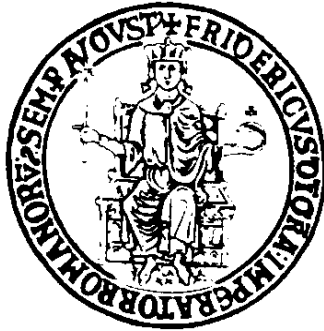


**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI  
“FEDERICO II”**



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

**CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO**

TESI DI LAUREA

**“INDAGINE SPERIMENTALE SULLE PROBLEMATICHE LEGATE ALLA  
PRESENZA DI METALLI IN TRACCE IN ACQUE DESTINATE AL RIUTILIZZO.  
STUDI DI MOBILITÀ E INTERAZIONI ALL'INTERFACCIA  
SUOLO/ACQUIFERO”**

Relatore

*Ch.mo Prof. Ing. Francesco Pirozzi*

Correlatore

*Dott. Ludovico Pontoni*

Candidata

*Erika Cioffi  
matricola M67/141*

**Anno Accademico 2013 – 2014**

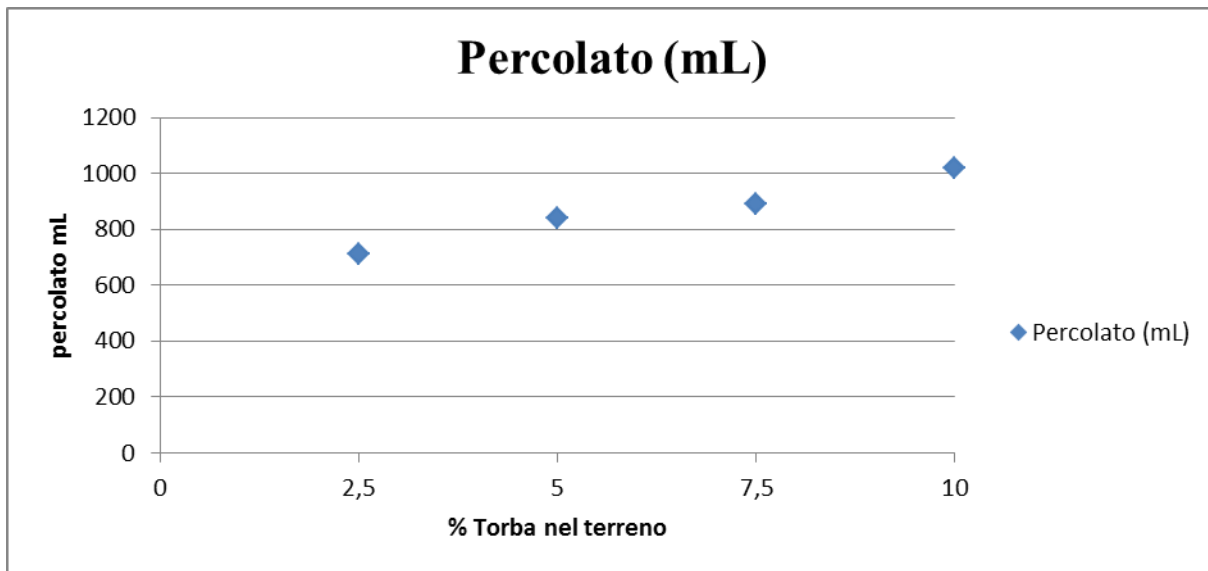
## Abstract

I contaminanti emergenti che spesso è possibile ritrovare all'interno dei corpi idrici, provenienti in larga parte dagli scarichi degli impianti di trattamento delle acque reflue, costituiscono, fondatamente, motivo di notevole preoccupazione, in relazione, soprattutto, ai potenziali rischi che tali inquinanti possono arrecare agli organismi acquatici e all'uomo. I reflui provenienti dagli impianti di depurazione vengono, talvolta, utilizzati come risorsa idrica per l'irrigazione e tali contaminanti possono, quindi, venire a contatto con colture ed esseri viventi.

Il presente elaborato di tesi è stato rivolto allo studio di una particolare tipologia di inquinanti: i metalli pesanti cadmio, rame nichel e piombo. Durante l'intera attività sperimentale, condotta presso il Laboratorio di Analisi e Ricerche Ambientali (L.A.R.A.) dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, è stata dedicata particolare attenzione allo studio del comportamento dei metalli pesanti presenti in tracce nei reflui depurati, per il successivo riutilizzo idrico a scopo irriguo; in particolare, la ricerca è stata incentrata sulle modalità di interazione tra metalli e componenti del suolo, allo scopo di individuare i meccanismi attraverso cui quest'ultime influenzano la mobilità degli inquinanti.

È stato simulato l'effetto dell'irrigazione attraverso una colonna di terreno artificiale messa a punto quale unità di sperimentazione in scala pilota, attraverso la quale è stato attuato il passaggio di un refluo artificiale contenente i metalli d'interesse. La composizione specifica del terreno costituente la colonna è stata modificata, a seconda delle esigenze, in termini di percentuale di sostanza organica in esso contenuta. L'obiettivo finale è quello di poter definire un determinato grado di "inquinabilità" legato alle proprietà del suolo e che tenga, quindi, conto di un insieme di fattori sensibili alla determinazione di tale parametro: affinità del terreno con diversi tipi di inquinanti, mobilità di tali contaminanti e disponibilità ad interagire con le radici e, quindi, ad accumularsi in piante, tessuti e colture.

Il primo effetto rilevato dal confronto di prove condotte a differenti valori di sostanza organica presente nel terreno testato, ha riguardato il grado di permeabilità specifico per le diverse colonne installate. Per fare questo è stato misurato, in maniera diretta, il volume totale di percolato raccolto a termine delle prove per le quattro le colonne oggetto di studio (Figura 1).



**Figura 1.** – Percolato raccolto a seguito del primo set sperimentale.

Risulta evidente (trend di correlazione lineare) la relazione tra quantità di percolato raccolta al fondo della colonna e la percentuale di torba presente nel suolo di riempimento attraversato. La sostanza organica, chiaramente, incrementa la permeabilità del suolo, permettendo una maggiore movimentazione delle molecole d'acqua attraverso gli strati di terreno. Tale comportamento risulta senz'altro collegato alla differente capacità di interazione metalli terreno e dunque alla mobilità degli inquinanti stessi.

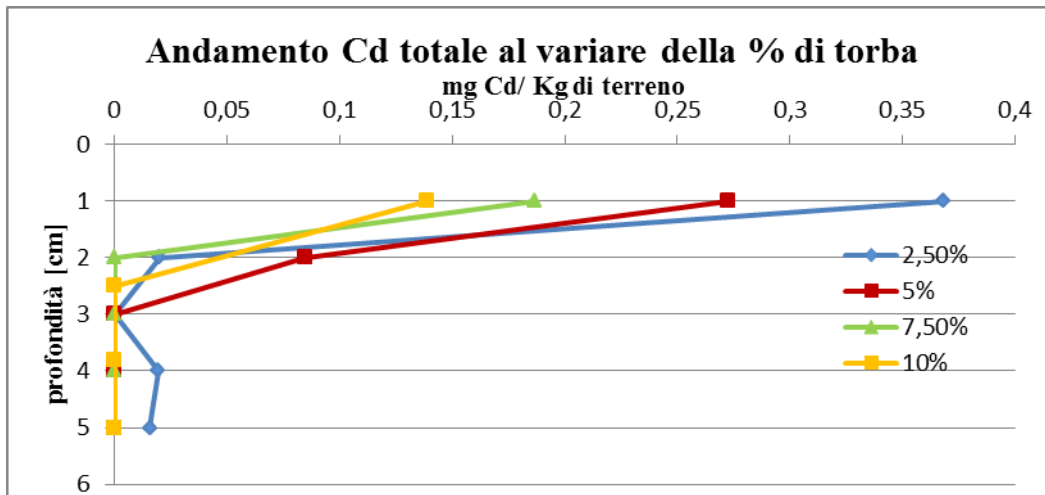


Figura 2. – Andamento del Cadmio al variare della percentuale organica del terreno

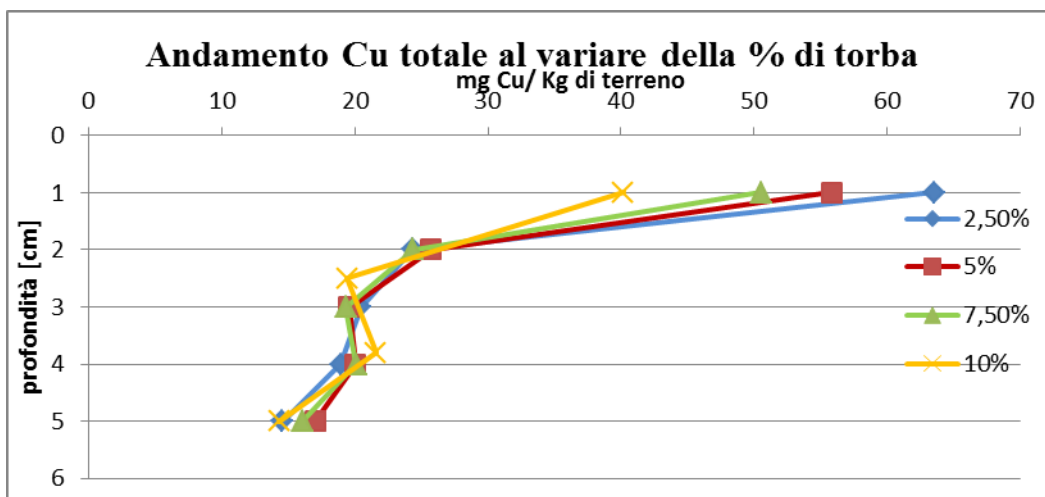


Figura 3. – Andamento del Rame al variare della percentuale organica del terreno

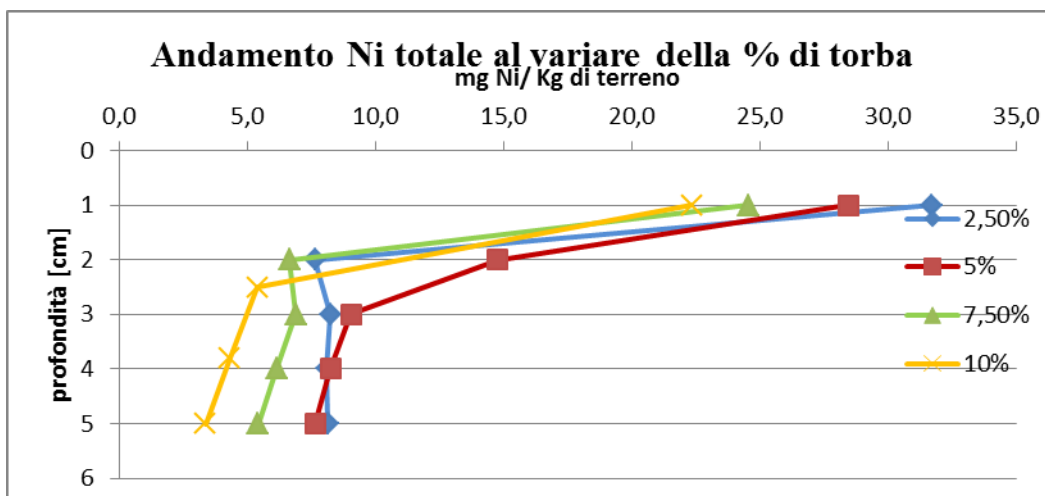
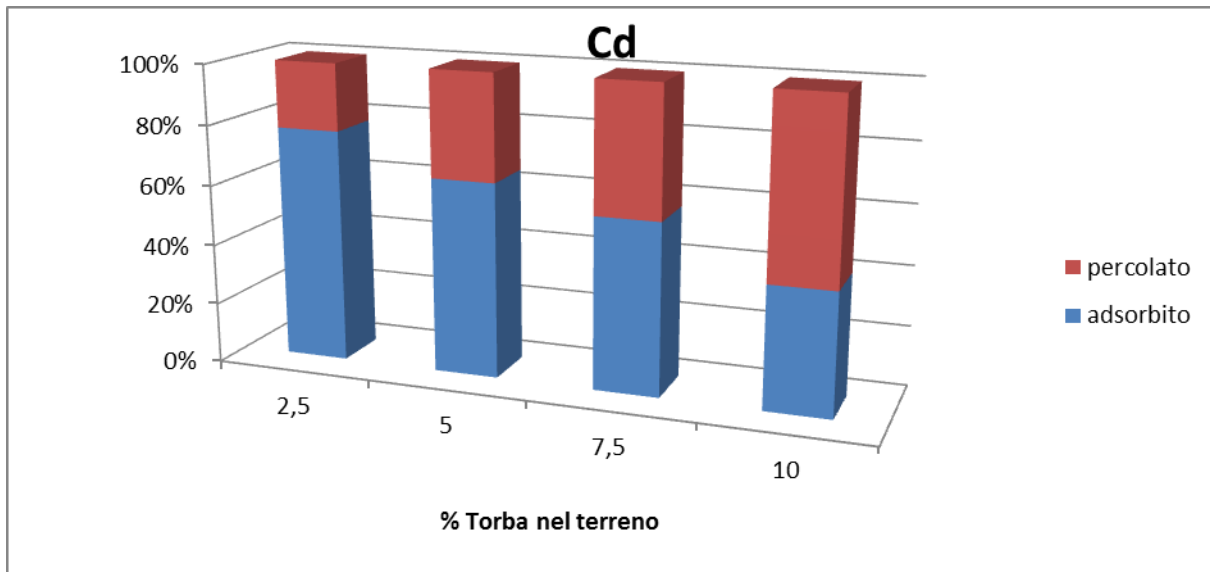


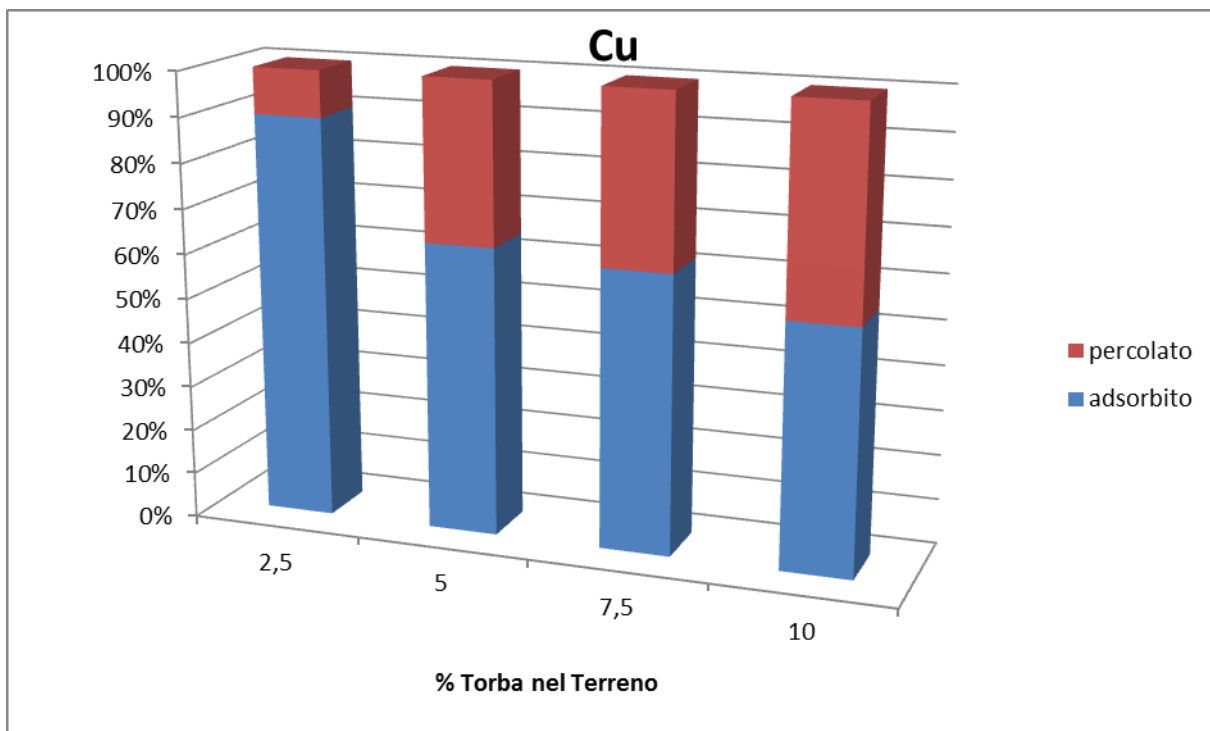
Figura 4. – Andamento del Nichel al variare della percentuale organica del terreno

Confrontando le precedenti figure (2, 3, 4) è possibile notare che si ha un maggiore adsorbimento nel primo centimetro di profondità. Si rileva, inoltre, che all'aumentare della percentuale di torba all'interno del terreno la concentrazione di metallo adsorbito nel primo centimetro della colonna diminuisce. È evidente, dunque, che l'aumento di sostanza organica comporta, per il suolo, una differente interazione con i contaminanti.

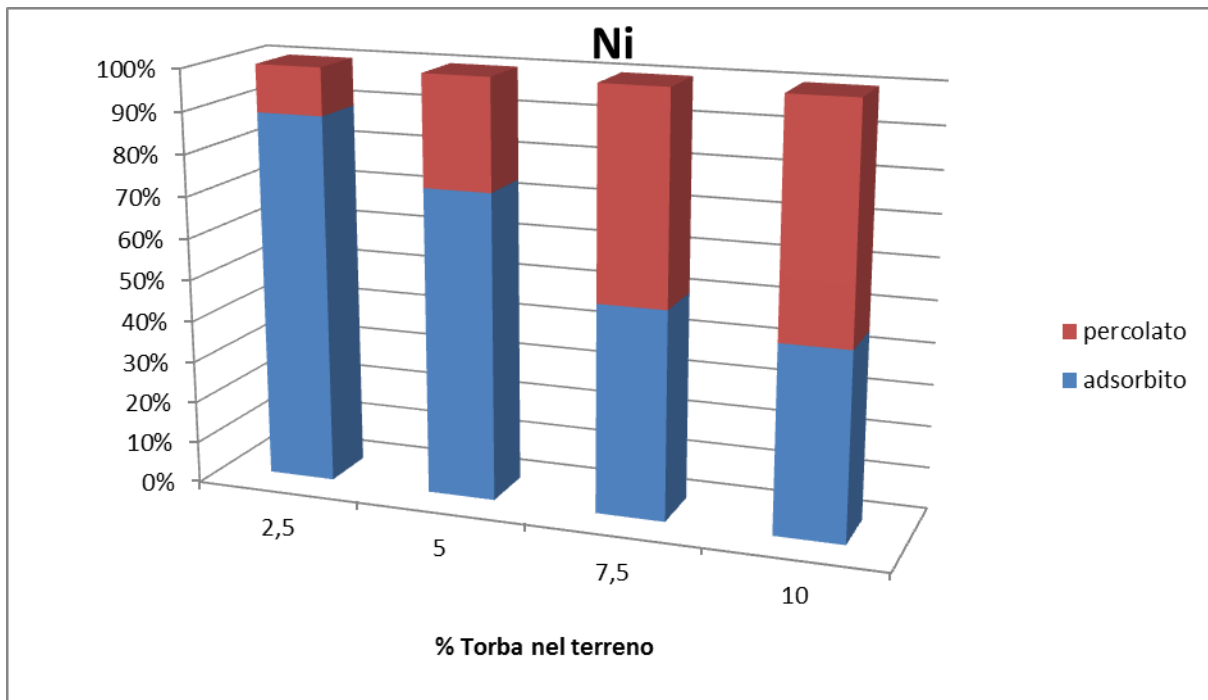
A conferma di quanto appena affermato, i seguenti diagrammi mostrano la percentuale di metallo adsorbito sul suolo rispetto al totale influente.



**Figura 5.** – Percentuale di Cadmio adsorbito.



**Figura 6.** – Percentuale di Rame adsorbito.



**Figura 7.** – Percentuale di Nichel adsorbito.

In tutti i casi studiati all'aumentare della torba diminuisce la percentuale di metallo adsorbito a conferma di quanto osservato nelle analisi dei suoli; questo implica che in suoli caratterizzati da elevati tenore di sostanza organica i metalli abbiano una mobilità maggiore.

A valle della sperimentazione svolta, è possibile affermare che all'aumentare della concentrazione di torba, aumenti la mobilità dei metalli all'interno del terreno. Questo concetto può essere spiegato prendendo in considerazione il fatto che i meccanismi di trasporto attraverso il suolo prevedano l'intervento di colloidali, sostanze che in soluzione possono passare da uno stato di dispersione ad uno di aggregazione per effetto di interazioni con altri composti e con le sostanze uniche, presenti nella torba, favorendo la formazione di tali aggregati.

Ulteriori risultati mostrano come i metalli si adsorbano sulla torba nei primi centimetri di suolo e si trovino legati alla frazione scambiabile. La frazione scambiabile rappresenta, in effetti, tutti gli elementi rapidamente disponibili adsorbiti sulle superfici cariche degli scambiatori, e quindi facilmente accessibili alle radici delle piante. Tale risultato porta a definire che il trasporto dei metalli attraverso un terreno e il loro adsorbimento sulla frazione scambiabile crei una situazione potenzialmente pericolosa. L'apporto in metalli può tradursi in modificazioni sulla composizione chimica dei vegetali che, causano alterazioni e bio-accumulo nei consumatori primari e secondari, provocando effetti dannosi per la salute. D'altro canto, elevate concentrazioni di sostanza organica

nei suoli sottoposti a irrigazione con acque da riutilizzo, possono portare ad una elevata mobilitazione degli inquinanti con conseguenti rischi per le acque sotterranee.

Ne consegue che la scelta di riutilizzare acque trattate deve essere in ogni caso sapientemente valutata, tendendo in considerazione non solo le concentrazioni dei microinquinanti, ma anche le caratteristiche intrinseche e idrogeologiche del suolo che si intende irrigare.