



Società Italiana Gallerie
Italian Tunnelling Society



ASSOCIATION
INTERNATIONALE DES TUNNELIERS
ET DE L'ESPACE SOUTERRAIN

AITES

ITA

INTERNATIONAL TUNNELLING
AND UNDERGROUND SPACE
ASSOCIATION

Bologna 18 - 19 Ottobre 2018

***"Tunnelling 4.0: L'Innovazione digitale e l'applicazione di nuove tecnologie
nella progettazione e costruzione delle opere in sotterraneo"***

***IL CONDIZIONAMENTO DEL TERRENO PER LO SCAVO MECCANIZZATO DI
GALLERIE CON TBM: LA NUOVA LINEA DI AGENTI SCHIUMOGENI POLYFOAMER
ECO CON EFFETTI AMBIENTALI RIDOTTI NELLO SMARINO***

Relatore: Andrea Picchio (Mapei S.p.A.)

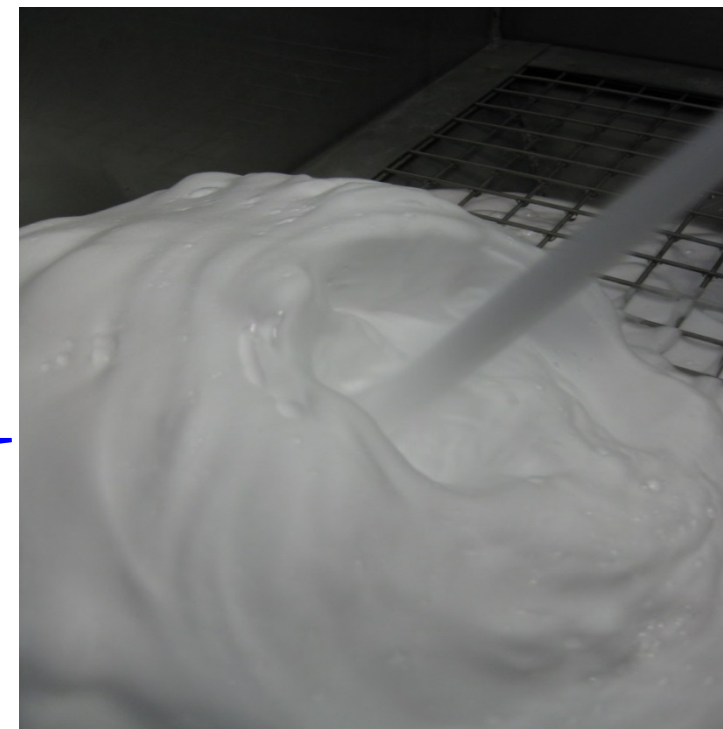
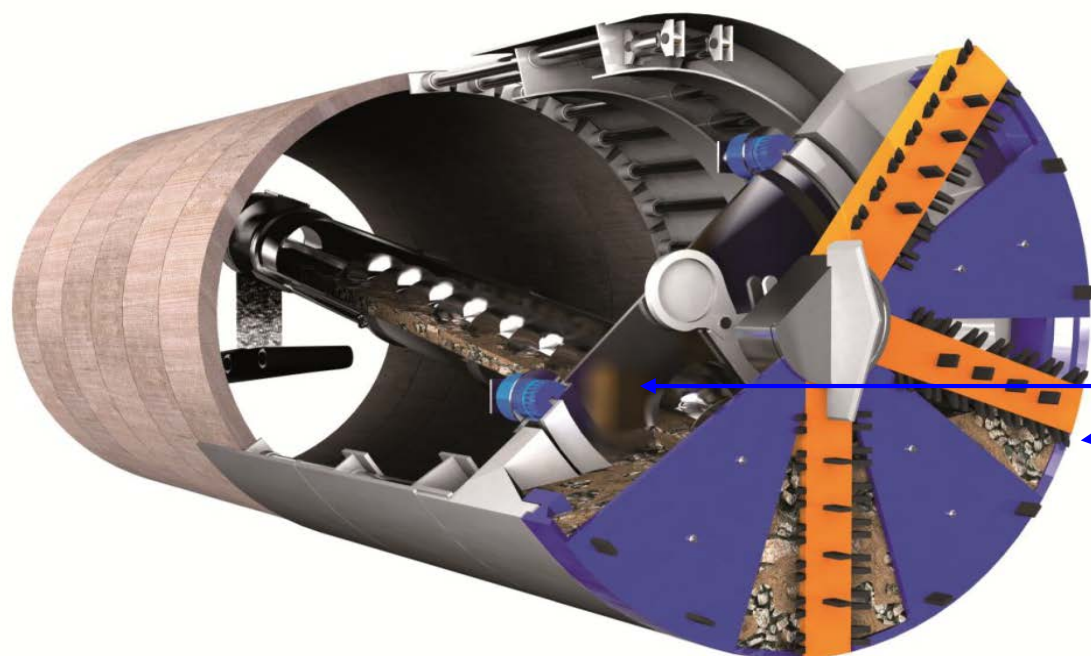


Introduzione



Alessandro Boscaro, Enrico Dal Negro (Mapei S.p.A.)

Il condizionamento del terreno per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM: la nuova linea di agenti schiumogeni polyfoamer eco con effetti ambientali ridotti nello smarino

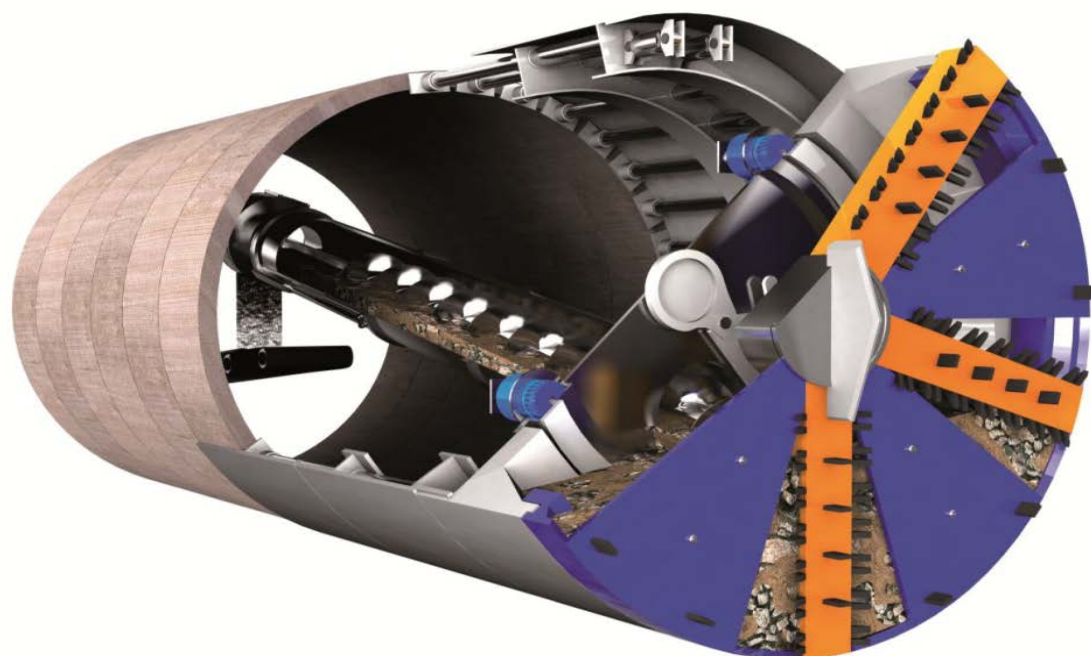


Condizionamento del terreno

Aggiunta di prodotti chimici (**schiumogeni e polimeri**) per migliorare le caratteristiche del terreno scavato e rendere lo scavo più performante e sicuro. Senza agenti condizionanti l'avanzamento della TBM non è possibile.

Alessandro Boscaro, Enrico Dal Negro (Mapei S.p.A.)

Il condizionamento del terreno per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM: la nuova linea di agenti schiumogeni polyfoamer eco con effetti ambientali ridotti nello smarino



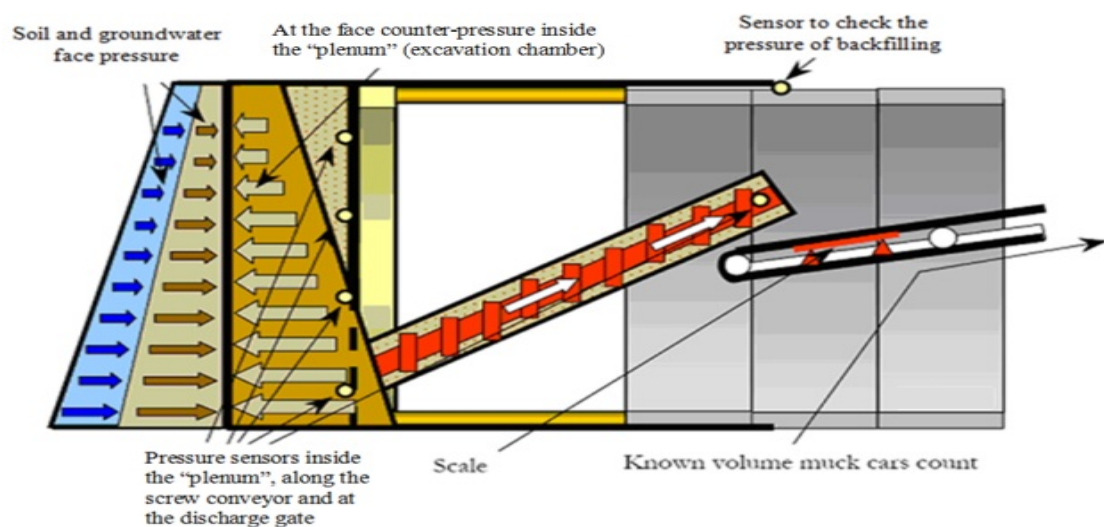
Condizionamento dei terreni
Aggiunta di prodotti chimici (schiumogeni e polimeri) per migliorare le caratteristiche del terreno scavato

Alessandro Boscaro, Enrico Dal Negro (Mapei S.p.A.)

Il condizionamento del terreno per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM: la nuova linea di agenti schiumogeni polyfoamer eco con effetti ambientali ridotti nello smarino

Principali funzioni del condizionamento dei terreni:

- Conferire al terreno scavato una consistenza adatta a **trasmettere la pressione di terra al fronte**

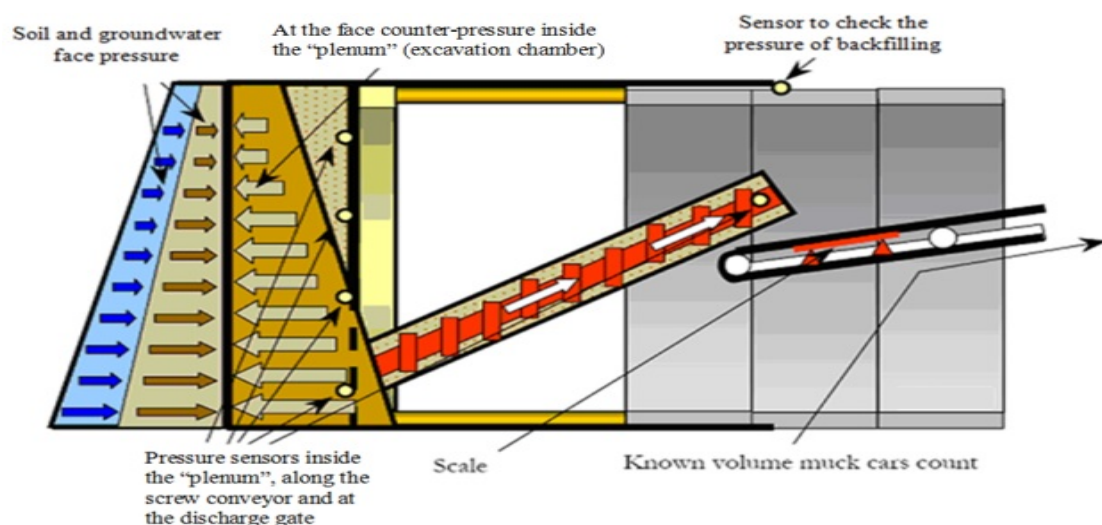


Alessandro Boscaro, Enrico Dal Negro (Mapei S.p.A.)

Il condizionamento del terreno per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM: la nuova linea di agenti schiumogeni polyfoamer eco con effetti ambientali ridotti nello smarino

Principali funzioni del condizionamento dei terreni:

- Conferire al terreno scavato una consistenza adatta a **trasmettere la pressione di terra al fronte**



Alessandro Boscaro, Enrico Dal Negro (Mapei S.p.A.)

Il condizionamento del terreno per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM: la nuova linea di agenti schiumogeni polyfoamer eco con effetti ambientali ridotti nello smarino

Principali funzioni del condizionamento dei terreni:

- Conferire al terreno scavato una consistenza adatta a fluire ed evitare eccessiva appiccicosità di terreni coesivi.



Alessandro Boscaro, Enrico Dal Negro (Mapei S.p.A.)

Il condizionamento del terreno per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM: la nuova linea di agenti schiumogeni polyfoamer eco con effetti ambientali ridotti nello smarino

Principali funzioni del condizionamento dei terreni:

- **Minimizzare l'usura** della testa e degli utensili, nella camera di scavo e della coclea.



Alessandro Boscaro, Enrico Dal Negro (Mapei S.p.A.)

Il condizionamento del terreno per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM: la nuova linea di agenti schiumogeni polyfoamer eco con effetti ambientali ridotti nello smarino



≈ 10 m



≈ 80 m³/m di scavo

GRANDI QUANTITATIVI DI TERRENO E ADDITIVI DA METTERE A DIMORA!!!

**Consumo medio di agenti condizionanti = 1.0 kg per metro cubo di terreno.
10 km di tunnel = circa 800,000 m³ di terreno e 800 ton di additivi.**



- ❖ **COME TRATTARE LO SMARINO? È UN RIFIUTO O PUÒ ESSERE RIUTILIZZATO PER RIEMPIMENTI?**
- ❖ **QUAL'È L'IMPATTO DEGLI AGENTI CONDIZIONANTI?**
- ❖ **I TENSIOATTIVI RIMANGONO NEL TERRENO? PER QUANTO TEMPO? SONO SOSTANZE PERICOLOSE?**

La corretta gestione dello smarino di TBM tipo EPB influenza significativamente il costo totale del progetto! €€€€

SMARINO = RIFIUTO = COSTI ELEVATI PER IL PROGETTO
SMARINO = RIUTILIZZO = ENORMI BENEFICI



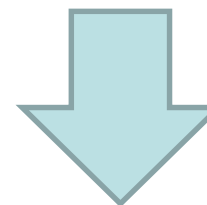
PARAMETRI		U. M.	LIMITI ¹	Ri
Nitrati	NO3-	mg/l	50	
Fluoruri	F-	mg/l	1,5	
Solfati	SO4--	mg/l	250	
Cloruri	Cl-	mg/l	100	
Cianuri	CN-	µg/l	50	
Bario	Ba	mg/l	1	
Rame	Cu	mg/l	0,05	
Zinco	Zn	mg/l	3	
Berillio	Be	µg/l	10	
Cobalto	Co	µg/l	250	
Nichel	Ni	µg/l	10	
Vanadio	V	µg/l	250	
Arsenico	As	µg/l	50	
Cadmio	Cd	µg/l	5	
Cromo totale	Cr	µg/l	50	
Piombo	Pb	µg/l	50	
Selenio	Se	µg/l	10	
Mercurio	Hg	µg/l	1	
Amianto	-	mg/l	30	
COD	-	mg/l	30	
pH	-	UpH	5,5 ≤ ≥ 12,0	
Conducibilità	-	microS/cm	-	

PROBLEMI:

I principali additivi utilizzati per il condizionamento del terreno sono gli agenti schiumogeni.

I principali componenti degli agenti schiumogeni sono i surfattanti (SLES).

I surfattanti non sono compresi nella tabella (European Guideline 2008/98/CE) con il limite corrispondente.



Non vi è un limite fissato per legge circa la presenza di surfattanti nel terreno!!

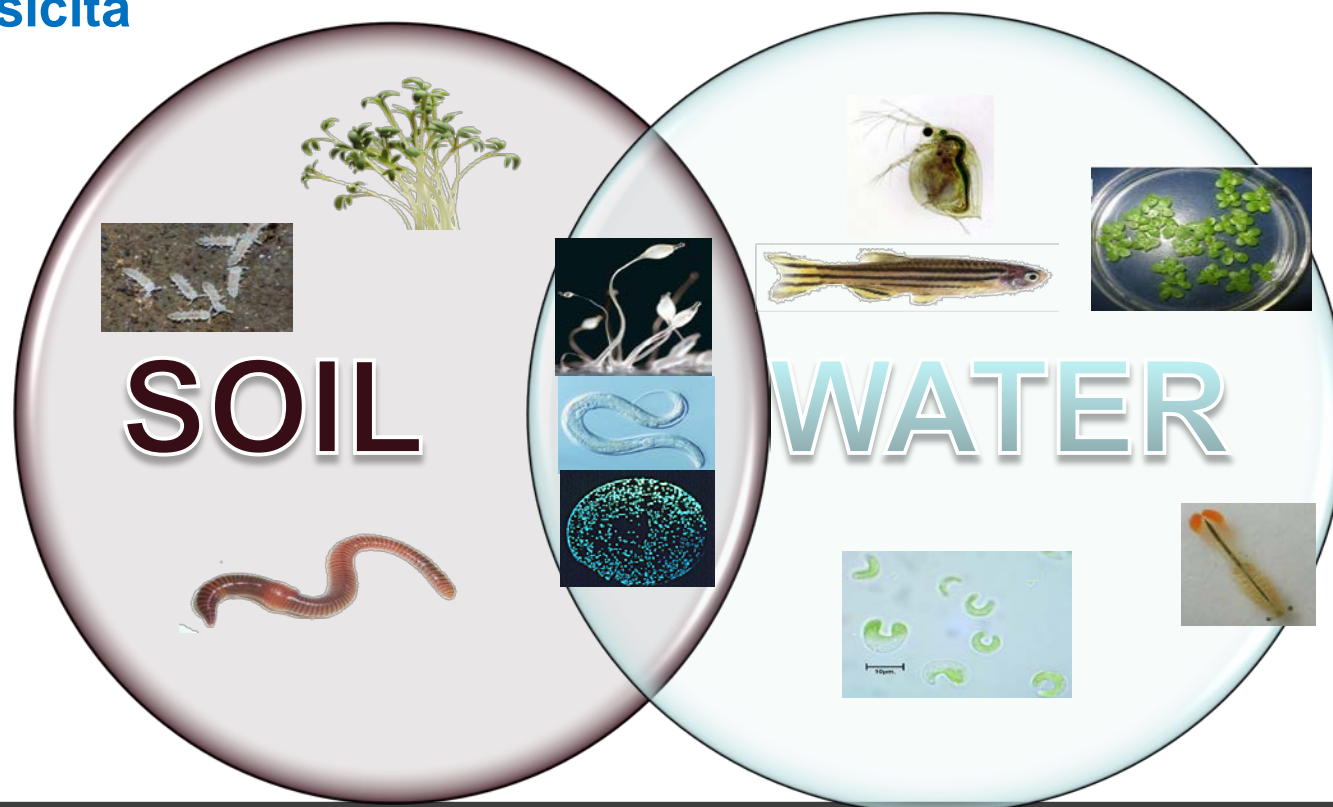
Alessandro Boscaro, Enrico Dal Negro (Mapei S.p.A.)

Il condizionamento del terreno per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM: la nuova linea di agenti schiumogeni polyfoamer eco con effetti ambientali ridotti nello smarino

TEMATICHE AMBIENTALI LEGATE ALLO SMARINO DI TBM EPB:

L'APPROCCIO ITALIANO

- Analisi del prodotto puro** (= agente schiumogeno): valutazione di biodegradabilità e tossicità



Alessandro Boscaro, Enrico Dal Negro (Mapei S.p.A.)

Il condizionamento del terreno per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM: la nuova linea di agenti schiumogeni polyfoamer eco con effetti ambientali ridotti nello smarino

L'APPROCCIO ITALIANO:

1. **Analisi del prodotto puro** (= agente schiumogeno): valutazione di biodegradabilità e tossicità
2. **Prove tecniche** svolte per definire il corretto dosaggio di prodotti per il condizionamento



Alessandro Boscaro, Enrico Dal Negro (Mapei S.p.A.)

Il condizionamento del terreno per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM: la nuova linea di agenti schiumogeni polyfoamer eco con effetti ambientali ridotti nello smarino

L'APPROCCIO ITALIANO:

1. **Analisi del prodotto puro** (= agente schiumogeno): valutazione di biodegradabilità e tossicità
2. **Prove tecniche** svolte per definire il corretto dosaggio di prodotti per il condizionamento



Alessandro Boscaro, Enrico Dal Negro (Mapei S.p.A.)

Il condizionamento del terreno per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM: la nuova linea di agenti schiumogeni polyfoamer eco con effetti ambientali ridotti nello smarino

L'APPROCCIO ITALIANO:

1. **Analisi del prodotto puro** (= agente schiumogeno): valutazione di biodegradabilità e tossicità
2. **Prove tecniche** svolte per definire il corretto dosaggio di prodotti per il condizionamento



Alessandro Boscaro, Enrico Dal Negro (Mapei S.p.A.)

Il condizionamento del terreno per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM: la nuova linea di agenti schiumogeni polyfoamer eco con effetti ambientali ridotti nello smarino

L'APPROCCIO ITALIANO:

1. **Analisi del prodotto puro** (= agente schiumogeno): valutazione di biodegradabilità e tossicità
2. **Prove tecniche** svolte per definire il corretto dosaggio di prodotti per il condizionamento



Alessandro Boscaro, Enrico Dal Negro (Mapei S.p.A.)

Il condizionamento del terreno per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM: la nuova linea di agenti schiumogeni polyfoamer eco con effetti ambientali ridotti nello smarino

L'APPROCCIO ITALIANO:

1. **Analisi del prodotto puro** (= agente schiumogeno): valutazione di biodegradabilità e tossicità
2. **Prove tecniche** svolte per definire il corretto dosaggio di prodotti per il condizionamento



Alessandro Boscaro, Enrico Dal Negro (Mapei S.p.A.)

Il condizionamento del terreno per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM: la nuova linea di agenti schiumogeni polyfoamer eco con effetti ambientali ridotti nello smarino

L'APPROCCIO ITALIANO:

1. **Analisi del prodotto puro** (= agente schiumogeno): valutazione di biodegradabilità e tossicità
2. **Prove tecniche** svolte per definire il corretto dosaggio di prodotti per il condizionamento
3. **Prove di tossicità del terreno condizionato** (= terreno + agente schiumogeno)



Alessandro Boscaro, Enrico Dal Negro (Mapei S.p.A.)

Il condizionamento del terreno per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM: la nuova linea di agenti schiumogeni polyfoamer eco con effetti ambientali ridotti nello smarino



L'APPROCCIO ITALIANO:

1. **Analisi del prodotto puro** (= agente schiumogeno): valutazione di biodegradabilità e tossicità
2. **Prove tecniche** svolte per definire il corretto dosaggio di prodotti per il condizionamento
3. **Prove di tossicità del terreno condizionato** (= terreno + agente schiumogeno)
4. **Ripetizione delle prove di tossicità nel tempo** (a 3 giorni, 7 giorni, ecc.) fino al ristabilirsi delle caratteristiche di tossicità del terreno tal quale (al termine della degradazione dell'agente schiumogeno)

Solo in queste condizioni, lo smarino può NON essere trattato come RIFIUTO

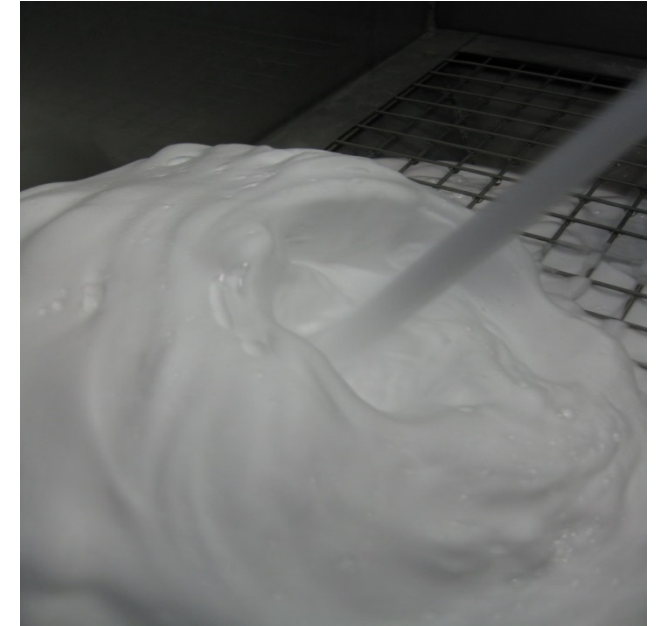


Alessandro Boscaro, Enrico Dal Negro (Mapei S.p.A.)

Il condizionamento del terreno per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM: la nuova linea di agenti schiumogeni polyfoamer eco con effetti ambientali ridotti nello smarino

COMPOSIZIONE DEGLI AGENTI SCHIUMOGENI

- **Surfattante**: componente principale degli agenti schiumogeni. Sono disponibili diverse tipologie: cationici, anionici, non ionici, ecc.
- **Polimeri**: migliorano le caratteristiche tecniche della schiuma. Possono essere sintetici o naturali (poliacrilamide, glicoli, ecc.).
- **Solventi**: comunemente utilizzati per ridurre la viscosità degli agenti schiumogeni.



Ciascun ingrediente influenza le caratteristiche prestazionali e chimiche della schiuma:

- **Prestazionali: consumi bassi**
- **Ambientali: bassa tossicità e rapida degradazione**

Sviluppo di nuovi agenti schiumogeni con migliori caratteristiche ambientali mediante attività di ricerca e sviluppo:

1. Uso di nuovi surfattanti con rapida degradabilità e bassa tossicità

2. Uso di polimeri naturali di origine vegetale

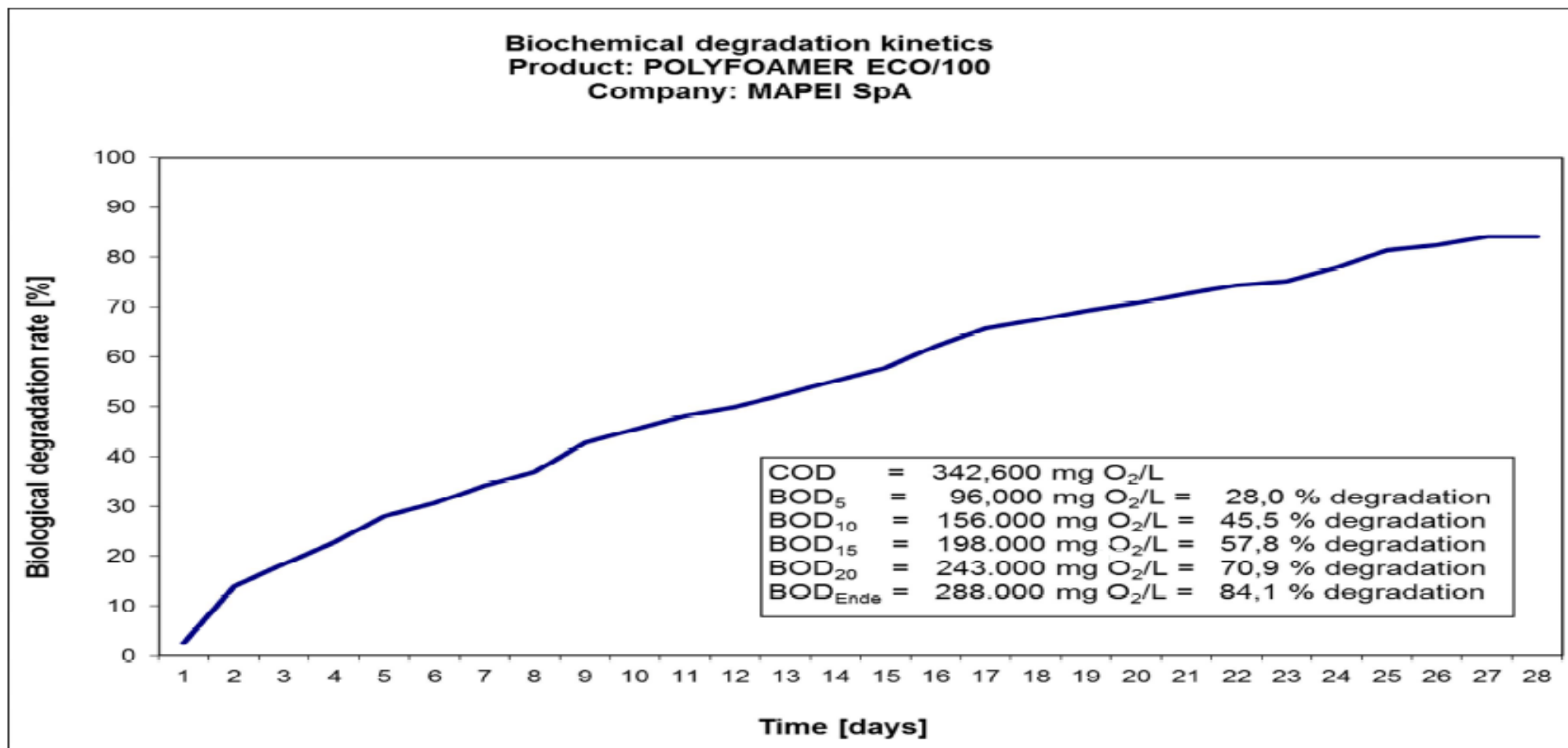
3. Assenza di glicoli, alcoli e altri ingredienti comunemente utilizzati in agenti schiumogeni “tradizionali”

Risultato: la nuova linea **POLYFOAMER ECO**



Alessandro Boscaro, Enrico Dal Negro (Mapei S.p.A.)

Il condizionamento del terreno per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM: la nuova linea di agenti schiumogeni polyfoamer eco con effetti ambientali ridotti nello smarino

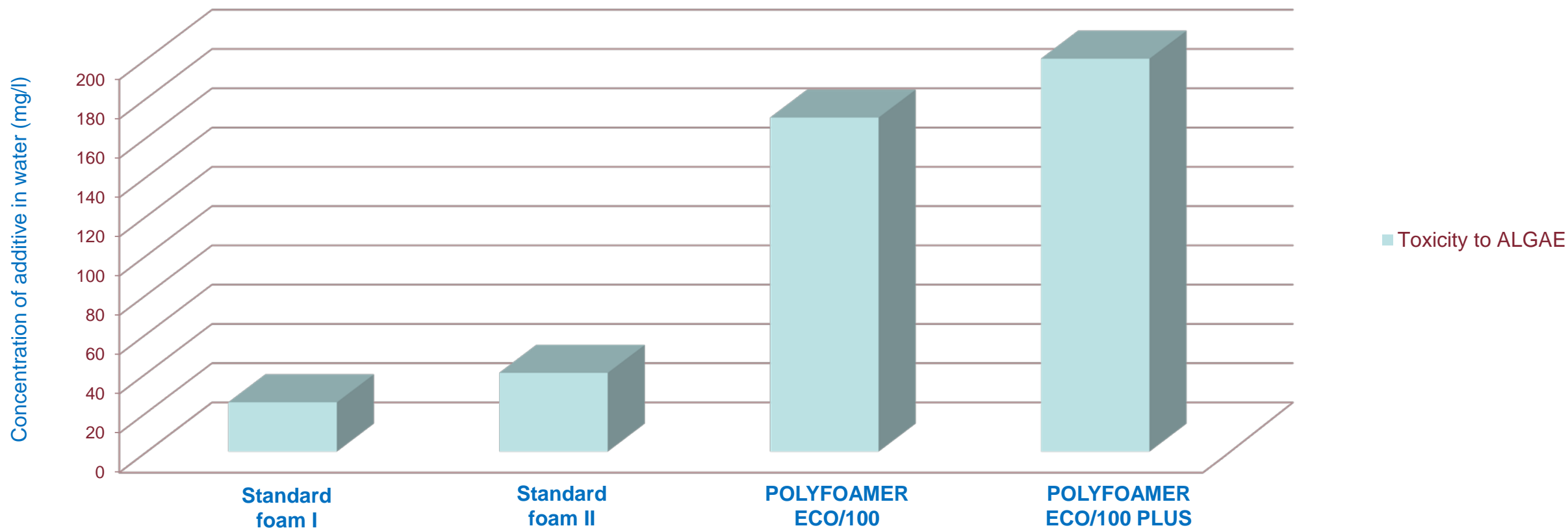


Alessandro Boscaro, Enrico Dal Negro (Mapei S.p.A.)

Il condizionamento del terreno per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM: la nuova linea di agenti schiumogeni polyfoamer eco con effetti ambientali ridotti nello smarino



Tossicità su ALGAE IC50 (OECD 201)



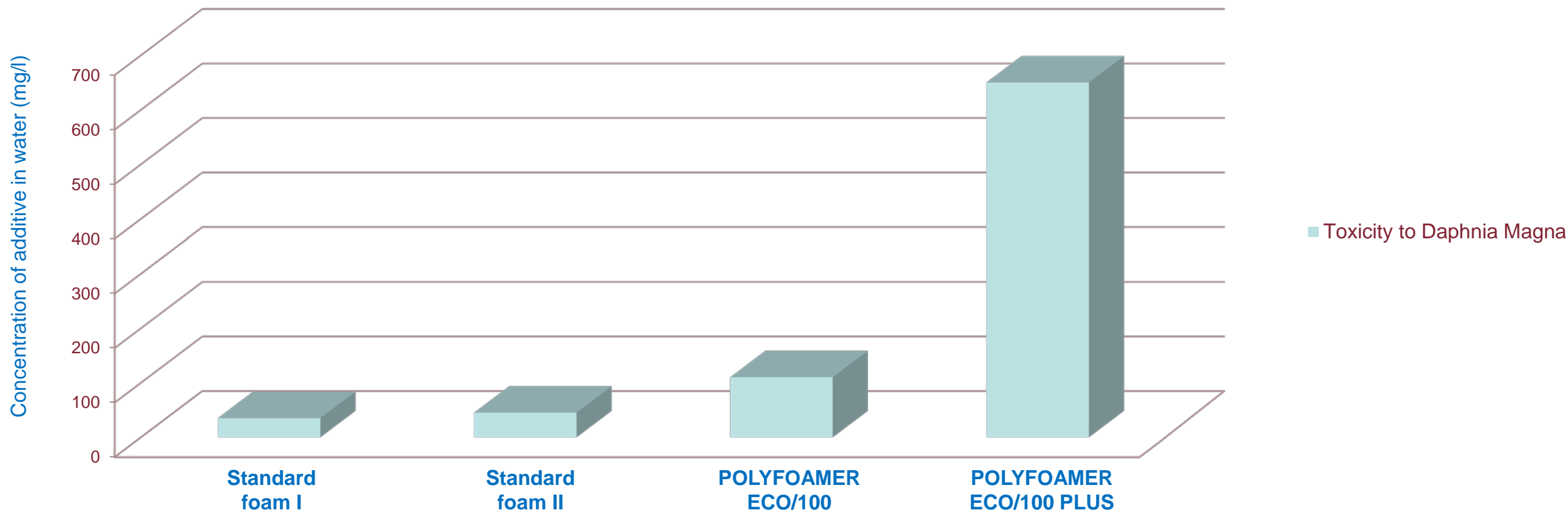
POLYFOAMER ECO/100 e POLYFOAMER ECO/100 PLUS sono 8-10 volte meno tossiche sull'organismo algae rispetto agli agenti schiumogeni tradizionali

Alessandro Boscaro, Enrico Dal Negro (Mapei S.p.A.)

Il condizionamento del terreno per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM: la nuova linea di agenti schiumogeni polyfoamer eco con effetti ambientali ridotti nello smarino



Tossicità su Daphnia Magna EC50 (OECD 202)



POLYFOAMER ECO/100 è 3-4 volte meno tossico degli agenti schiumogeni tradizionali.

POLYFOAMER ECO/100 PLUS è 6 volte meno tossico di POLYFOAMER ECO/100!

Alessandro Boscaro, Enrico Dal Negro (Mapei S.p.A.)

Il condizionamento del terreno per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM: la nuova linea di agenti schiumogeni polyfoamer eco con effetti ambientali ridotti nello smarino



	Terreno tal quale	terreno + Schiuma standard	Terreno + Polyfoamer ECO/100	Terreno + Polyfoamer ECO/100 PLUS
Time 0	> 95%	15%		
Time 7 days	> 95%	40%		
Time 14 days	> 95%	85%		

Percentuale di pesci sopravvissuti dopo le prove di tossicità sul terreno tal quale e sul terreno condizionato con differenti agenti schiumogeni (OECD 203)

Alessandro Boscaro, Enrico Dal Negro (Mapei S.p.A.)

Il condizionamento del terreno per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM: la nuova linea di agenti schiumogeni polyfoamer eco con effetti ambientali ridotti nello smarino



	Terreno tal quale	terreno + Schiuma standard	Terreno + Polyfoamer ECO/100	Terreno + Polyfoamer ECO/100 PLUS
Time 0	> 95%	15%	20%	
Time 7 days	> 95%	40%	85%	
Time 14 days	> 95%	85%	95%	

Percentuale di pesci sopravvissuti dopo le prove di tossicità sul terreno tal quale e sul terreno condizionato con differenti agenti schiumogeni (OECD 203)

Alessandro Boscaro, Enrico Dal Negro (Mapei S.p.A.)

Il condizionamento del terreno per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM: la nuova linea di agenti schiumogeni polyfoamer eco con effetti ambientali ridotti nello smarino



	Terreno tal quale	terreno + Schiuma standard	Terreno + Polyfoamer ECO/100	Terreno + Polyfoamer ECO/100 PLUS
Time 0	> 95%	15%	20%	85%
Time 7 days	> 95%	40%	85%	95%
Time 14 days	> 95%	85%	95%	> 95%

Percentuale di pesci sopravvissuti dopo le prove di tossicità sul terreno tal quale e sul terreno condizionato con differenti agenti schiumogeni (OECD 203)

Alessandro Boscaro, Enrico Dal Negro (Mapei S.p.A.)

Il condizionamento del terreno per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM: la nuova linea di agenti schiumogeni polyfoamer eco con effetti ambientali ridotti nello smarino

MAGGIORI REFERENZE

Santa Lucia Highway tunnel – Italy.

- 1 x EPB TBM Herrenknecht - diametro 15.965 m;
- MAPEI Polyfoamer ECO 100;



Alessandro Boscaro, Enrico Dal Negro (Mapei S.p.A.)

Il condizionamento del terreno per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM: la nuova linea di agenti schiumogeni polyfoamer eco con effetti ambientali ridotti nello smarino

MAGGIORI REFERENZE

Milano Genova High Speed Railway – Italy.

- 4 x EPB TBM Herrenknecht - diametro 9.77 m;
- MAPEI Polyfoamer ECO 100;



Alessandro Boscaro, Enrico Dal Negro (Mapei S.p.A.)

Il condizionamento del terreno per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM: la nuova linea di agenti schiumogeni polyfoamer eco con effetti ambientali ridotti nello smarino

MAGGIORI REFERENZE

Sistema Riachuelo Lot 3 – Argentina.

- 1 x EPB TBM Herrenknecht – diametro 5.20 m;
- MAPEI Polyfoamer ECO 100 PLUS;
- Contro-pressione oltre 4 bar.



Alessandro Boscaro, Enrico Dal Negro (Mapei S.p.A.)

Il condizionamento del terreno per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM: la nuova linea di agenti schiumogeni polyfoamer eco con effetti ambientali ridotti nello smarino