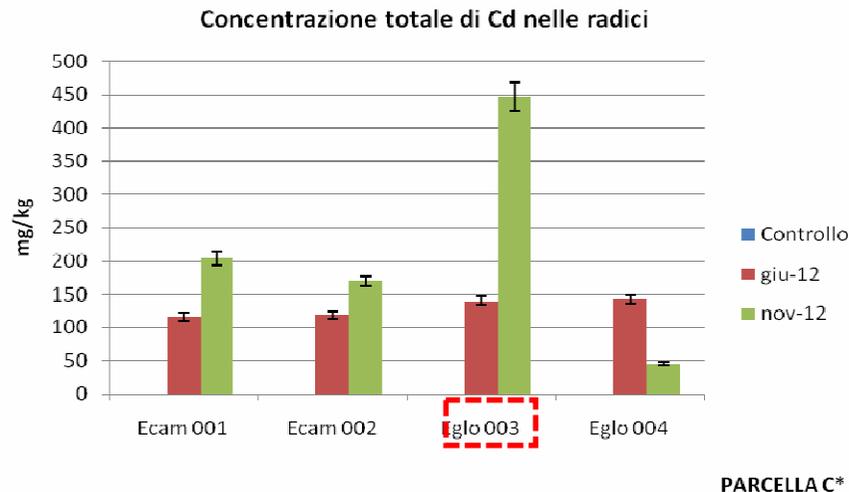
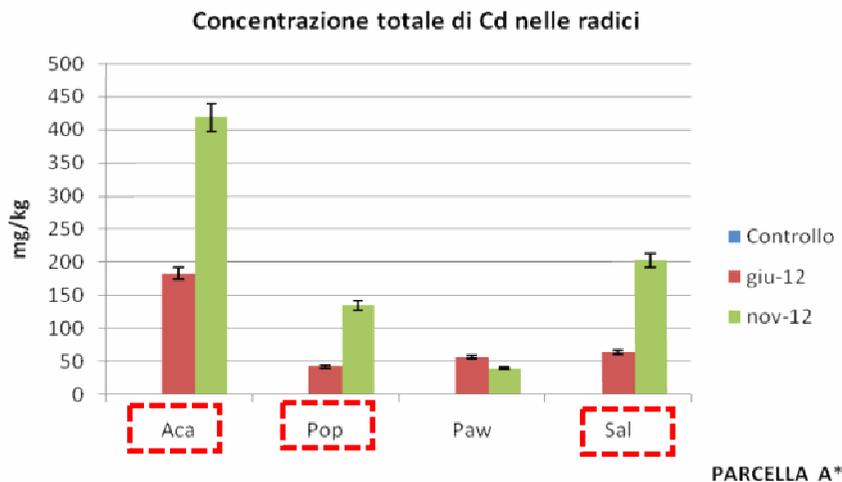
syndial



PARCELLA A* (micorizzata)

CADMIO

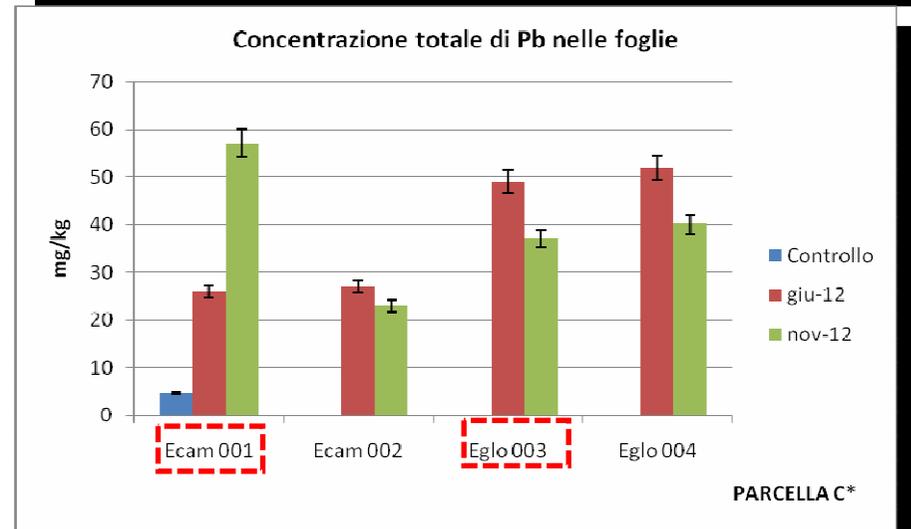
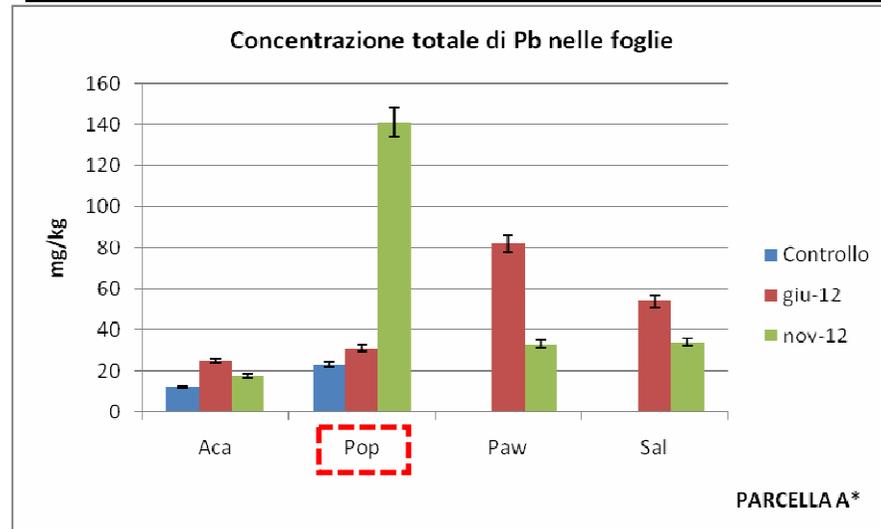
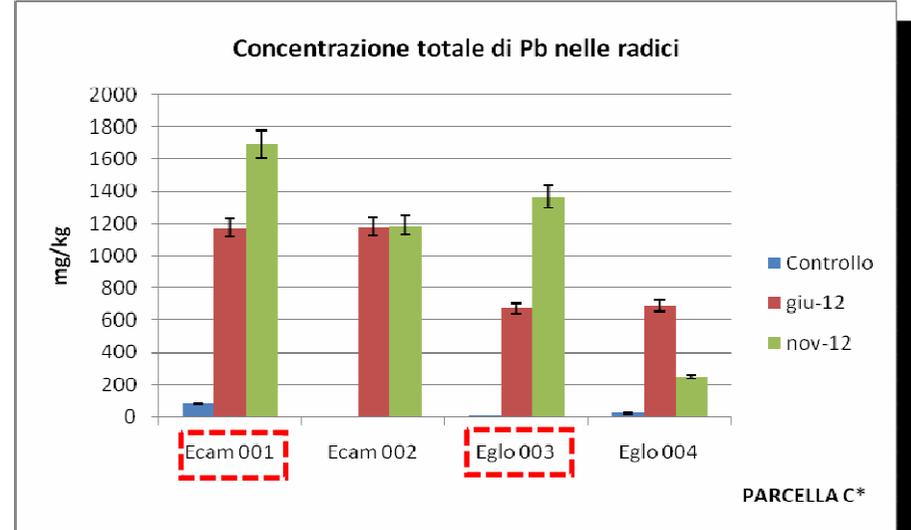
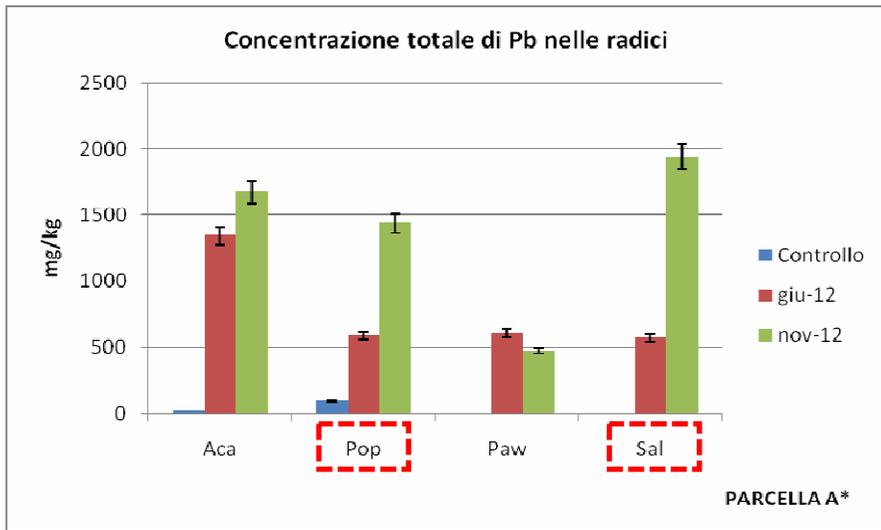
PARCELLA C* (micorizzata)



PARCELLA A* (micorrizzata)

PIOMBO

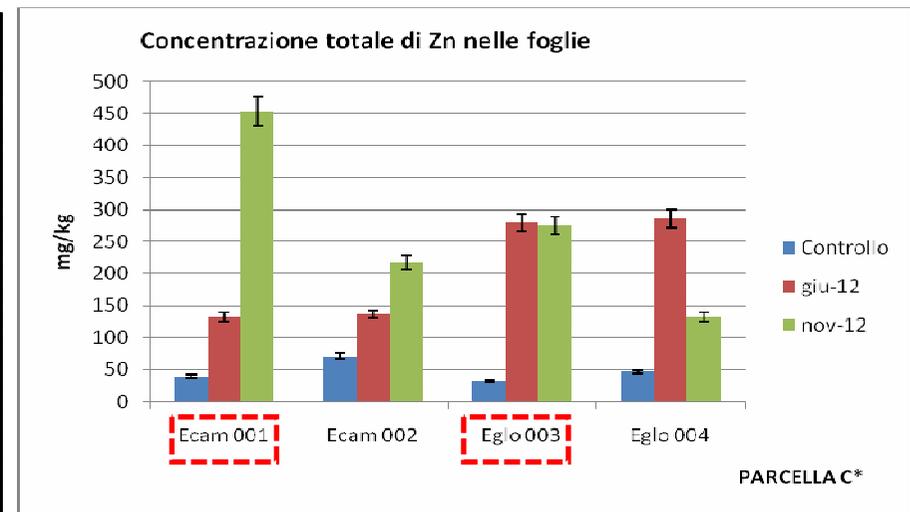
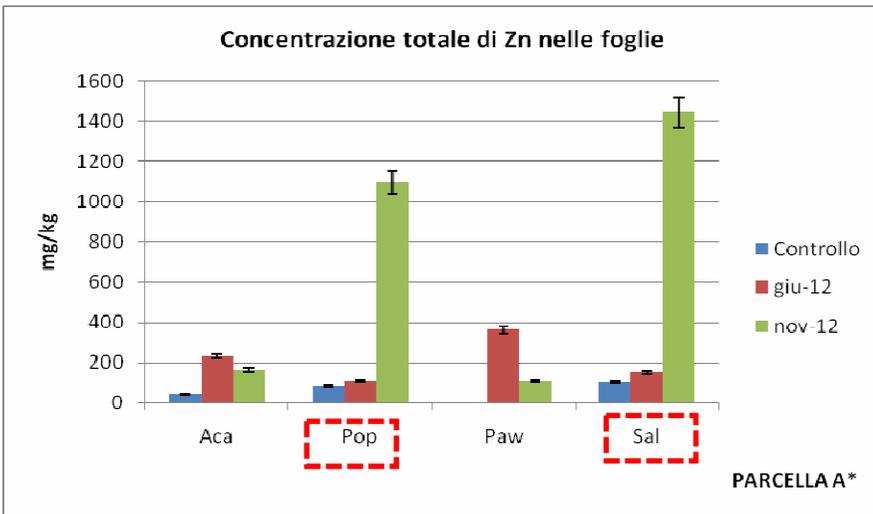
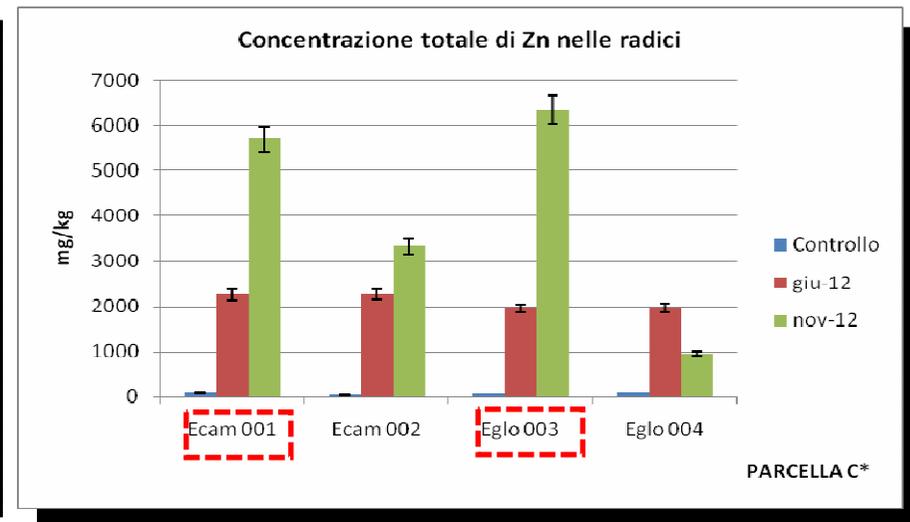
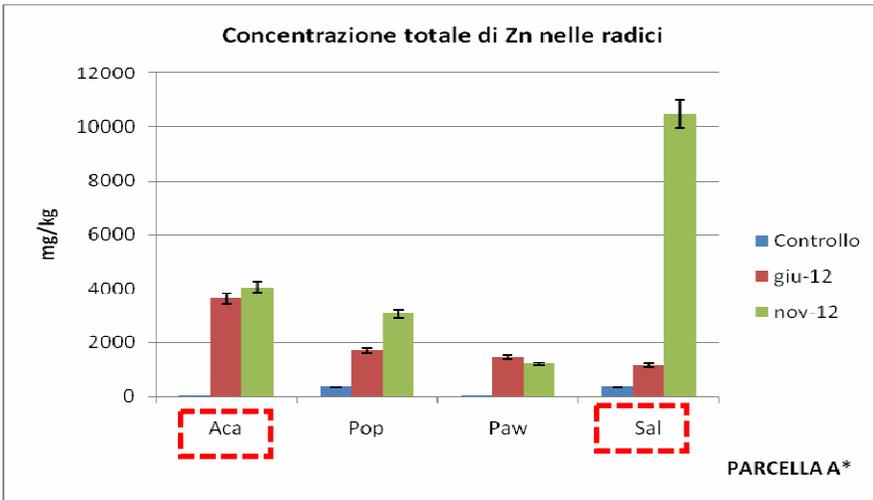
PARCELLA C* (micorizzata)



PARCELLA A* (micorrizzata)

ZINCO

PARCELLA C* (non micorrizzata)









CONCLUSIONI

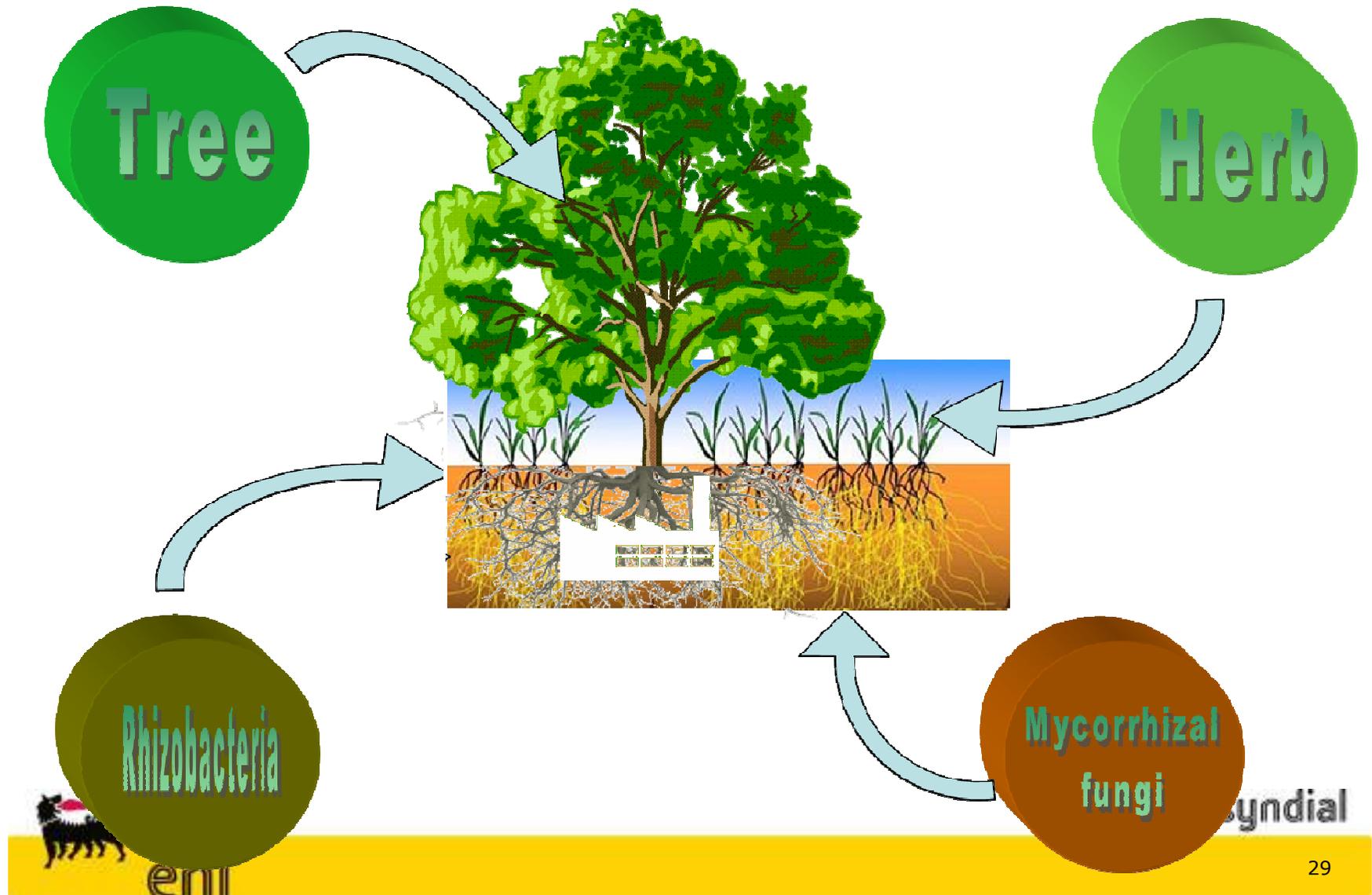
- L'approccio utilizzato consente di:
 - ✓ Individuare le specie, anche autoctone, con maggiori potenzialità;
 - ✓ Sfruttare al meglio le potenzialità biologiche del sito;
 - ✓ Individuare interventi di ottimizzazione del processo di fitorimediazione.
- Tutte le specie mostrano un buon grado di accrescimento, maggiore in quelle micorrizzate.

PROSPETTIVE FUTURE

- Prosecuzione del monitoraggio e valutazione dei risultati;
- Individuazione di ulteriori specie accumulatrici.
- Valutazione dell'estensione dell'intervento.



MYCORRHIZAL FUNGI AND BACTERIA PROMOTED TREE HERB REMEDIATION



Bonifica dei terreni insaturi mediante un intervento di *Phytoremediation* presso Venezia Tecnologie S.P.A. Prima zona industriale - Porto Marghera



Parametro	u.m.	Valori obiettivo minimi	Valori obiettivo a tendere	C.L.A. 152/2006
Cadmio	mg/kg	50		15
Mercurio	mg/kg	10,5		5
Zinco	mg/kg		1500	1500



eni

syndial

MOBILIZZAZIONE DI Hg:

Soluzione 0,27 M di Tiosolfato d'Ammonio per 5 giorni consecutivi (da lunedì a venerdì) nell'intera superficie dell'area sottoposta a bonifica (poligoni SP3 e FS4)

Dose di trattamento da somministrare: 2 gr Tiosolfato d'Ammonio per ogni kg di terreno.

MOBILIZZAZIONE DI Zn, Cd (SOLO POLIGONO SP3)

Soluzione 0,002 M di EDTA, per 5 giorni consecutivi (da lunedì a venerdì)

Dose di trattamento da somministrare corrisponderebbe a 0,038 g per ogni kg di terreno.

Con riferimento ad ogni ciclo colturale, il trattamento dura complessivamente 10 giorni ed è eseguito 1 sola volta nel periodo di massimo sviluppo delle specie vegetali e prima che queste giungano a fioritura.





STATO DELLE AREE PRIMA DELL'INCANTIERAMENTO





STATO DELLE AREE DOPO L'INCANTIERAMENTO





**OPERAZIONE DI
POTATURE/ABBATTIMENTI ALBERI E
ARBUSTI CON RIMOZIONE CEPPAIE E
STOCCAGGIO DEGLI APPARATI IPOGEI
IN "BIG-BAG"**



eni



PREPARAZIONE DEL LETTO DI SEMINA





I CICLO COLTURALE: GIRASOLE (*Helianthus annuus* L.)



eni

syndial



II CICLO COLTURALE: SENAPE INDIANA (*Brassica juncea* L.)



eni

syndial

ELEMENTI TOTALI NEI CAMPIONI DI SUOLO

Dicembre 2012- PRIMA DEL III CICLO COLTURALE

Campione	Cd (mg kg ⁻¹ ss)	Hg (mg kg ⁻¹ ss)	Zn (mg kg ⁻¹ ss)
SP3 soil 1	3,41	1,26	276
SP3 soil 2	2,89	0,702	123
SP3 soil 3	2,90	0,548	202
SP3 soil 4	2,99	0,459	242
MEDIA	3	1	211
FS4 soil 5	2,74	0,408	82,3
FS4 soil 6	3,20	0,391	216
FS4 soil 7	2,67	0,562	213
MEDIA	3	0	170

L'applicazione della tecnologia di bonifica nelle aree d'intervento dovrà permettere il raggiungimento delle concentrazioni di sostanze contaminanti nei suoli insaturi, definite come "*valori obiettivo*" nel verbale della Conferenza dei Servizi (CdS) del 31-06-2006 e riportate nella tabella sottostante.

Parametro	u.m.	Valori obiettivo minimi	Valori obiettivo a tendere	C.L.A. 152/2006
Cadmio	mg/kg	50		15
Mercurio	mg/kg	10,5		5
Zinco	mg/kg		1500	1500



eni

syndial

GRUPPO DI LAVORO



DST- UNIVERSITA' DEL SANNIO

Prof. Carmine Guarino
Prof. Rosaria Sciarrillo
Dott. Barbara Conte
Dott. Valentina Spada



DISA - UNIVERSITÀ DI UDINE

Prof. Luca Marchiol
Dott. Guido Fellet
Dott. Francesco Boscutti



LANDE SRL- Ingegneria Ambientale,
Archeologia, Restauro, Via Guglielmo
Sanfelice, 8 - 80134 Napoli

Dott. Mario Marziano
Dott. Pietro Iavazzo



syndial

Gravie



eni

syndial