



Approccio ecologico per la valutazione della qualità di terre e rocce da scavo per un loro riutilizzo come sottoprodotto



Anna Barra Caracciolo

¹Istituto di Ricerca sulle Acque-Consiglio Nazionale delle Ricerche - (IRSA-CNR) – Montelibretti, (Roma)





In accordo con la legislazione italiana (DM 161/2012 e D.lgs. 120/2017), il materiale proveniente da scavi di gallerie può essere classificato come sottoprodotto se non vengono superati i limiti (D.Lgs. 152/2006) per i contaminanti organici ed inorganici (es. idrocarburi C>12, metalli pesanti).

- ✓ Nello scavo meccanizzato, con l'utilizzo delle TBM tipo EPB, è necessario l'utilizzo di **prodotti schiumogeni** che facilitino il funzionamento della macchina e l'escavabilità del materiale.
- ✓ Attualmente la maggior parte di questi prodotti contengono come componente principale i tensioattivi, ed in particolare il tensioattivo anionico sodio lauril etero solfato (SLES).
- ✓ L'assenza di limiti nel suolo per questi composti nella legislazione italiana (ma anche a livello europeo) non facilita una classificazione «idonea» dello smarino come **sottoprodotto** o come **rifiuto**.
- ✓ Tale problematica può essere superata attraverso un “**approccio ecologico sito-specifico**”

Approccio ecologico sito-specifico per la valutazione dell'eco-compatibilità delle terre e rocce da scavo



I principali aspetti che devono essere presi in considerazione sono:

- 1. caratteristiche ecotossicologiche intrinseche** di ogni prodotto commerciale: dipende dalle sostanze principali contenute e dalle loro quantità (%).
- 2. quantità delle sostanze** del prodotto commerciale che andranno nel **terreno**: essa dipende dalle **modalità** di utilizzo del prodotto (TR-treatment ratio, L/m³ terreno).
- 3. Biodegradabilità** delle sostanze che ne può fare diminuire la concentrazione nel sito di deposito temporaneo.
- Quantità di prodotto che ha le potenzialità di passare nella **fase acquosa** del terreno; dipende dal TR, ma soprattutto dalla **litologia** del terreno
- 5. Sito di destinazione** del materiale e possibili scenari di esposizione ambientale.



sottoprodotto



Sottoprodotto ?

Rifiuto ?



1. Caratteristiche ecotossicologiche dei prodotti commerciali

Concentrazioni di effetto (EC_{50} , EC_{20}): concentrazione di una sostanza che produce un effetto sul 50% (20%) degli organismi testati.

«maggiore EC_{50} → minore ecotossicità»

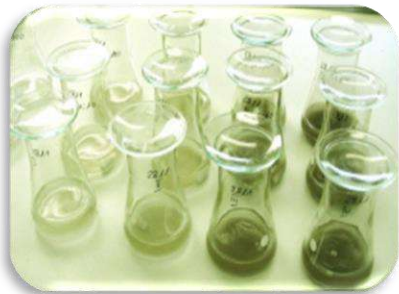
L'ecotossicità di un prodotto commerciale riflette quella dei suoi componenti.

Esempi di test ecotossicologici utilizzabili (sul prodotto tale e quale):

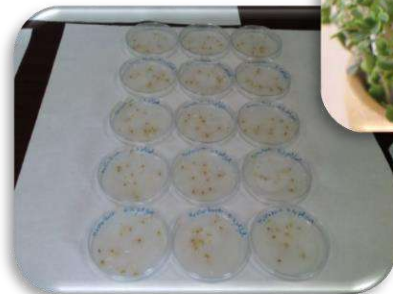
Saggio inibizione crescita algale

Pseudokirchneriella subcapitata (72 h)

OECD 201/2002



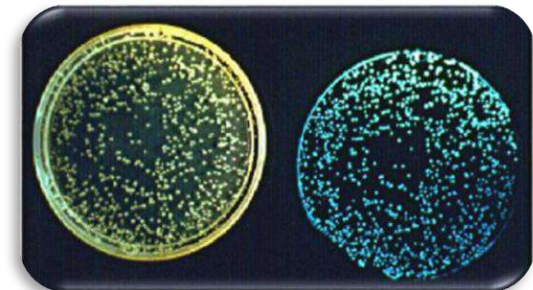
Lepidum sativum



Saggio tossicità acuta

Vibrio fischeri (30 min)

ISO 11348-3:2007



Saggio di fitotossicità: Test di germinazione (72 h)

Saggio di fitotossicità: Test di accrescimento (21 giorni)

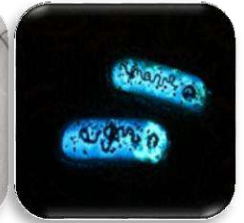
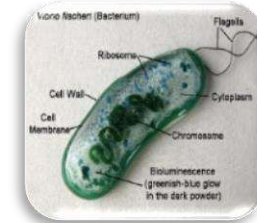
OECD 208/2003



1. Caratteristiche ecotossicologiche dei prodotti commerciali

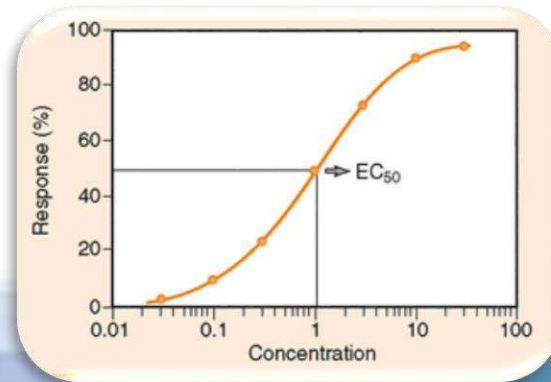
Test di tossicità acuta con *Vibrio fischeri*¹ su 4 agenti schiumogeni differenti

Prodotto commerciale	EC ₅₀ (mg/L) ± e.s. 30 min
Agente schiumogeno 1	6.96 ± 0.9
Agente schiumogeno 2	6.89 ± 0.9
Agente schiumogeno 3	17.86 ± 1.5
Agente schiumogeno 3 + Polimero	12.75 ± 0.0
Polimero	6.11 ± 0.9



Molte case produttrici di schiumogeni si sono sensibilizzate alla problematica ed oggi i prodotti commerciali sono più ecocompatibili, non contengono prodotti biocidi e i tensioattivi vengono estratti anche da materiale vegetale.


¹ Metodo: ISO 11348-3:2007



2. Quantità delle sostanze del prodotto nel terreno

- I parametri di scavo (treatment ratio, L/m³) sono specifici per ogni litologia da scavare, perciò **la quantità di prodotto** utilizzato sarà variabile. Tuttavia, non è il TR da solo che ci dice la quantità delle sostanze.
- Prodotti diversi possono contenere la stessa sostanza principale (es. il tensioattivo anionico sodio lauril eter solfato, SLES), ma in differenti concentrazioni e con differenti componenti minoritari (e per questa ragione possono mostrare anche una tossicità intrinseca differente).

Esempio di 4 prodotti commerciali contenenti SLES (% differenti)

		Conc. (C _f)	FER	FIR	TR L/m ³	SLES %	<i>Predictable Environmental Concentration (PEC) terreno</i>
Terreno	Prodotto 1	2.2 %	15	40 %	0.59	<30	35-80
	Prodotto 2	2.6 %	15	84 %	1.46	25-50	90-190
	Prodotto 3	2.0 %	9	80 %	1.77	10-30	160-200
	Prodotto 4	1.7 %	11	60 %	1.6	5-10	36-72



3. Biodegradabilità delle sostanze

**Le terre e rocce da scavo possono essere collocate
in un sito di deposito temporaneo**

Gli agenti chimici degli schiumogeni contenuti nelle terre possono degradare?

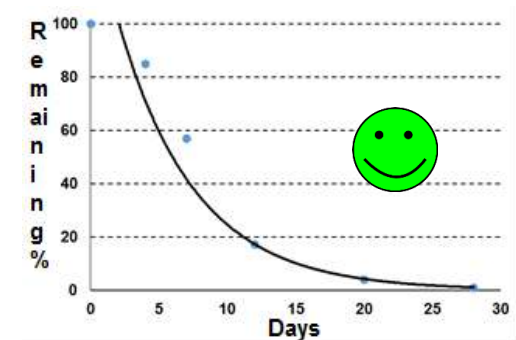
Questo fattore è molto importante per una valutazione ambientale realistica



Come possiamo valutare la persistenza di un agente schiumogeno in un sito specifico?



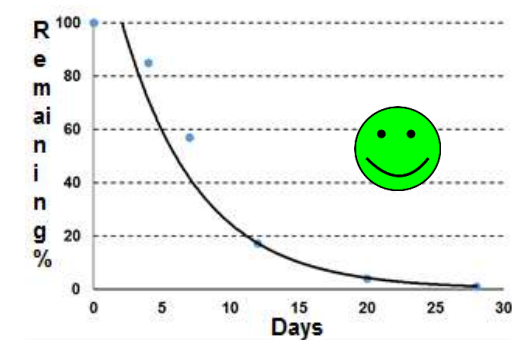
**BIODEGRADAZIONE =
bioattenuazione naturale**



**No persistence
No effects**



STUDI DI BIODEGRADAZIONE IN MESOCOSMI O MICROCOSMI



No persistence
No effects

- **Valutazione dei tassi di degradazione di un composto (che possono variare a seconda dell'attività microbica e delle caratteristiche del terreno)**
- **Valutazione della ecotossicità del terreno o dell'estratto acquoso da esso prodotto a diversi tempi di maturazione dello smarino.**

Rolando et al., 2020. Isolation and characterization in a soil conditioned with foaming agents of a bacterial consortium able to degrade sodium lauryl ether sulphate. *Frontiers in Microbiology* 11: 1452.

Barra Caracciolo et al. 2019. Assessment of biodegradation of the anionic surfactant sodium lauryl ether sulphate used in two foaming agents for mechanized tunnelling excavation. *Journal of Hazardous Materials* 365: 538-545.



4. Quantità di sostanza nella fase acquosa del terreno (elutriato)

La quantità di sostanza che si ritrova nella fase acquosa viene determinata attraverso l'analisi sito-specifica dello **SLES nell'elutriato**.

A tal fine si utilizza una procedura standard (UNI EN 12457-2:2004) di preparazione degli elutriati in un rapporto 1:10 con acqua distillata che simula una lisciviazione del tensioattivo dal suolo alle acque.

Diversi studi sito-specifici dei terreni scavati hanno dimostrato differenza nella capacità di adsorbimento e di degradazione del tensioattivo nei terreni con conseguenza sui risultati dei test ecotossicologici e del conseguente rischio per l'ambiente.

Prodotti (#)	Soil #	Concen. (mg/kg soil)	DT _{50soil} (days)	k _d soil/water
Cf1	#1	191	29	10.1
	#2	98	16	4.9
	#3	271	11	27.1
	#4	86	19	71.5
	#5	27	9	16.7
	#5	79	11	13.0
Cf2	#6	88	26	32.7
Cf3 + Cf1	#4	91	19	-
Cf6	#3	263	17	12.5
	#4	127	21	-
	#5	-	-	96
Cf9	#5	56	8.2	18.6
Cf11	#7	350	46	1.4
	#8	173	24	5.1

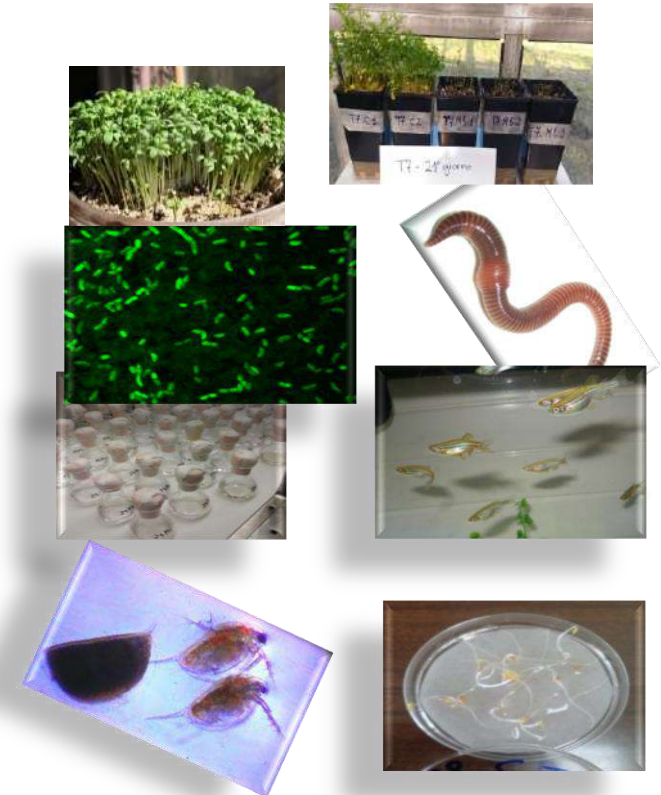
Finizio et al. 2020. Environmental risk assessment of the anionic surfactant sodium lauryl ether sulphate in site-specific conditions arising from mechanized tunnelling. *Journal of Hazardous Materials*: 383 (121116)

Caso di studio in mesocosmi

- Dopo la sottomissione del PUT (Piano Utilizzo Terre) al Min. Ambiente, erano state richieste alcune prescrizioni per l'approvazione definitiva, che richiedevano studi sperimentali nel sito di scavo.
- Sono stati effettuati esperimenti in mesocosmi utilizzando 2 differenti litologie rappresentative dello scavo trattate separatamente con 3 agenti schiumogeni da soli o con un polimero.

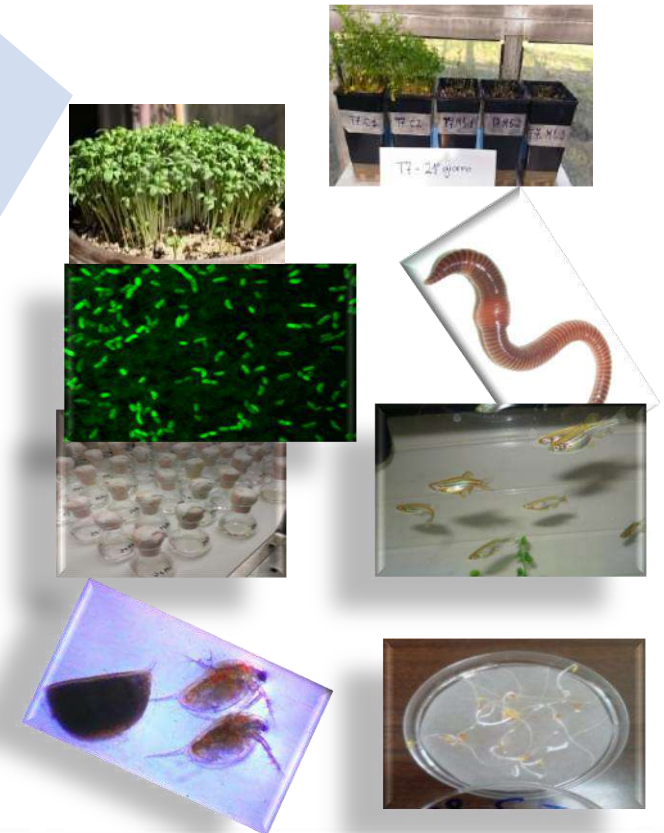
Batteria di test

- **La selezione dei test ecotossicologici del comparto acquatico o terrestre è stata fatta in base al sito finale di destinazione dello smarino come sottoprodotto, tenendo conto se il sito di destinazione è in contatto con suolo o con corpi idrici.**
- **I diversi test sono stati eseguiti a differenti tempi di maturazione del terreno (0, 7, 14, 21, 28 d) per valutare la degradazione dei composti.**



Ecotoxicological tests

Valutazione della compatibilità ambientale di terreni condizionati in studi di micro/mesocosmi simulando il deposito nel sito temporaneo nel sito di costruzione dello smarino



Test Ecotossicologici effettuati a differenti tempi (0, 7, 14, 21, 28 d) campionando il terreno dai mesocosmi allestiti nel sito di costruzione della galleria

Batteria di test per valutazioni ecotossicologiche



Comparto suolo

- Seedling Growth tests (*Lepidium sativum*, 21 days, OECD Guideline No. 208, 2006)
- Test Acuto (mortalità: 14 e 28 gg) e cronico (riproduzione: 56 gg) con il lombrico (*Eisenia foetida*) (OECD Guidelines No. 207, 1984 e n. 222, 2016)

Comparto acquatico utilizzando estratti acquosi (1:10), (UNI EN 14735: 2005)

- *Vibrio fischeri* ISO 11348–3:2007 Acute toxicity test
- *Lepidium sativum* seed germination and primary root growth, US EPA OPPTS 850.4200 guideline (1996)
- *Eisenia foetida* Acute Toxicity Tests OECD n. 207
- *Danio rerio*, Fish Embryo Acute Toxicity (FET, OECD 236, 2013)
- **Analisi chimiche** (metodo Methylene Blue Active Substances) per analizzare le conc. residue SLES terreno ed elutriati.
Estratti acquosi (1:10 w:v), (UNI EN 12457-2:2004)



Suolo condizionato

0 d

7 d

14 d

21 d

28 d



Estratti acquosi (elutriate)



L. sativum



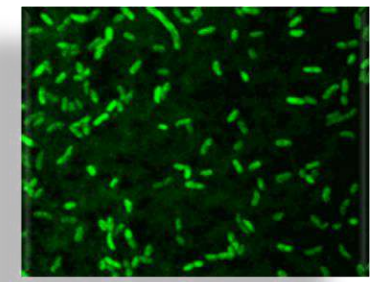
Nessun effetto significativo sul comparto terrestre



E. foetida



Nessun effetto già a 0 giorni



V. Fischeri and *D. rerio*: i più sensibili



Effetto a 0 giorni



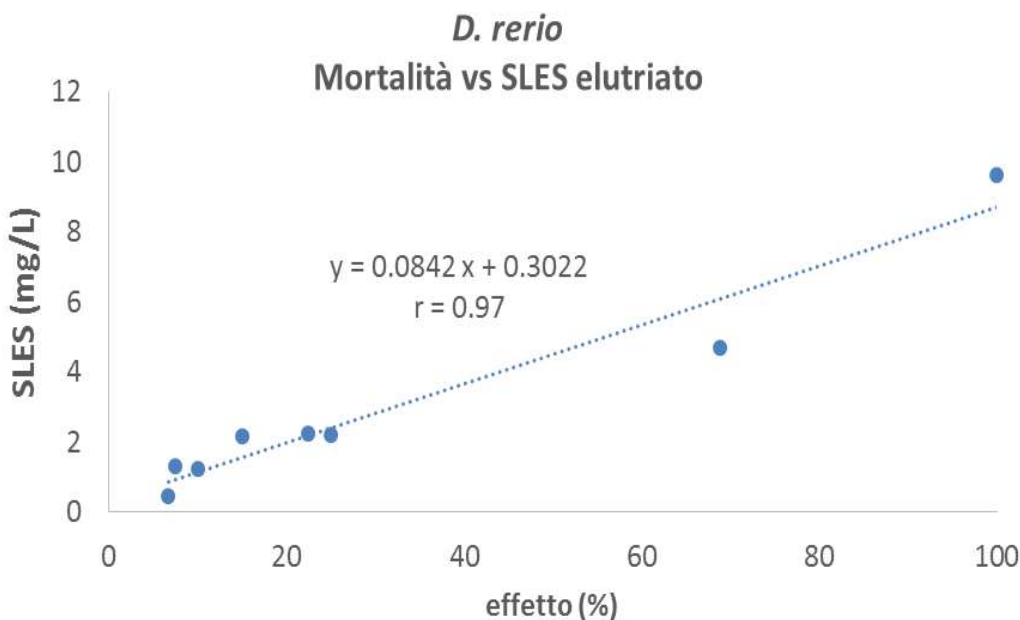
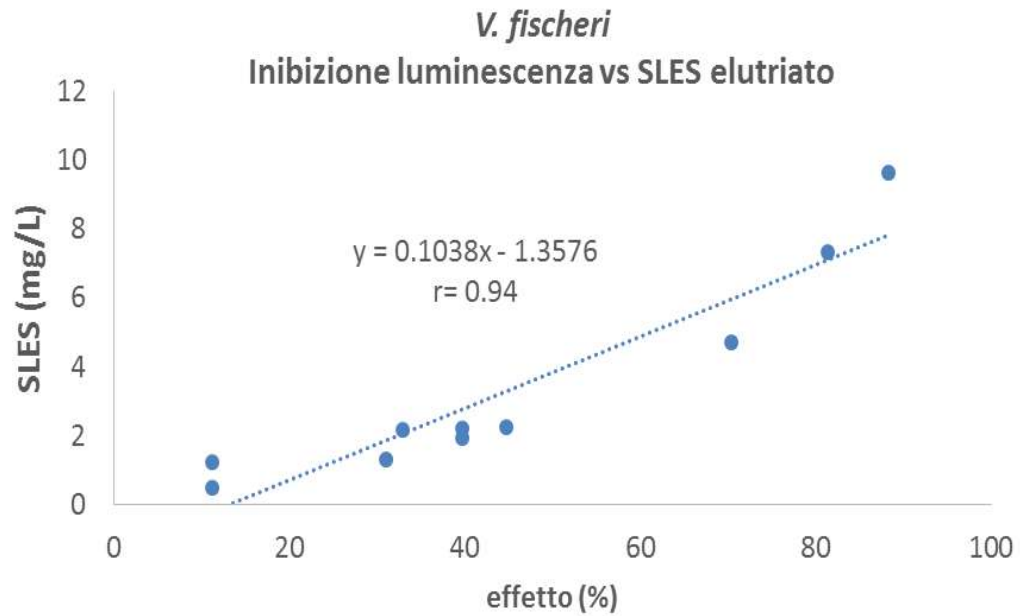
Nessun effetto dal 7 giorno



Effetto su organismi acquatici che varia in funzione prodotto, terreno analizzato e maturazione terreni nel sito di deposito

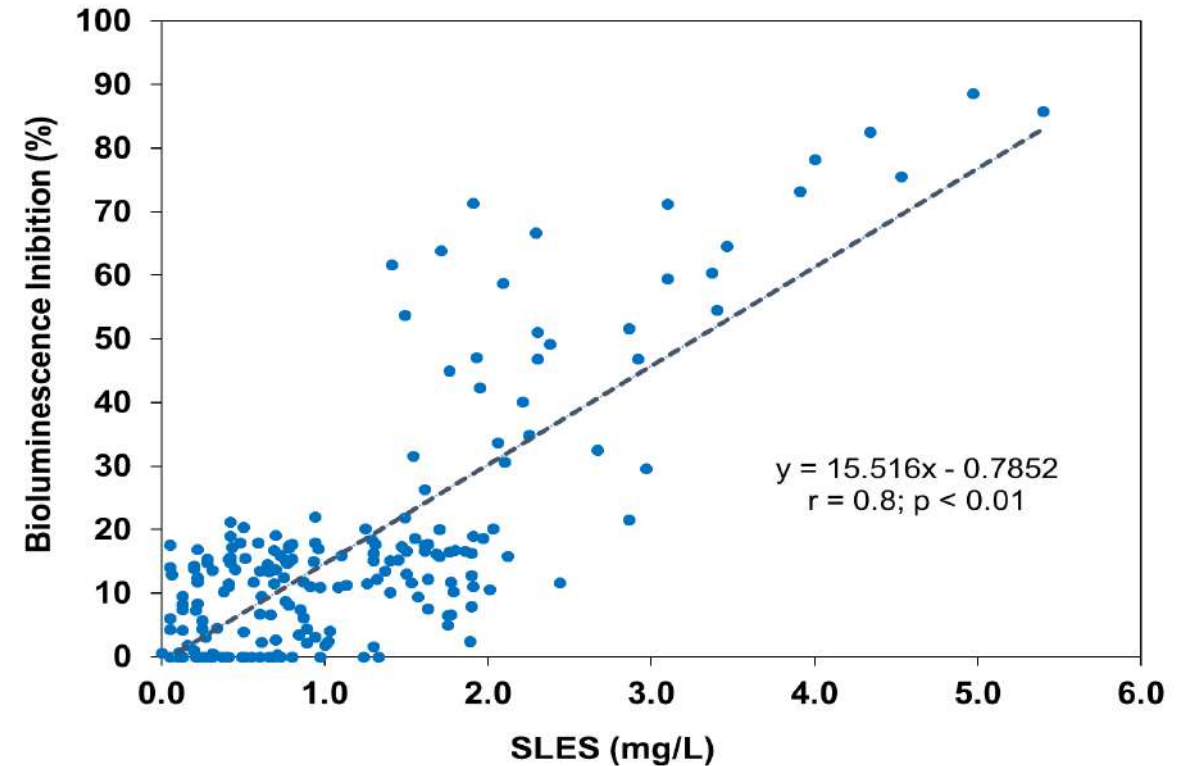
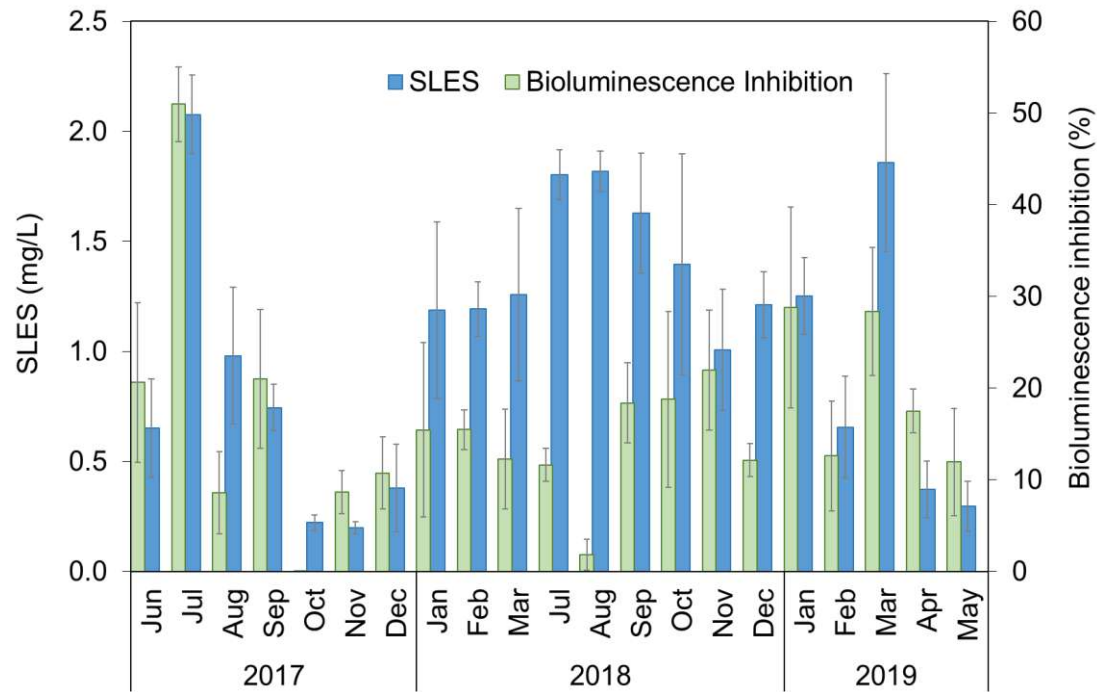
Correlazione effetti *V. fischeri* e *D. rerio* vs SLES

- Il batterio *V. fischeri* risultato il più sensibile alle concentrazioni residuali di SLES negli elutriate.
- Test selezionato per il monitoraggio dell'ecotossicità dello smarino nel «*protocollo per la valutazione della compatibilità ambientale delle terre e rocce da scavo da adottare in corso d'opera*».
- Il limite di tossicità (*non effetto*) è il 20% dell'inibizione della fluorescenza (APAT/IRSA-CNR 2003).
- Se dopo 8 giorni di maturazione il test da tossicità, viene ripetuto dopo altri 7 gg, mantenendo il terreno nelle aree di deposito temporanee.
- Viene anche monitorata la concentrazione dello SLES negli estratti acquosi, la concentrazione non deve essere >2 mg/L.



Protocollo in fase di scavo

Il test ecotossicologico con *V. fischeri* (< 20%) e l'analisi dello SLES (valore riferimento: 2 mg/L) nell'elutriato ha confermato i risultati ottenuti negli esperimenti in mesocosmi e ha permesso un conferimento sicuro delle terre scavate dal sito di deposito temporaneo a quello di destinazione.



“Il vantaggio del test ecotossicologico è la sua capacità di valutare tutti i possibili effetti negativi di sostanze chimiche non conosciute in una matrice ambientale, evidenziando qualsiasi utilizzo improprio dello schiumogeno o di altri prodotti presenti o di acque non idonee alla preparazione della schiuma”



Scenari di esposizione ambientale e concentrazione residuale sostanze

- La classificazione delle terre e rocce da scavo (rifiuto o sottoprodotto) deve essere effettuata in base ai possibili effetti che i terreni condizionati reali e rappresentativi dell'area di scavo hanno sul comparto **acquatico** o terrestre (studi sito-specifici e protocollo operativi)
- Gli effetti dipendono dalle concentrazioni residuali del composto principale del prodotto schiumogeno (es. SLES) riscontrate nei terreni, che sono influenzate da:
 - **caratteristiche litologiche e mineralogiche** dei suoli (che influenzano il rilascio delle sostanze chimiche nella fase acquosa)
 - dal **tempo di maturazione del terreno** nel sito temporaneo di deposito.
- La selezione del tipo di test ecotossicologico per il “*Protocollo operativo in fase di scavo*” dipende dalla sua sensibilità e ripetibilità nonché sull'utilizzo finale dello smarino come sottoprodotto, tenendo in particolare considerazione i possibili contatti con i corpi idrici.





Come utilizzare le conoscenze attuali..

- È fondamentale eseguire uno studio sperimentale sito-specifico completo ogni qualvolta si hanno prodotti commerciali con **nuovi formulati**
- Gli studi sito-specifici effettuati finora con prodotti schiumogeni contenenti SLES ci permettono di affermare che alle concentrazioni utilizzate per gli scavi il tensioattivo anionico non genera rischi per il comparto terrestre
- Rimane la possibilità che concentrazioni residuali di SLES possano essere ecotossiche per il comparto acquatico qualora dal terreno giungessero ai corpi idrici nel sito di destinazione
- Le concentrazioni residuali di SLES nell'elutriato variano in funzione del tipo di terreno
- Nel caso di prodotti schiumogeni contenuti SLES il test con il *V. fischeri* su elutriati del terreno è uno strumento cautelativo per definire la compatibilità ambientale delle terre e rocce da scavo (salvo che il sito di destinazione sia a diretto contatto con l'acqua).



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Hazardous Materials

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

Environmental risk assessment of the anionic surfactant sodium lauryl ether sulphate in site-specific conditions arising from mechanized tunnelling



A. Finizio^{a,b}, L. Patrolecco^{b,*}, P. Grenni^{b,1}, E. Galli^c, V.G. Muzzini^c, J. Raused^b, C. Rizzi^a, A. Barra Caracciolo^b

^a Department of Earth and Environmental Sciences, University of Milano Bicocca, Piazza della Scienza, 1, 20126, Milano, Italy

^b Water Research Institute (IRSA-CNR), Research Area of Rome 1, Strada Provinciale 35d n. 9, 00010, Montelibretti, Rome, Italy

^c Institute of Research on Terrestrial Ecosystems (IRET-CNR), Research Area of Rome 1, Strada Provinciale 35d n. 9, 00010, Montelibretti, Rome, Italy



Article

Mesocosm Experiments at a Tunnelling Construction Site for Assessing Re-Use of Spoil Material as a By-Product

Anna Barra Caracciolo¹, Paola Grenni^{1,*}, Livia Mariani¹, Jasmin Raused², Martina Di Lenola¹, Valerio Giorgio Muzzini³, Enrica Donati⁴, Ines Lacchetti⁵, Paola Margherita Bianca Gucci⁵, Antonio Finizio^{1,6}, Eleonora Beccaloni⁵ and Luisa Patrolecco²



Article

Environmental Fate and Effects of Foaming Agents Containing Sodium Lauryl Ether Sulphate in Soil Debris from Mechanized Tunneling

Luisa Patrolecco¹, Tanita Pescatore^{2,3,*}, Livia Mariani², Ludovica Rolando^{2,3}, Paola Grenni², Antonio Finizio⁴, Francesca Spataro¹, Jasmin Raused¹, Nicoletta Ademollo¹, Valerio Giorgio Muzzini⁵, Enrica Donati⁶, Ines Lacchetti⁷, Sara Padulosi⁸ and Anna Barra Caracciolo²



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Hazardous Materials

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

Assessment of biodegradation of the anionic surfactant sodium lauryl ether sulphate used in two foaming agents for mechanized tunnelling excavation



A. Barra Caracciolo^a, N. Ademollo^a, M. Cardoni^{a,*}, A. Di Giulio^b, P. Grenni^a, T. Pescatore^{a,c}

Ecotoxicology and Environmental Safety 148 (2018) 1067–1077



Contents lists available at ScienceDirect

Ecotoxicology and Environmental Safety

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

A bioassay battery for the ecotoxicity assessment of soils conditioned with two different commercial foaming products



P. Grenni^a, A. Barra Caracciolo^a, L. Patrolecco^a, N. Ademollo^a, J. Raused^{a,b}, M.L. Saccà^{a,1}, M. Mingazzini^c, M.T. Palumbo^c, E. Galli^d, V.G. Muzzini^d, C.M. Polcaro^e, E. Donati^e, I. Lacchetti^{f,4}, A. Di Giulio^g, P.M.B. Gucci^f, E. Beccaloni^f, G. Mininni^a

^a CNR Water Research Institute (IRSA-CNR), Research Area of Rome 1, Strada Provinciale 35d n. 9, 00010, Montelibretti, Rome, Italy

Author's personal copy

Ecotoxicology
<https://doi.org/10.1007/s10646-020-02202-7>

Toxic response of the bacterium *Vibrio fischeri* to sodium lauryl ether sulphate residues in excavated soils

L. Mariani¹ · P. Grenni¹ · Anna Barra Caracciolo¹ · E. Donati² · J. Raused³ · L. Rolando^{1,4} · L. Patrolecco³

Accepted: 21 March 2020
© Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature 2020



Gruppo di lavoro interdisciplinare CNR



IRSA-CNR

P. Grenni
L. Mariani
L. Rolando

ISP-CNR

L. Patrolecco
J. Rauseo
F. Spataro
N. Ademollo



In collaborazione con..

IRET-CNR

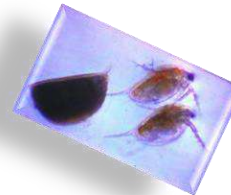


Università Bicocca



IMC-CNR

ISS



Grazie per la vostra attenzione!