Il progetto LIFE AGRISED è cofinanziato dall'Unione Europea attraverso il Programma LIFE

AGRISED

LIFE17 ENV/IT/269

LIFE AGRISED: Riutilizzo di sedimenti e scarti verdi per la produzione di substrati e tecnosuoli innovativi

Il compostaggio come possibile strategia per il trattamento dei sedimenti di dragaggio

- Cristina Macci CNR-IRET, Pisa
- Roberto Scodellini Dipartimento di Chimica, Università di Firenze

Il Problema



- Ogni anno in Europa 100-200 milioni m^3 di sedimenti contaminati sono dragati e necessitano di essere smaltiti in modi specifici e costosi

- Ogni anno in Europa vengono prodotti circa 13 milioni di tonnellate di residui di potatura di varia natura e solo una piccola frazione viene riciclata come biomassa energetica

- Ogni anno in Italia circa 500.000 tonnellate di substrati a base di torba, pomice, perlite, vermiculite e terricci di bosco sono utilizzati nella produzione vivaistica in vaso; ciò comporta gravi problemi economici ed ambientali legati al disturbo dei delicati ecosistemi d'origine e al trasporto

La Strategia Agrised

Sedimenti dragati freschi



Caratteristiche necessarie:
-elevato contenuto di sabbia (maggior porosità, aria e drenaggio)
-basso contenuto di metalli pesanti
-bassa salinità



Co-compostaggio (6/8 mesi) Sedimenti scarti verdi in rapporto 3:1, 1:1, 1:3 (v:v)

Scarti verdi



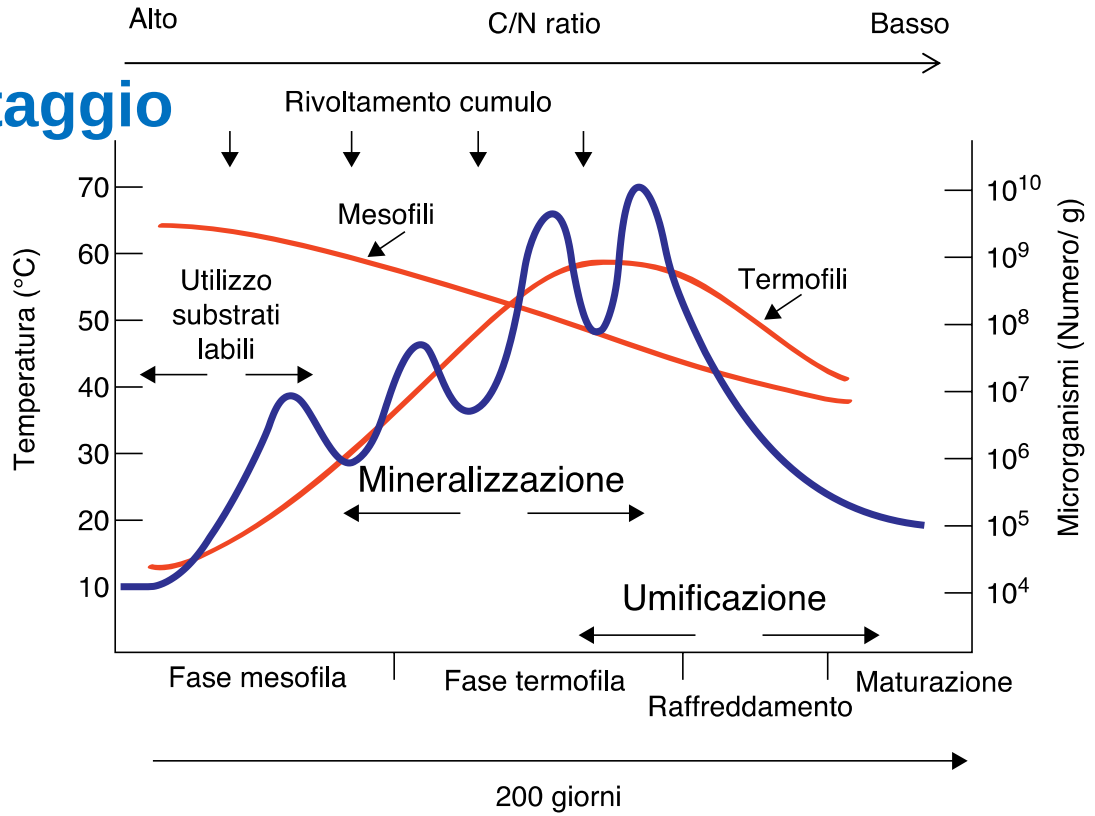
Apportano carbonio e nutrienti che stimolano l'attività microbica e migliorano la struttura fisica

Suoli ricostituiti

Vivaistica

Compostaggio

- Processo aerobico di decomposizione biologica della sostanza organica (anche contaminanti organici) in condizioni controllate
- Prodotto biologicamente stabile con elevato grado di evoluzione della sostanza organica e ricco di microrganismi non patogeni



1. Fase mesofila (25-45°C)
2. Fase termofila (>55°C)

Degradazione biochimica di materia organica fresca (mineralizzazione)

3. Fase di raffreddamento
4. Fase di maturazione

Sintesi di sostanze umiche (umificazione)



Compost: materiale umificato che risulta da processi di compostaggio, con **proprietà di ammendante e fertilizzante**

Workshop onlin

Fattori di Controllo

La vitalità dei microrganismi decompositori è fondamentale per una buona riuscita del compostaggio per questo motivo, durante lo svolgimento del processo, vengono eseguiti accorgimenti volti a favorire il loro sviluppo e a conservare un ambiente che soddisfi le loro esigenze metaboliche.

Umidità



Umidità	Microrganismi Decompositori
20%	Assenti
30%	Metabolismo rallentato
45%	Attivi
50%-55%	*Range* ottimale
60%	Attivi
70%	Assenti

Aerazione

Rivoltamenti

Aerazione forzata





Degradazioni aerobiche

Degradazioni anaerobiche

CO_2 <---------- C ----------> CH_4

PO_4^{3-} <---------- P ----------> PH_3

SO_4^{2-} <---------- S ----------> H_2S

NO^{3-} <---------- N ----------> NH_3

Temperatura

50C° Max Efficienza microrganismi decompositori

T° >55°C = Sterilizzazione

D. lgs. 75/2010

>55°C per 14 giorni
>60°C per 7 giorni
>65°C per 5 giorni
>70°C per 3 giorni

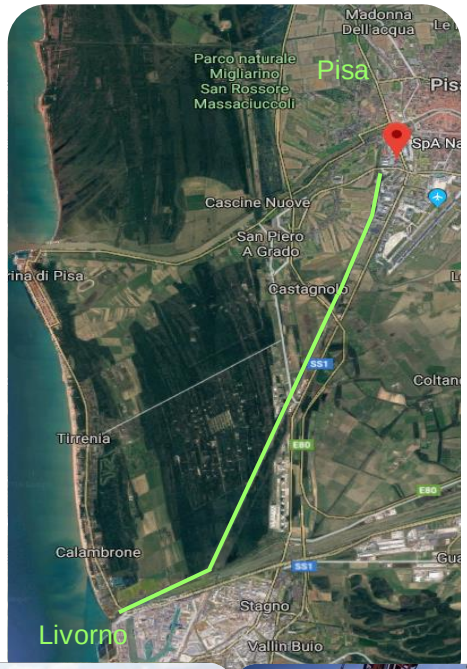
2 Siti sperimentali





Canale Navicelli (Pisa), un canale navigabile che collega Pisa a Livorno e sfocia nel mare

Lunghezza: 17 km
Larghezza: 30 m
Profondità: 3 m

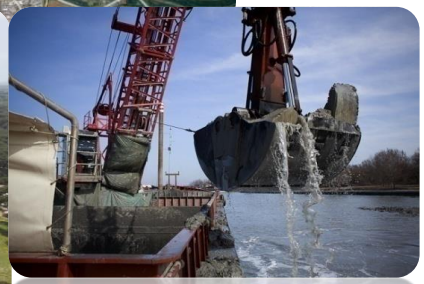












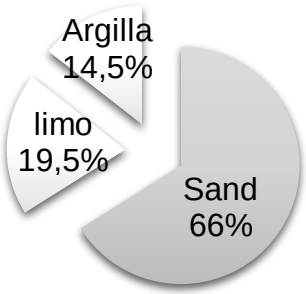
Piccolo corso d'acqua nella zona agricola di Čejkovice

Esperienza in Repubblica Ceca



Caratterizzazione dei Sedimenti e degli scarti verdi

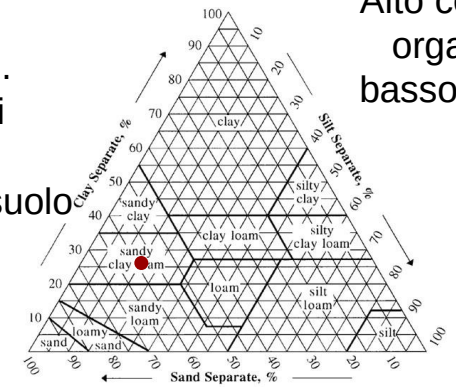
Metalli totali Sedimenti	
Cu mg/kg	46,6
Zn mg/kg	68,7
Cd mg/kg	<LOD
Ni mg/kg	21,0
Pb mg/kg	15,2
Cr mg/kg	22,4



Parametri chimici e fisici Sedimenti	
pH	7,84
C.E. dS/m	0,92
C.E.C. meq/100g	15,8
TOC%	1,30
TN%	0,12
C/N	11,3
TP %	0,07
Densità apparente g/cm³	1,14
Porosità %	55,5
Capacità per l'aria%	7,11
Capacità per l'acqua%	48,4
Acqua disponibile %	11,3

Parametri chimici	A.Erba	B.Pannocchie	C.Trucioli legno	D.Foglie
pH	8.99	6.89	7.30	7.49
C.E dS/m	3,40	0,96	0,54	2,52
TOC%	30.6	41.4	37.4	37.2
TN %	3.40	1.76	1.31	1.88
C/N	9.0	23.4	28.5	19.8
TP %	0.26	0.20	0.59	0.28
Metalli totali				
Cu mg/kg	21.0	10.4	23.0	15.7
Zn mg/kg	26.6	42.0	471	37.5
Cd mg/kg	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Ni mg/kg	3.48	<LOD	6.27	3.25
Pb mg/kg	1.97	0.417	10.5	5.54
Cr mg/kg	7.03	0.945	14.7	5.54

-Alta percentuale di sabbia
-Relativamente bassa C.E.
-Basso contenuto in metalli
-Caratteristiche chimiche e fisiche molto simile ad un suolo



Alto contenuto in carbonio organico e in nutrienti, basso contenuto in metalli



Preparazione Cumuli: 30 ottobre 2019

Presso l'impianto di compostaggio EPS a Nový Dvůr, Repubblica Ceca



3 cumuli con diversi rapporti: Sedimenti: Scarti Verdi (V:V)

- 3 Sedimenti: 1 Scarti verdi (Cumulo A)
- 1 Sedimenti: 1 Scarti verdi (Cumulo B)
- 1 Sedimenti: 3 Scarti verdi (Cumulo C)













Compostaggio

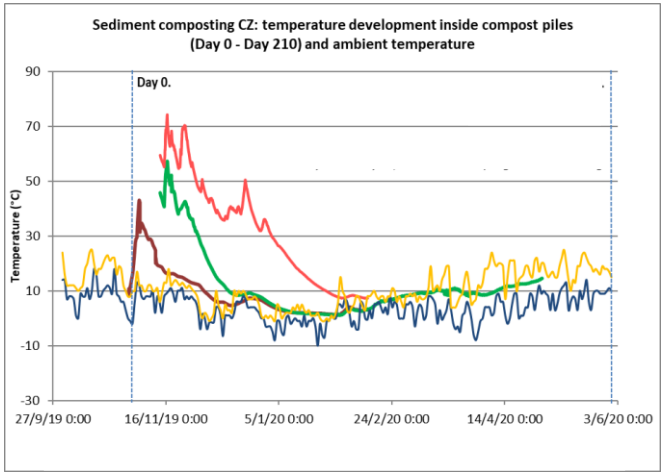

Campionamenti

- 7 mesi: 30 ottobre 2019 / 27 maggio 2020
- Rivoltamenti periodici con un escavatore con unità di miscelazione
- Campionamenti: T0, T5, T12, T33, T106, T168, T210, T258
- Attività di monitoraggio:



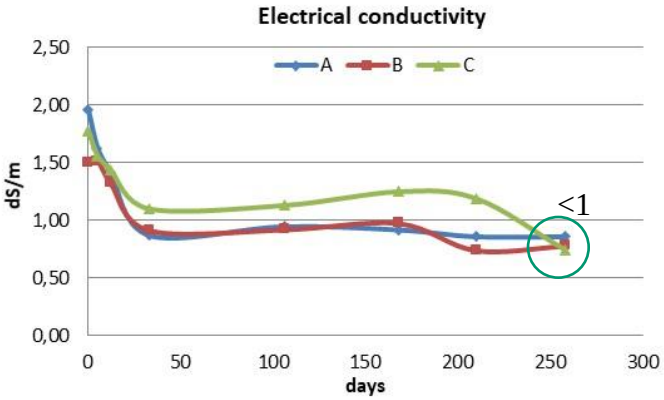
- Temperatura interna dei cumuli
- Emissioni gassose (O_2, CO_2, CH_4, H_2S)
- Analisi Fisiche: densità apparente, porosità
- Analisi idrologiche: curva di ritenzione idrica
- Analisi chimiche: pH, conducibilità elettrica (EC), sostanza organica, capacità di scambio cationico (CSC), nutrienti nelle forme totali e disponibili
- Contaminanti: metalli totali e composti organici (C>12, IPA, etc..)
- Analisi biochimiche: enzimi idrolitici e ossidoreduttasi
- Analisi biologiche: biomassa microbica, E.coli, Salmonella, test ecotossicologici

Monitoraggio del processo di compostaggio

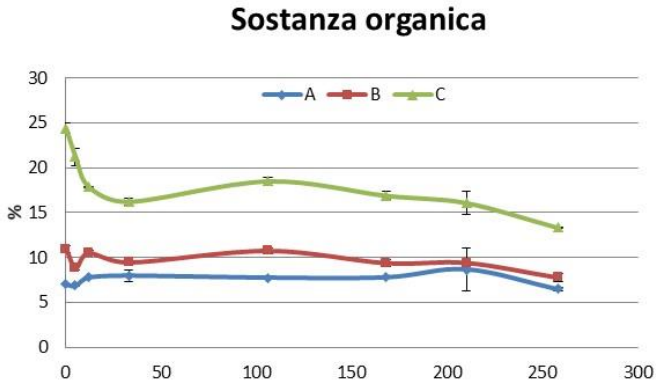


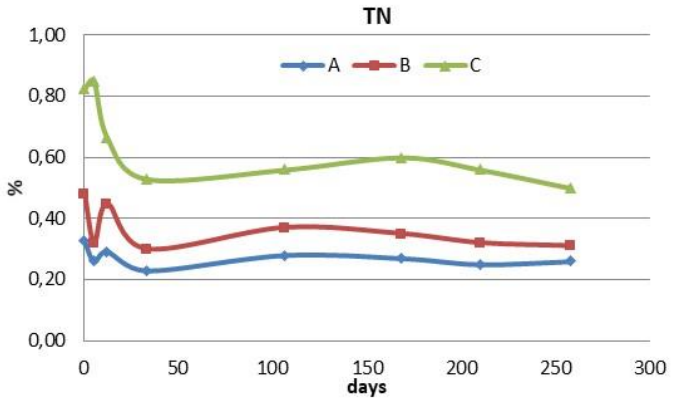
A: 43.1 °C in 4 giorni
B: 57.3 °C in 16 giorni
C: 74.3 °C in 16 giorni

La temperature nei cumuli B e C ha superato 55°C, la temperature raccomandata per la sterilizzazione del materiale, ma solo il cumulo C ha mantenuto la temperatura per i giorni sufficienti (55° C per 14 giorni)



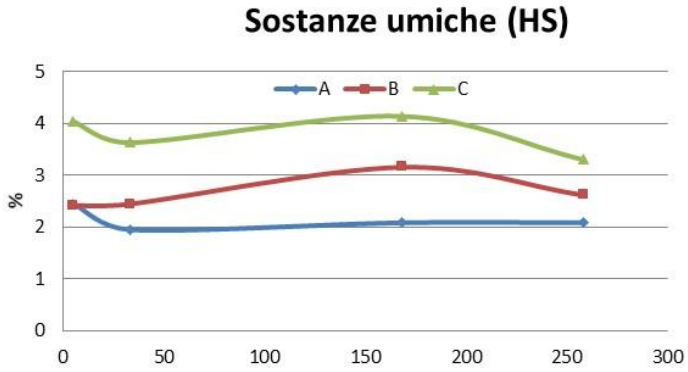
Netta diminuizione <1 dS/m

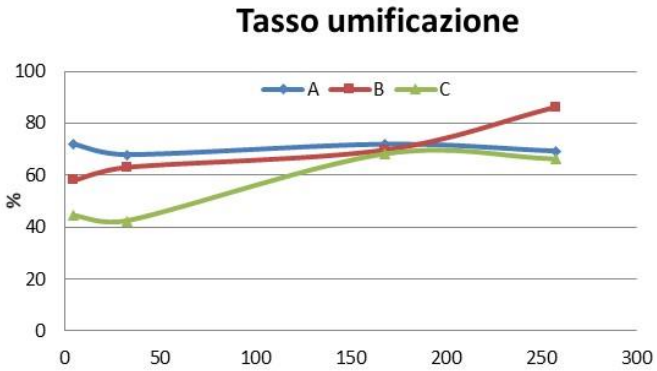




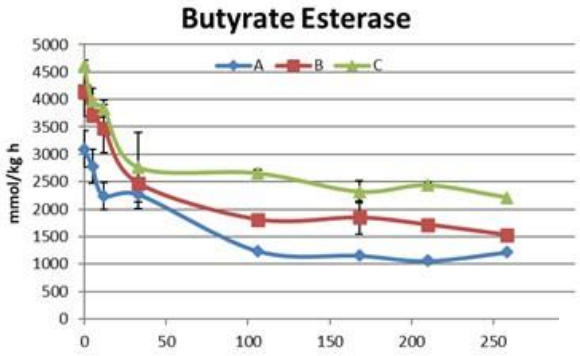
Mineralizzazione sostanza organica, maggiore nel cumulo C per la presenza di una fonte di carbonio più facilmente degradabile (scarti verdi)

Monitoraggio del processo di compostaggio

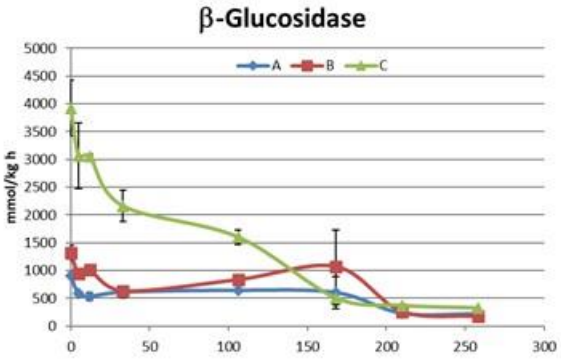




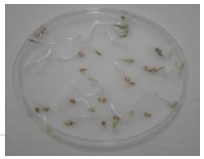
L'incremento del tasso di umificazione (HS/TOC), in particolare nei cumuli con maggior quantità di scarti verdi (B e C), suggerisce l'efficienza del compostaggio nella produzione di sostanze umiche nonché una prova della maturità del compost



La dinamica del processo di compostaggio in termini di decomposizione di materiali organici e informazioni sulla maturità del prodotto può essere rivelata dall'andamento delle attività enzimatiche

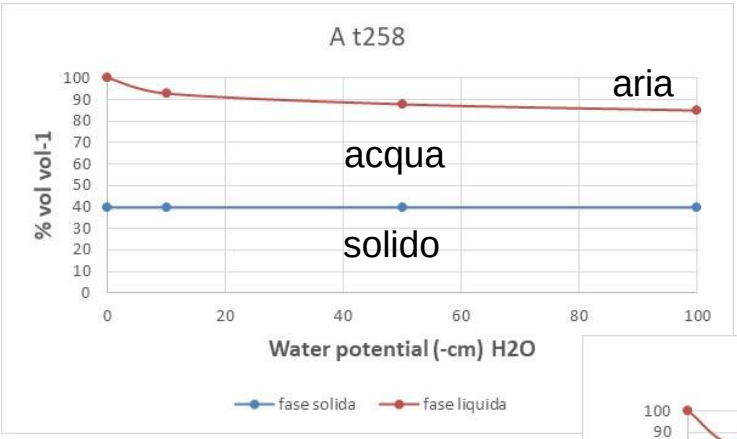


Una diminuzione e una stabilizzazione delle attività enzimatiche indicano una riduzione dei substrati facilmente degradabili per i microrganismi e una stabilizzazione del processo di compost



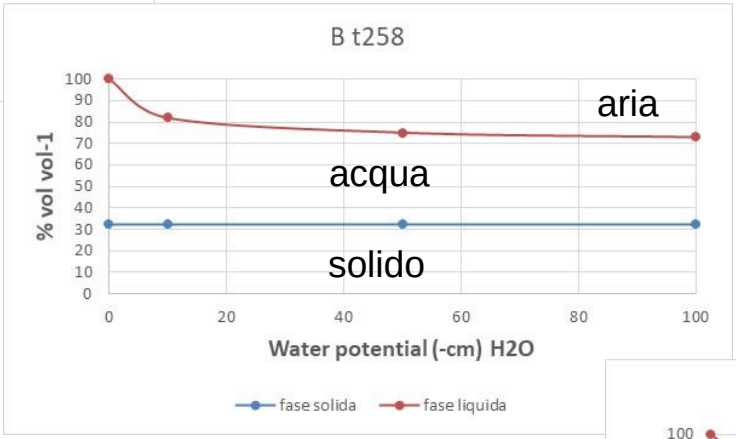
Aumento dell'indice di germinazione >100%: diminuzione tossicità e aumento di nutrienti

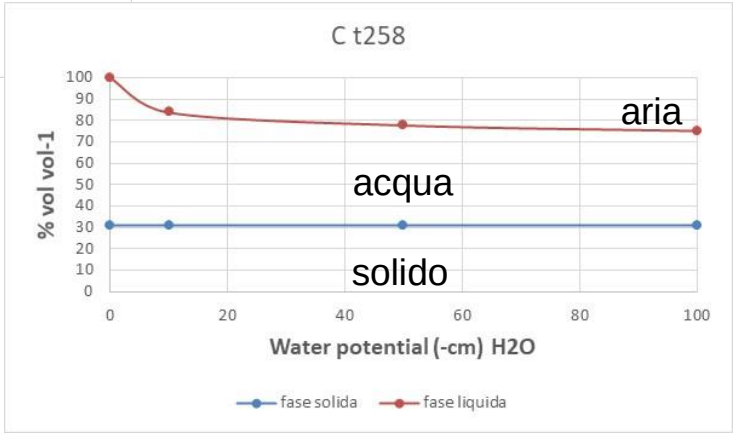
Proprietà idrologiche e fisiche del compost finale



T258	A	B	C
Densità apparente g/cm³	1,00	0,81	0,75
Porosità %	60,4	67,8	68,9

<0,95 come richiesto dalla normativa Italiana sui substrati D. lgs. 75/2010





- B e C molto simili
- B e C hanno una maggior porosità, disponibilità per l'acqua e soprattutto un maggiore capacità per l'aria (aria presente a 10 cm)

	Agrised Compost/substrato			Legislazione Italiana sui fertilizzanti: D. lgs. 75/2010		Legislazione Repubblica Ceca sui fertilizzanti: Decree No. 474/2000 Coll	Legislazione Europea sui fertilizzanti:
	A (3S:1GW)	B (1S:1GW)	C (1S:3GW)	Compost verde	Substrato di crescita misto	Substrato con elevata presenza di componente minerale	Substrato di crescita
Densità apparente(g/cm³)	1,00	0,81	0,75		<0,95		
pH	8,12	8,12	8,18	6-8,5	4,5-8,5	5-7,5	
Conducibilità elettrica(dS/m)	0,86	0,78	0,75		<1	<0,6	
TOC %	3,02	3,04	5,04	>20	>4		
Solidi volatili (%)	6,5	7,8	13,3			10-50%	
TN %	0,26	0,31	0,48		<2,5		
C/N	11,6	9,8	10,5	<50			
P_2O_5 %	0,002	0,003	0,005		<1,5	Più restrittiva	
Carbonio umico	2,09	2,62	3,3	> 2,5			
Salmonella	Assente	Assente	Assente	Assente			Assente
E.Coli (CFU/g)	<100	<100	<100	<1000	Rispettati tutti i limiti dei metalli		<1000
Indice di germinazione(%)	124	117	108	>60			
Cd (mg/kg)	0,2	0,2	0,2	<1,5	<1,5	<2	<1,5
Cu (mg/kg)	34	27	32	<230	<230	<100	<200
Hg (mg/kg)	<0,1	<0,1	0,1	<1,5	<1,5	<1	<1,5
Ni(mg/kg)	16	12	13	<100	<100	<100	<50
Pb(mg/kg)	12	9,4	11	<140	<140	<140	<120
Zn (mg/kg)	70	60	60	<500	<500	<500	<500
Cr (mg/kg)	19	15	15		<100		

Il compostaggio è stata una strategia efficace per trasformare rifiuti come sedimenti di dragaggio e scarti verdi in un substrato idoneo per il vivaismo ?



- La diminuzione e stabilizzazione del contenuto di materia organica, della conducibilità elettrica, dell' attività microbica, l'aumento dell'indice di germinazione e del tasso di umificazione indicano una stabilizzazione e una maturazione dei compost

- Rispetto alla normativ substrati (D. lgs. 75/2010), sono rispettati tutti i ezione del contenuto in carbonio organico (cun ensità apparente (cumulo A) che possono ess mediante l'aggiunta di materiale organico e leg rba



- Rispetto alla norma oblica Ceca Decree No. 474/2000 Coll (più restrittiva), i valori da "correggere " sono pH e CE con aggiunta torba, pomice, fibra di cocco o con il prolungamento del processo di compostaggio o un'aerazione forzata

Esperienza in corso in Italia: 29 ottobre 2020



Pistoia











-3 compostiere da 4 m^3
-3 cumuli (V:V) 3S:1V-1S:1V-1S:3V
-Rivoltamenti con mini escavatore con pinza articolata
-Campionamenti:

- 1 campione ogni 4 giorni per i primi 20 giorni (T0,T4, T8, T12, T16, T20): già effettuati
- 1 campione ogni 10 giorni nei 2 mesi successivi: (T30, T40, T50, T60, T70, T80)
- 1 campione al mese nei mesi successivi: (T110, T140, T170, T200, T230, T260)
- Monitoraggio: temperatura, emissioni, analisi fisiche, chimiche (contaminanti), idrologiche, biologiche, ecologiche e ecotossicologiche







Grazie per l'attenzione

Il progetto LIFE AGRISED è cofinanziato dall'Unione Europea attraverso il Programma LIFE

AGRISED

LIFE17 ENV/IT/269

LIFE AGRISED: Riutilizzo di sedimenti e scarti verdi per la produzione di substrati e tecnosuoli innovativi

Il compostaggio come possibile strategia per il trattamento dei sedimenti di dragaggio:

la biodegradazione dei contaminanti

- Cristina Macci CNR-IRET, Pisa
- Roberto Scodellini Dipartimento di Chimica, Università di Firenze

D.Lgs. 152/2006 e D.Lgs. 75/2010: due norme scollegate

I parametri chimici nelle due leggi sono totalmente differenti

D.Lgs. 152/2006
Testo Unico Ambientale

- Inorganic compounds
- Heavy metals
- Aromatic hydrocarbons
- Polyciclyc aromatic hydrocarbons
- Cancerogenic and Not-cancerogenic Aliphatic chlorinated hydrocarbons
- Cancerogenic Aliphatic halogenated hydrocarbons
- Phenols chlorinated hydrocarbons
- Aromatic amine
- Pesticides
- Dioxins and furans
- Aliphatic hydrocarbons
- Asbestos
- Esters of phthalic acid

D.Lgs. 75/2010
Disciplina Ammendanti e Substrati

- Pb, Cd, Ni, Zn, Cu, Hg, Cr(VI)
- Maximum humidity
- pH
- Organic carbon
- Humic and fulvic carbon
- Organic nitrogen
- C/N ratio
- Salinity

D.Lgs. 152/2006 art. 184 – quarter
Utilizzo dei materiali di dragaggio

1. I materiali dragati sottoposti ad operazioni di recupero in …. impianti autorizzati ….. cessano di essere rifiuti se, all'esito delle operazioni di recupero …… soddisfano e sono utilizzati rispettando i seguenti requisiti e condizioni:

a) non superano i valori delle concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A e B della tabella 1 dell'allegato 5 al titolo V della parte quarta

b) in caso di utilizzo diretto in un ciclo produttivo …….rispettano i requisiti tecnici, la normativa e gli standard esistenti applicabili ai prodotti e alle materie prime, e in particolare non devono determinare emissioni nell'ambiente superiori o diverse qualitativamente da quelle che derivano dall'uso di prodotti e di materie prime per i quali è stata rilasciata l'autorizzazione all'esercizio dell'impianto.

D.Lgs. 152/2006 Parte quarta

Titolo V – Bonifica di siti contaminati

ALLEGATO 5

Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo, nel sottosuolo e nelle acque sotterranee in relazione alla specifica destinazione d'uso dei siti

Tabella 1: Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare

	A	B
	Siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale (mg kg^{-1} espressi come ss)	Siti ad uso Commerciale e Industriale (mg kg^{-1} espressi come ss)

SCHEMA DI CAMPIONAMENTO



Parametri monitorati durante il processo di compostaggio

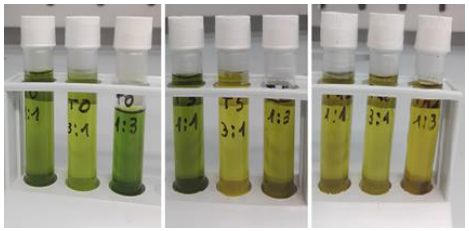
Composti Organici: PCB, IPA, Idrocarburi C>12,

Metalli e Metalli pesanti



Campioni dopo liofilizzazione a -50°C

Analisi chimiche di IPA, PCB e HC>12 a T0



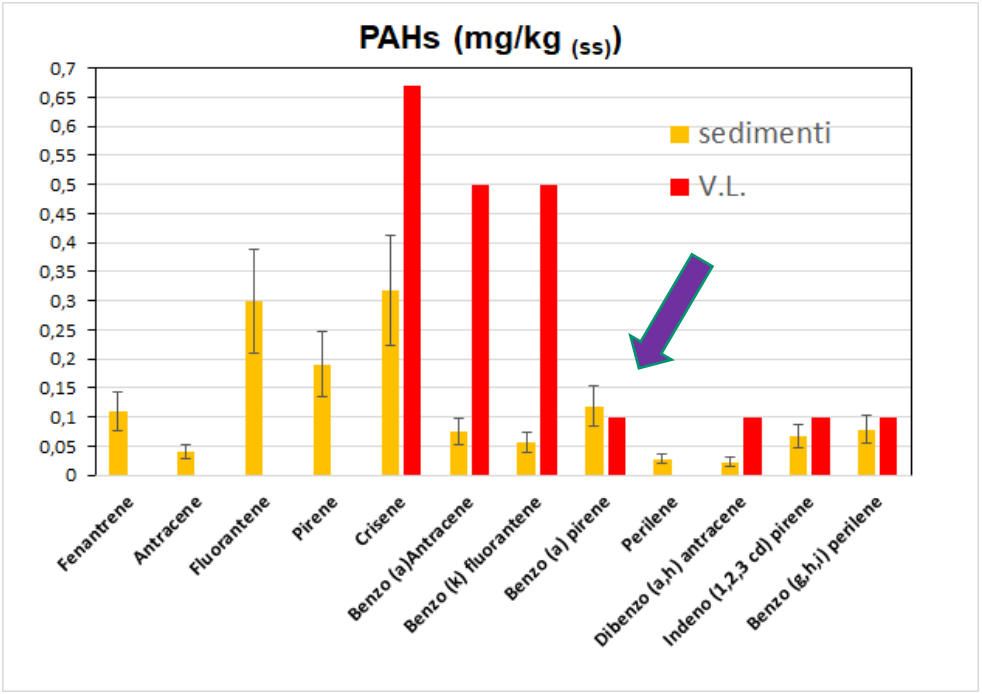
estratti dei tre mix in compostaggio ai tempi T0, T5 e T12

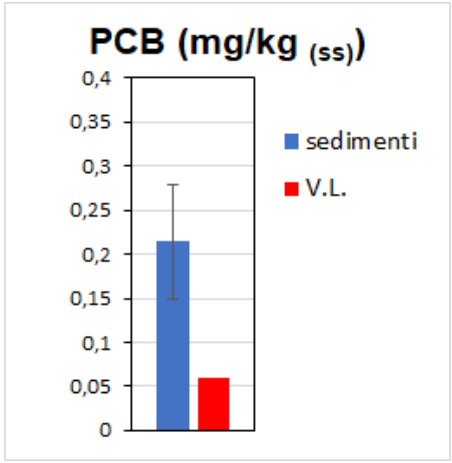


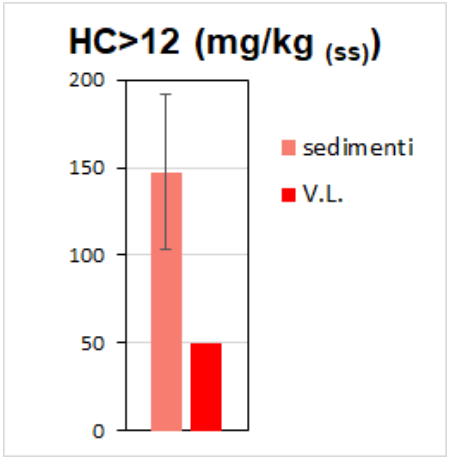
Riduzione a piccolo volume



Analisi by GC-MS (EI)



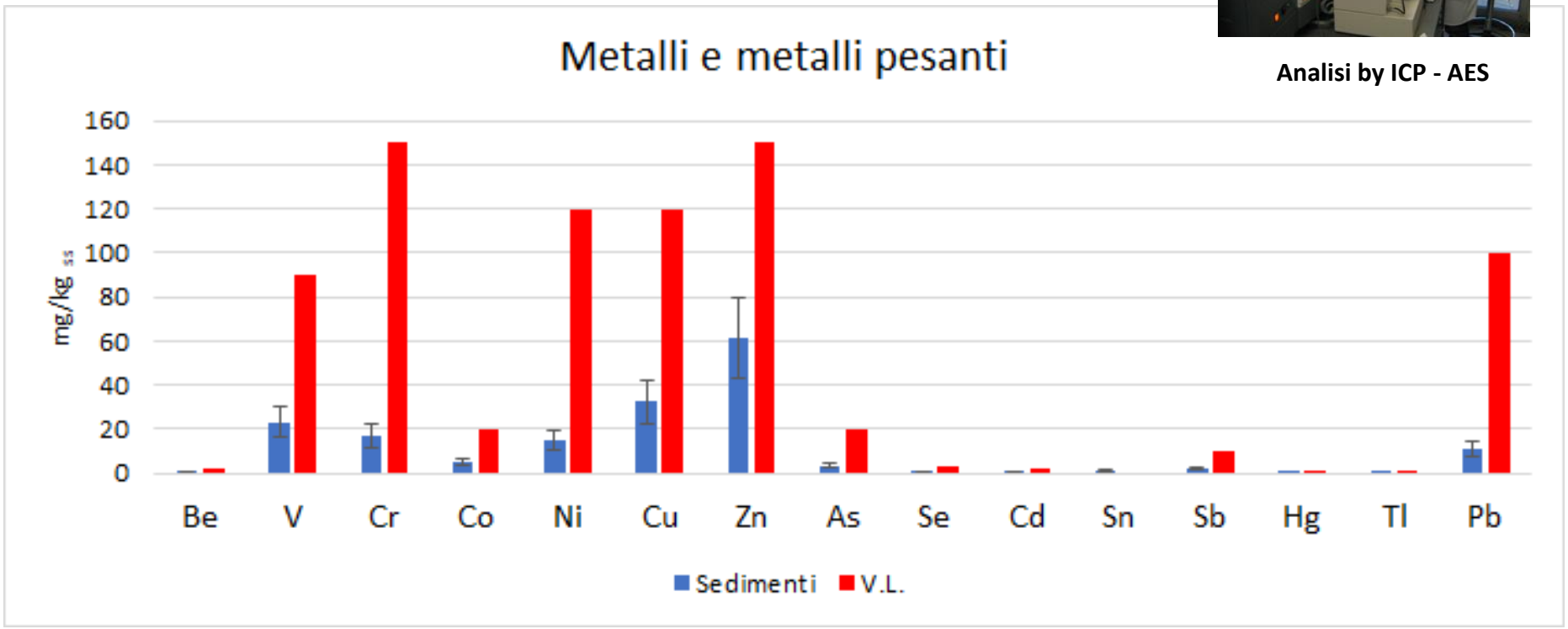




Analisi chimiche di Metalli e Metalli Pesanti a T0



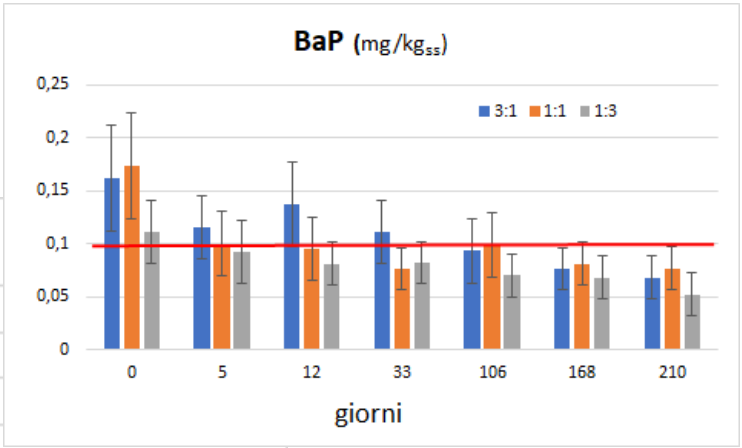
Analisi by ICP - AES

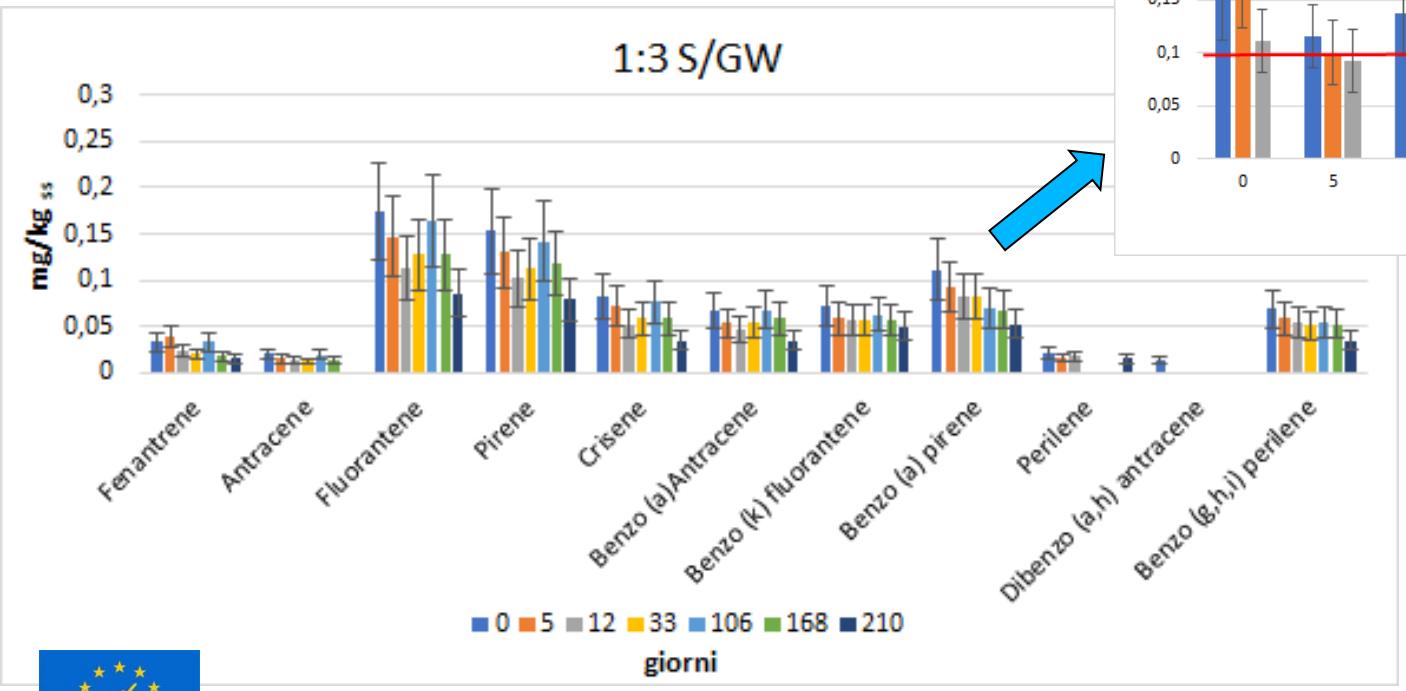


Concentrazioni di IPA durante il compostaggio





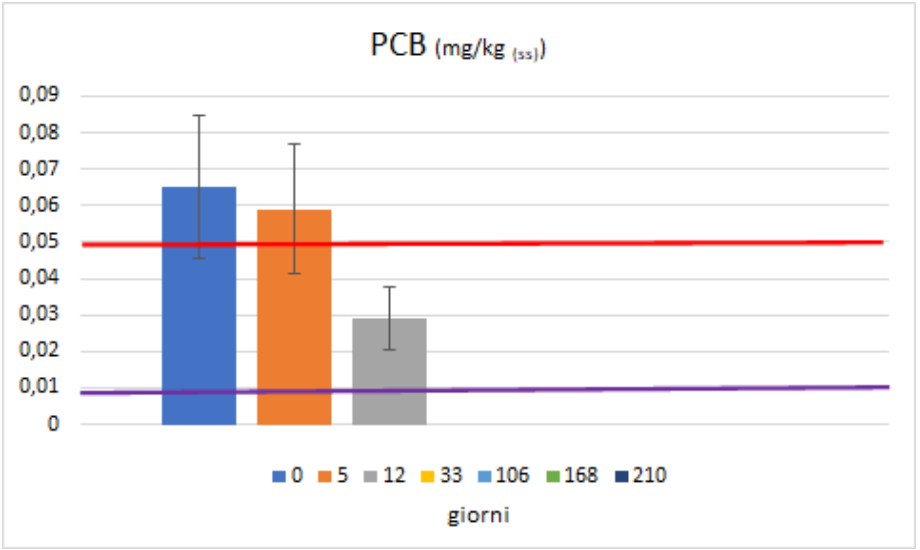


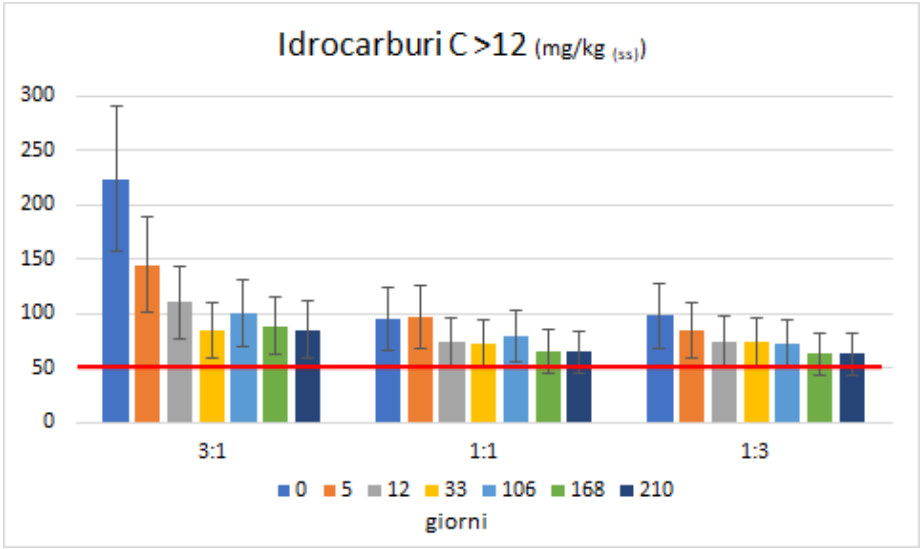


Concentrazioni di PCB e HC>12 durante il compostaggio

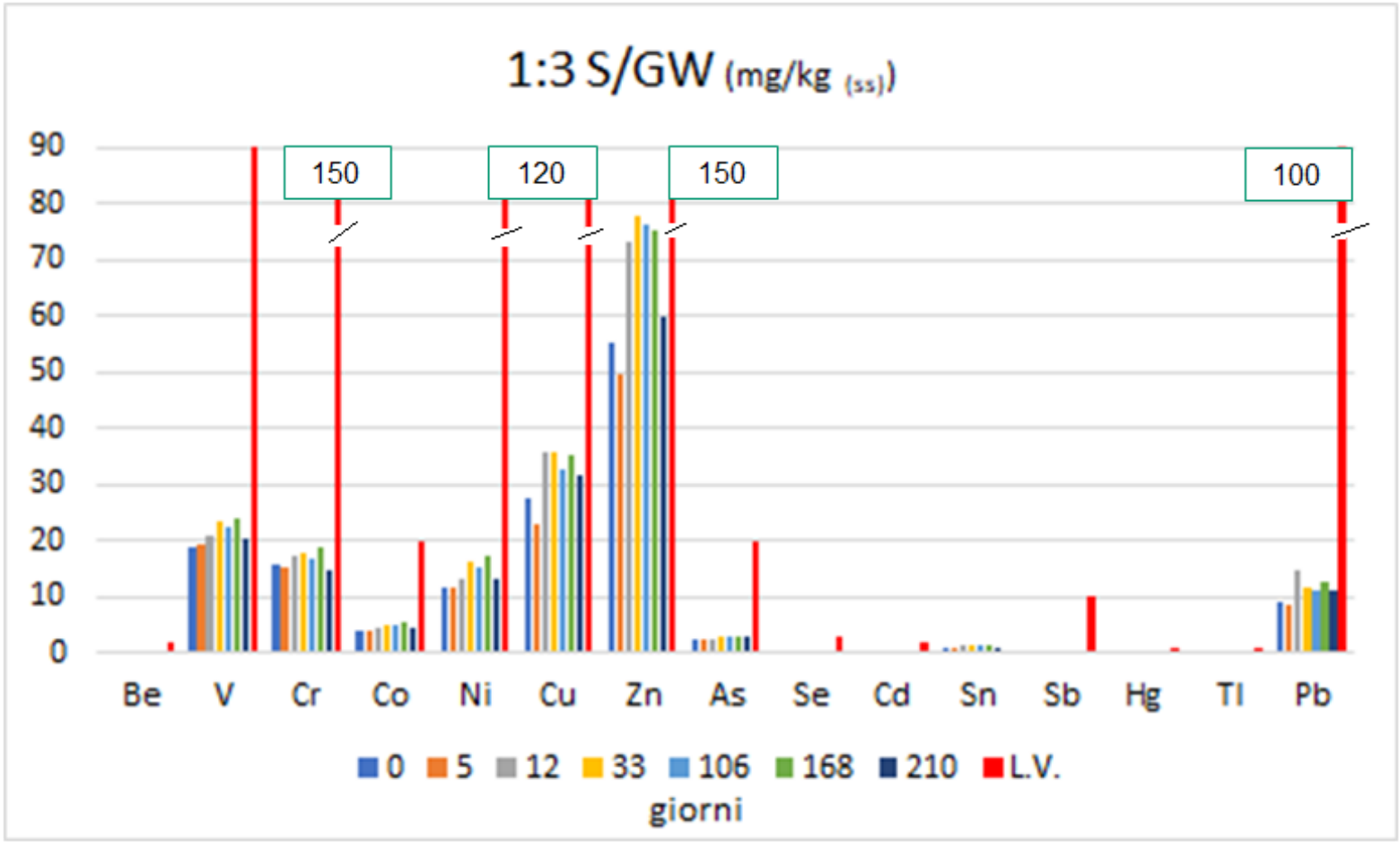








Concentrazioni di Metalli e Metalli Pesanti durante il compostaggio



Grazie per l'attenzione