

UNIVERSITA' 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**  
(Classe delle Lauree in Ingegneria Civile ed Ambientale, Classe N.L-7)

Presentazione della Tesi di Laurea  
**"DEALOGENAZIONE RIDUTTIVA DI COMPOSTI  
ORGANOCLOPURATI"**

**Relatore**  
*Chiar.mo Prof. Francesco Pirozzi*

**Candidato**  
*Raffaele Di Nardo*  
**Matricola**  
*N49/208*

*Anno Accademico 2013/2014*



# Obiettivi del lavoro

- Analizzare la **diffusione**, in ambito industriale, dei composti organici del cloro
- Valutare lo stato di **contaminazione** ad opera di organoclorurati in Italia
- Effettuare una panoramica delle principali tecniche di **trattamento** per la depurazione di reflui liquidi e la bonifica di suoli e/o falde in presenza di contaminazione da organoclorurati

# Caratterizzazione chimico-fisica dei composti organoclorurati

*Gli organoclorurati (alogenuri) sono composti costituiti da molecole di idrocarburi, alogeno-sostituite, ciascuna contenente almeno un atomo di cloro*

## **Classificazione chimica:**

- **Alogenuri alchilici:** dicloroetano (DCA); tricloroetano (TCA); clorofluorocarburi (CFC); polivinilcloruro (PVC); triclorometano (CF); tricloroetene (TCE).
- **Alogenuri acilici:** cloruro di acetile.
- **Alogenuri arilici:** clorobenzene (CB), TCDD o "Diossina Seveso".

La **TCDD** è il composto organoclorurato a maggiore tossicità; indicato come sicuro cancerogeno.

La TCCD è una diossina, ove con il termine **diossine** si fa riferimento a 210 composti altamente tossici, simili per struttura e caratteristiche chimico-fisiche.

# Caratterizzazione dei composti organoclorurati

## *Tossicità*

### **DOSE**

*narcosi  
dermatiti  
epatopatie croniche  
edemi polmonari  
gravi lesioni epatiche e renali  
stati comatosi  
**Neoplasie***

## ***Principali caratteristiche***

- Elevato potere solvente/refrigerante
- Elevata volatilità
- Basso punto di ebollizione

*le caratteristiche chimico-fisiche, in generale, variano con il numero di atomi di Cl caratterizzanti il composto*

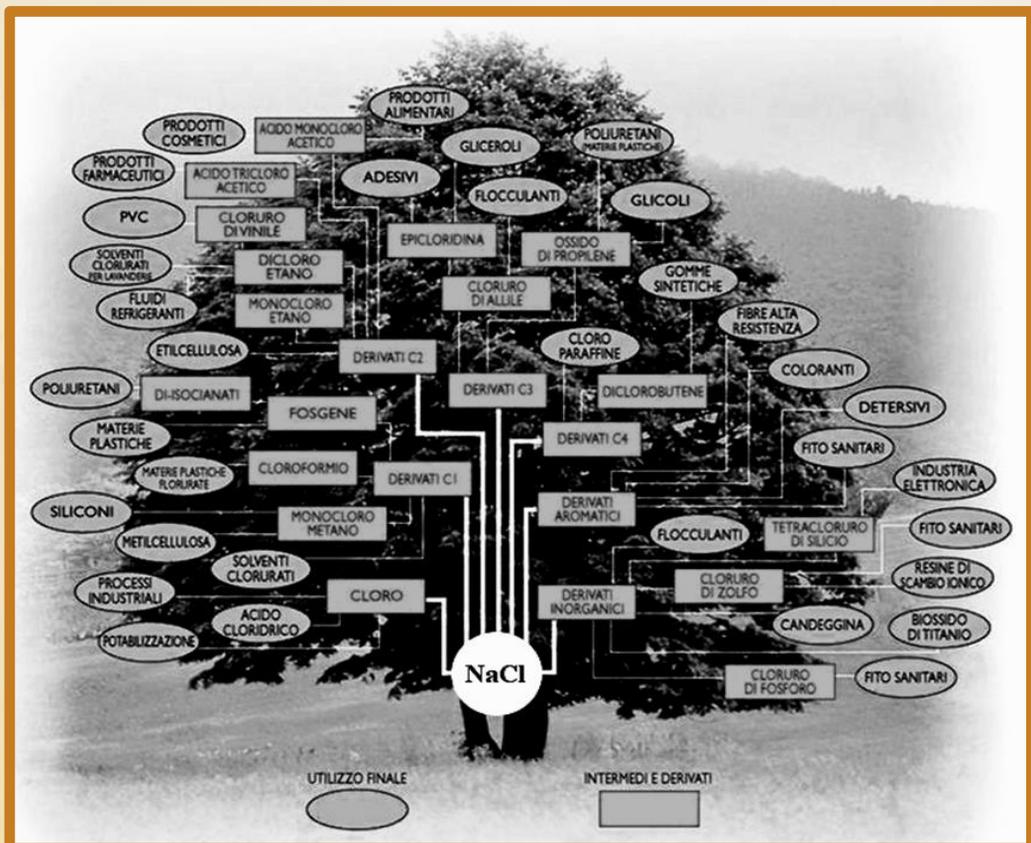


**Largo impiego in ambito industriale**

# Impiego del cloro in ambito industriale

## Principali processi

- *Sbiancamento carta*
- *Potabilizzazione/depurazione*



***La maggioranza dei processi industriali, che prevede l'impiego di cloro, porta alla formazione di sottoprodotti organoalogenici tossici***

# Contaminazione da organoclorurati in Italia

## SITI DI INTERESSE NAZIONALE-SIN

*"aree contaminate, particolarmente estese, classificate quali pericolose e pertanto bisognose di interventi di bonifica del suolo, del sottosuolo e/o delle acque superficiali e sotterranee onde evitare danni sanitario-ambientali"*

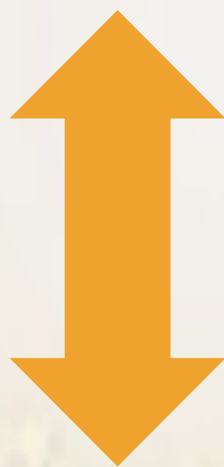
(D. lgs. 22/97 e D. lgs. 152/2006)



# Quadro Normativo Italiano

**D.lgs. n°152 del 03/04/2006**

***Testo unico in materia ambientale e  
sue modifiche e integrazioni***



Regolamenta la presenza di composti organo-clorurati, e degli inquinanti in genere, nei suoli e nelle acque nonché i valori limite accettabili per le concentrazioni negli scarichi

# Tecniche di bonifica 1

## Depurazione di reflui liquidi

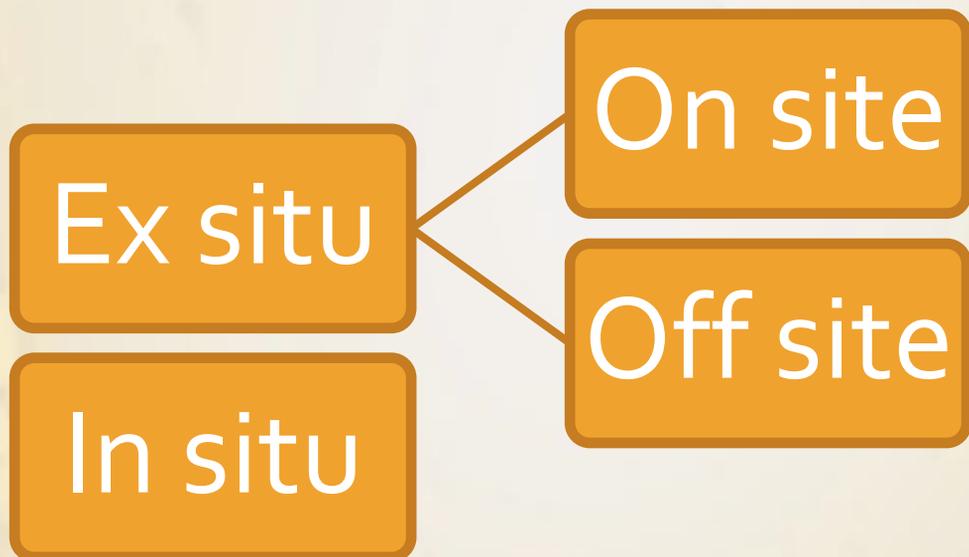
- *Aerazione o "stripping"*
- *Adsorbimento su carboni attivi*
- *Ossidazione biologica*

Composto	Concentrazione in ingresso [mg/l]	Trattamento indicato		
		Stripping [µg/l]	Biologico+ Stripping [µg/l]	Biologico+ Adsorb. [µg/l]
<i>Cloruro di metile</i>	180		510	
<i>1,2-dicloroetano</i>	258	3700		
<i>1,1,1-tricloroetano</i>	118	1600		
<i>1,1,2,2-tetracloroetano</i>	201	11000		
<i>1,2-dicloropropano</i>	182	1800		
<i>Tricloroetilene</i>	95		210	
<i>Cloroformio</i>	35		200	
<i>Tetracloruro di carbonio</i>	19		130	
<i>1,2-dicloroetilene</i>	29		278	
<i>Esacloroetano</i>	4			391

La scelta della tecnica varia in funzione del tipo di composto

# Tecniche di bonifica 2

Le principali tecniche di bonifica di suoli e/o falde sono così schematizzabili



## Principali classi di intervento

- *Separazione*
- *Trasformazione*
- *Immobilizzazione*

# Tecniche di bonifica 3

**Trattamento di suoli e/o falde  
contaminate da solventi  
organoalogenici**



## **Dealogenazione riduttiva**

*Tecnica biologica di degradazione  
anaerobica in situ*

***Economicità***

***Impatto ambientale quasi nullo***

***Solo per inquinanti degradabili***

***Tempi lunghi***

***Ridotte possibilità di controllo***

***Necessità di presenza d'acqua***

***Forte dipendenza dalle  
condizioni al contorno***

# Esperienza di un intervento di bonifica 1

## Principali problematiche del processo di dealogenazione riduttiva

- Tempi lunghi
- Forte dipendenza dalle condizioni al contorno
- Ridotte possibilità di controllo



## Possibile soluzione

Processo a 3 stadi a ricircolo continuo:

- Estrazione dell'acqua di falda da trattare
- Aggiunta di un substrato riducente (sostanze ad elevato COD ed in rapporto di 5 a 1 con le concentrazioni degli inquinanti da trattare)
- Iniezione dell'acqua additivata in falda

# Esperienza di un intervento di bonifica 1

## Obiettivi del test pilota

Valutare l'efficienza di un processo di Estrazione/dosaggio/iniezione a ricircolo continuo

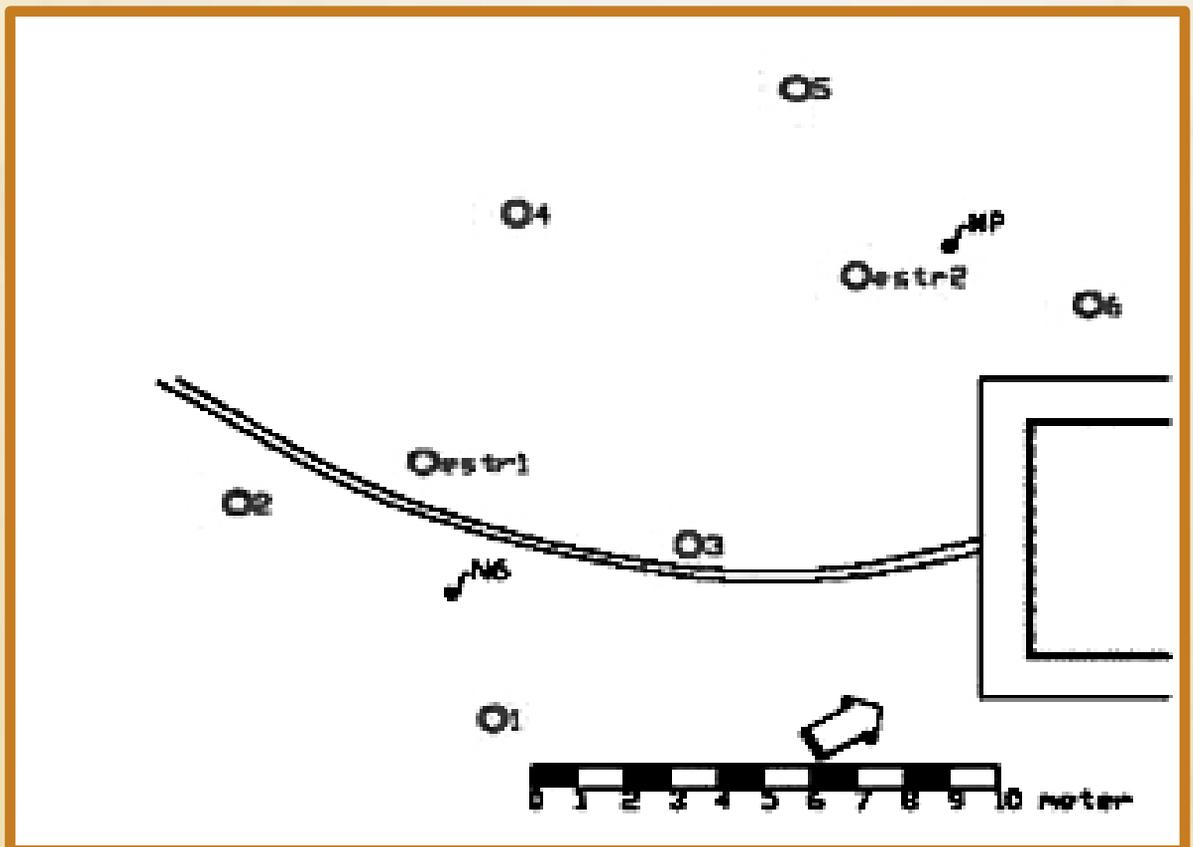
## Descrizione sito contaminato

Il test pilota è stato realizzato su di un'area caratterizzata da un'estesa e marcata contaminazione delle acque di falda, un acquifero profondo, ad opera di solventi clorurati

- *Tetracloroetilene* (PCE), concentrazione max. 27000 µg/l
- *Tricloroetilene* (TCE), concentrazione max. 54000 µg/l

# Esperienza di un intervento di bonifica 2

## Realizzazione del test pilota



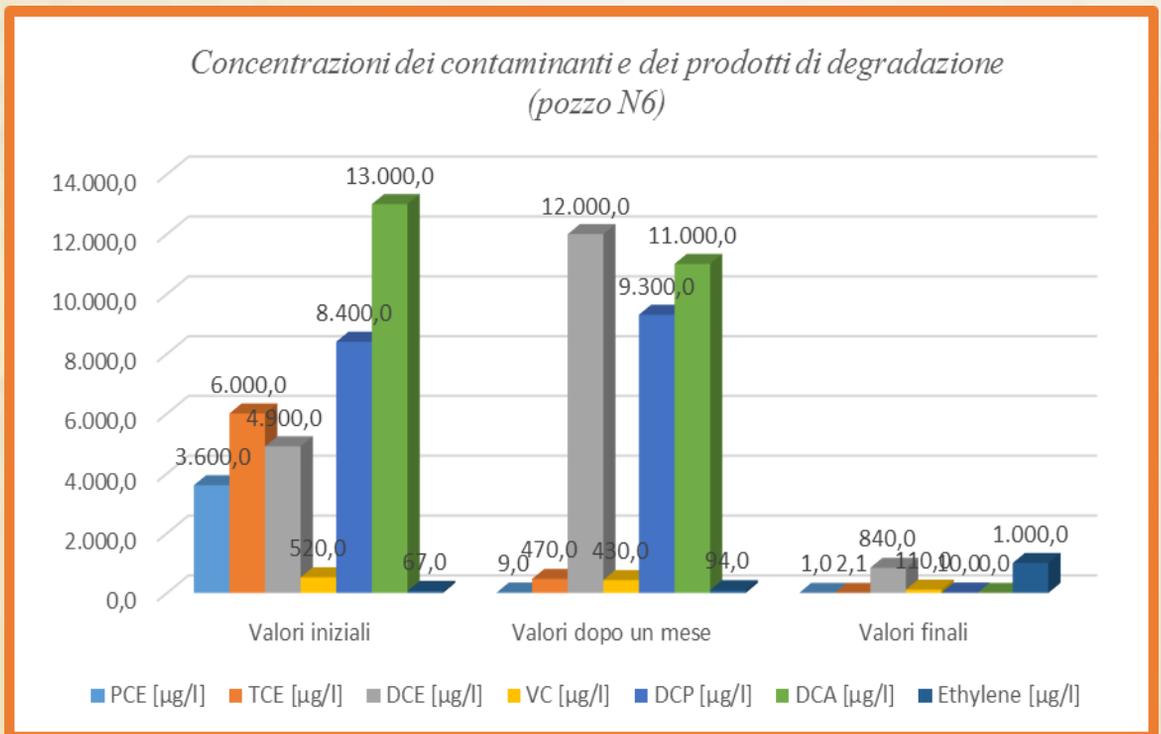
Sistema di pozzi di estrazione/iniezione

Impiego di un substrato riducente

Monitoraggio continuo

# Esperienza di un intervento di bonifica 3

## Risultati del test pilota



*La stimolazione della dechlorazione riduttiva rappresenta un'efficace tecnica per sopperire alle tipiche problematiche della degradazione anaerobica*

# Esperienza di un intervento di bonifica 4

## Conclusioni

*I risultati mostrano l'utilità e l'efficacia della stimolazione della dechlorazione riduttiva che viene così a costituire la tecnica più indicata per il trattamento di siti caratterizzati da uno stato di conclamata contaminazione da organoclorurati*

## Vantaggi

- ***Economicità***
- ***Impatto ambientale nullo***
- ***Possibilità di controllo del processo***
- ***Possibilità di monitoraggio continuo***
- ***Tempi ridotti***

