



ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO  
PROGETTO ESECUTIVO

PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO  
Relazione Generale

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. |
|----------|-------|----------|------------|------|
| IF20     | 00    | E 69 RG  | TA0000 001 | A    |

## ALLEGATO 3: STUDIO ECOTOSSICOLOGICO

COMMITTENTE:  
a.1.



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:  
CONSORZIO:

ORSARA - BOVINO AV

SOCI:



PROGETTAZIONE:  
MANDATARIA:



MANDANTI:



## PROGETTO ESECUTIVO

### ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA ORSARA - BOVINO

PARTE GENERALE

GENERALE

Studi di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TNM-EPB e Schede dei prodotti condizionanti - Documento allegato al IF2O00EZZRGTA0000000B

CASSANI

|                                                                                              |                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| APPALTATORE                                                                                  | PROGETTAZIONE                                                                                                                                                                        | PROGETTISTA                                                                                                                               |
| Consorzio ORSARA - BOVINO AV<br>Il Direttore Tecnico<br>Ing. P. M. Gianvecchio<br>05/04/2022 | <i>Giovanna Cassani</i><br>ORDINE INGEGNERI DI MILANO<br>n. 20697<br>05-04-2022<br>Stabile integrazione fra le varie<br>prestazioni specialistiche<br>Ing. P. M. Cassani<br>GMT-0196 | ASCARI PAOLO<br>2022.04.05 09:37:00<br>Ing. Paolo Ascari<br>CN=ASCARI PAOLO<br>C=IT<br>2.5.4.4=ASCARI<br>2.5.4.42=PAOLO<br>Ing. P. Ascari |

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV. SCALA:

IF2O 00 E ZZ SH MD0000 001 D -

| Rev. | Descrizione                           | Redatto | Data       | Verificato  | Data       | Approvato | Data       | Autorizzato Data                         |
|------|---------------------------------------|---------|------------|-------------|------------|-----------|------------|------------------------------------------|
| A    | C 03.00 - Emissione 60gg              | RTI     | 20/08/2021 | RTI         | 20/08/2021 | RTI       | 20/08/2021 | Ing. P. Ascari<br><br><br><br>05/04/2022 |
| B    | C 03.01 - A valle del contraddittorio | RTI     | 15/01/2022 | RTI         | 15/01/2022 | RTI       | 15/01/2022 |                                          |
| C    | C 03.02 - Emissione per revisione     | GEEG    | 30/03/2022 | A. Callerio | 30/03/2022 | R. Zanon  | 30/03/2022 |                                          |
| D    | C 03.03 - Emissione per refusi        | GEEG    | 05/04/2022 | A. Callerio | 05/04/2022 | R. Zanon  | 05/04/2022 |                                          |

File: IF2O00EZZSHMD0000001D.docx

n. Elab.: -



**GEEG**  
GEOTECHNICAL & ENVIRONMENTAL  
ENGINEERING GROUP

**Startup di**



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Itinerario Napoli-Bari  
Raddoppio tratta Orsara-Bovino

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e  
chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo  
meccanizzato di gallerie con TBM-EPB

*Report finale*

Ing. Diego Sebastiani

Ing. Anita Di Giulio

Prof. Ing. Salvatore Miliziano



Aprile 2022

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

## Indice

|          |                                                                                                                                                     |           |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introduzione .....</b>                                                                                                                           | <b>1</b>  |
| 1.1      | Generalità .....                                                                                                                                    | 1         |
| 1.2      | Inquadramento generale dell'opera .....                                                                                                             | 1         |
| 1.3      | Descrizione del lotto funzionale Orsara-Bovino .....                                                                                                | 3         |
| 1.4      | Inquadramento geologico e geotecnico .....                                                                                                          | 4         |
| 1.4.1    | Formazioni interessate dalla galleria Orsara (lotto Orsara-Bovino) .....                                                                            | 5         |
| 1.4.2    | Unità geotecniche .....                                                                                                                             | 7         |
| <b>2</b> | <b>Il condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB .....</b>                                                                   | <b>10</b> |
| 2.1      | Generalità .....                                                                                                                                    | 10        |
| 2.2      | I parametri caratteristici della schiuma .....                                                                                                      | 14        |
| 2.2.1    | Concentration Factor, <i>C<sub>f</sub></i> .....                                                                                                    | 15        |
| 2.2.2    | Foam Expansion Ratio, <i>FER</i> .....                                                                                                              | 15        |
| 2.2.3    | Foam Injection Ratio, <i>FIR</i> .....                                                                                                              | 16        |
| 2.2.4    | Treatment Ratio, <i>TR</i> .....                                                                                                                    | 16        |
| 2.3      | Il condizionamento dei terreni a grana fine .....                                                                                                   | 16        |
| 2.4      | Il condizionamento dei terreni a grana grossa .....                                                                                                 | 18        |
| <b>3</b> | <b>Studi pregressi di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico per la redazione dei Piani di Utilizzo delle Terre e Rocce da scavo .....</b> | <b>21</b> |
| 3.1      | Lotti funzionali Bovino-Orsara e Hirpinia-Orsara .....                                                                                              | 21        |
| 3.2      | Lotto funzionale Apice-Hirpinia .....                                                                                                               | 23        |
| <b>4</b> | <b>Attività sperimentali per il progetto di Raddoppio della tratta Apice-Orsara: lotto funzionale Orsara-Bovino .....</b>                           | <b>27</b> |
| 4.1      | Generalità .....                                                                                                                                    | 27        |
| 4.2      | Attività sperimentali geotecniche .....                                                                                                             | 28        |
| 4.2.1    | Introduzione .....                                                                                                                                  | 28        |
| 4.2.2    | Prove di caratterizzazione degli agenti condizionanti e dei polimeri .....                                                                          | 35        |
| 4.2.3    | Prove di caratterizzazione della schiuma .....                                                                                                      | 36        |
| 4.2.4    | Caratterizzazione delle formazioni .....                                                                                                            | 39        |
| 4.2.5    | Risultati dei terreni non condizionati .....                                                                                                        | 43        |
| 4.2.5.1  | Argille subappennine (ASP) .....                                                                                                                    | 43        |
| 4.2.5.2  | Formazione di monte Sidone (SID) .....                                                                                                              | 47        |
| 4.2.5.3  | Flysch di Faeto (FAE) .....                                                                                                                         | 51        |
| 4.2.6    | Risultati del condizionamento .....                                                                                                                 | 54        |
| 4.2.6.1  | Argille subappennine (ASP) .....                                                                                                                    | 55        |
| 4.2.6.2  | Formazione di monte Sidone (SID) .....                                                                                                              | 60        |



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

|          |                                                                                                                                         |            |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.2.6.3  | Flysch di Faeto (FAE) .....                                                                                                             | 64         |
| 4.2.7    | Dosaggi ottimali .....                                                                                                                  | 70         |
| 4.3      | Attività sperimentali di carattere chimico ed ecotossicologico .....                                                                    | 73         |
| 4.3.1    | Allestimento set sperimentale .....                                                                                                     | 75         |
| 4.3.2    | Valutazioni preliminari di carattere chimico ed ecotossicologico .....                                                                  | 78         |
| 4.3.3    | Metodi di prova.....                                                                                                                    | 82         |
| 4.3.4    | Risultati prove chimiche ed ecotossicologiche sul prodotto puro .....                                                                   | 86         |
| 4.3.5    | Risultati prove chimiche sul terreno condizionato.....                                                                                  | 87         |
| 4.3.6    | Risultati prove ecotossicologiche sul terreno condizionato .....                                                                        | 90         |
| 4.4      | Conclusioni .....                                                                                                                       | 96         |
| <b>5</b> | <b>Note sull'integrazione dei protocolli sperimentali e dei controlli operativi in corso d'opera sulle terre e rocce da scavo .....</b> | <b>98</b>  |
| 5.1      | Generalità .....                                                                                                                        | 98         |
| 5.2      | Studi di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico sul condizionamento per lo scavo meccanizzato delle gallerie.....              | 98         |
| 5.2.1    | Studi sul condizionamento di carattere geotecnico.....                                                                                  | 99         |
| 5.2.2    | Studi sul condizionamento di carattere chimico ed ecotossicologico.....                                                                 | 103        |
| 5.3      | Caratterizzazioni in corso d'opera dei materiali di scavo .....                                                                         | 105        |
| 5.3.1    | Generalità .....                                                                                                                        | 105        |
| 5.3.2    | Modalità di caratterizzazione ambientale .....                                                                                          | 105        |
| 5.3.2.1  | Caratterizzazione su cumuli di materiali da scavo depositati in opportune aree di stoccaggio.....                                       | 106        |
| 5.3.2.2  | Modalità di realizzazione dei campioni per analisi chimiche e/o ecotossicologiche .....                                                 | 106        |
|          | <b>Bibliografia .....</b>                                                                                                               | <b>110</b> |

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

## **1 Introduzione**

### **1.1 Generalità**

Il presente documento, dopo una prima descrizione dell'opera in oggetto e un inquadramento dal punto di vista geologico/geotecnico delle formazioni interessate dallo scavo delle gallerie, contiene i dettagli delle prove, dei risultati e delle considerazioni conclusive in merito alla gestione, dal punto di vista geotecnico e chimico/ecotossicologico, del condizionamento del terreno durante lo scavo delle gallerie con Tunnel Boring Machines e tecnologia Earth Pressure Balance e in merito alla successiva gestione delle terre e rocce da scavo di risulta come sottoprodotto.

Il documento contiene una descrizione dei principi generali del condizionamento e dello scavo con TBM-EPB, una descrizione delle caratteristiche delle formazioni più rilevanti interessate dallo scavo, una descrizione degli studi pregressi sviluppati in fase di progetto definitivo e in fase di gara, i nomi, le tipologie e le caratteristiche dei prodotti chimici (agenti condizionanti) che si prevede di utilizzare, le modalità di iniezione e i parametri caratteristici che ne definiscono il dosaggio per ciascuna combinazione di prodotti e formazioni, nonché la descrizione e l'esposizione dei risultati delle analisi chimiche ed ecotossicologiche necessarie per la previsione dei tempi di stoccaggio in cantiere dei materiali scavati, prima che questi possano essere trasportati e gestiti come sottoprodotto secondo quanto contenuto nel Piano di Utilizzo delle Terre e Rocce da scavo.

Infine il documento contiene una serie di indicazioni preliminari in merito ai protocolli di campionamento in corso d'opera che verranno redatti secondo quanto previsto dagli allegati 4 e 9 del DPR 120/2017, secondo quanto inserito nel Piano di Utilizzo delle Terre e Rocce da scavo redatto in fase di Progettazione Esecutiva e secondo quanto emerso dal presente studio e dallo studio analogo sviluppato sul Lotto Hirpinia-Orsara dello stesso progetto.

### **1.2 Inquadramento generale dell'opera**

Le tratte ferroviarie Orsara-Bovino (Figura 1) ed Hirpinia-Orsara (Figura 2) si inseriscono nel più ampio ambito di riqualificazione e potenziamento dell'itinerario ferroviario Roma – Napoli – Bari finalizzato a rispondere all'esigenza prioritaria di miglioramento delle connessioni interne del Mezzogiorno, con l'obiettivo di realizzare una rete di servizi al fine di ottimizzare lo scambio commerciale, culturale e turistico tra le varie città e relative aree.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino



Figura 1. Corografia generale dell’itinerario Napoli - Foggia – Bari: lotto funzionale Bovino-Orsara.



Figura 2. Corografia generale dell’itinerario Napoli - Foggia – Bari: lotto funzionale Hirpinia-Orsara.

La riqualificazione e lo sviluppo dell’itinerario Roma/Napoli – Bari prevede interventi di raddoppio delle tratte ferroviarie a singolo binario e varianti agli attuali scenari perseguendo la scelta delle migliori soluzioni che garantiscano la velocizzazione dei collegamenti e l’aumento dell’offerta generalizzata del servizio ferroviario, elevando l’accessibilità al servizio medesimo nelle aree attraversate.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

Le progressive del tracciato della Bovino – Orsara - Hirpinia procedono da Bari verso Napoli seguendo l'orientamento della Linea Storica, cioè iniziano a Bovino con la pk 29+050 (fine tratta Cervaro-Bovino) e terminano a Hirpinia con pk 68+955, passando per Orsara alla pk 40+889 (imbocco galleria Orsara).

I tracciati dei due lotti funzionali in esame si sviluppano nel territorio campano e pugliese. Nel dettaglio il lotto funzionale Orsara-Bovino si sviluppa nella porzione nord-occidentale della Regione Puglia tra i comuni di Bovino ed Orsara di Puglia, in provincia di Foggia; i comuni attraversati dal lotto funzionale Hirpinia-Orsara sono invece: Ariano Irpino, Flumeri, Savignano Irpino e Montaguto nella provincia di Avellino, Panni e Orsara di Puglia nella provincia di Foggia.

### **1.3 Descrizione del lotto funzionale Orsara-Bovino**

L'inizio della tratta si colloca alla pk 29+050.29, nei pressi della Stazione di Bovino, mentre la fine intervento si colloca alla pk 41+259.48, in prossimità della Stazione di Orsara.

Il tracciato risulta per la maggior parte in sotterraneo, essendo prevista una galleria di lunghezza pari a 9880 m sui circa 12200 m complessivi della tratta in progetto. In prossimità dell'imbocco lato Napoli della galleria Orsara è previsto inoltre l'allaccio alla linea storica Bovino-Orsara, con la realizzazione di un nuovo tracciato all'aperto di sviluppo complessivo pari a circa 1 km. In Tabella 1 si riportano le caratteristiche principali delle tratte in progetto con la definizione delle progressive di riferimento e, per le tratte in galleria, delle lunghezze parziali delle tratte realizzate in artificiale ed in naturale.

Tutti i valori menzionati fanno riferimento ad una singola canna.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

Tabella 1. Suddivisione del tracciato in progetto per il lotto funzionale Orsara-Bovino.

|                    |                                          | da pk  | a pk   | L<br>(km) |
|--------------------|------------------------------------------|--------|--------|-----------|
| galleria<br>Orsara | tratta all'aperto Bovino                 | 29+050 | 31+039 | 1.989     |
|                    | imbocco galleria artificiale lato Bari   | 31+039 | 31+074 | 0.035     |
|                    | galleria naturale                        | 31+039 | 40+919 | 9.845     |
|                    | imbocco galleria artificiale lato Napoli | 40+919 | 40+939 | 0.020     |
|                    | tratta all'aperto Orsara                 | 40+939 | 41+259 | 0.320     |

In linea generale, la galleria Orsara presenta coperture elevate, mediamente superiori ai 100 metri, ad eccezione del tratto iniziale della galleria (lato Bovino) dove, a causa del blando gradiente topografico, le coperture permangono inferiori ai 60 m per un tratto circa 1 km e in corrispondenza di due impluvi alle pk 36+650 e 38+800, con coperture ridotte ad una trentina di metri circa. La copertura massima si ha invece in corrispondenza della pk 34+550, con uno spessore di circa 400 m.

La galleria Orsara sarà realizzata in doppia canna a singolo binario, con diametro medio di scavo pari a 9 m per ciascuna canna ed interasse medio tra le due canne di circa 50 m. La galleria sarà realizzata quasi integralmente con metodo meccanizzato, ad eccezione di un tratto iniziale di circa 569 m sull'imbocco lato Napoli, scavato con metodo tradizionale per realizzare il camerone di interconnessione alla linea storica.

#### 1.4 Inquadramento geologico e geotecnico

Il tracciato dell'opera in oggetto si colloca nei settori centrali dell'Appennino meridionale, nella zona di transizione tra i domini di catena e quelli di avanfossa: dal punto di vista stratigrafico, i settori di catena sono caratterizzati da spesse successioni marine meso-cenozoiche, variamente giustapposte tra loro a causa dell'importante tettonica compressiva, mentre i settori di avanfossa sono contraddistinti da importanti successioni marine e transizionali plio-pleistoceniche solo parzialmente interessate dai fronti di sovrascorrimento più recenti ed esterni.

Le successioni sedimentarie del dominio di catena sono riferibili a tre distinte unità strutturali, di differente provenienza paleogeografica, denominate rispettivamente Unità della Daunia, Unità del Fortore e Unità di Frigento. Tali unità sono costituite essenzialmente da depositi marini in facies di bacino e di scarpata, con un'età compresa tra il Cretacico inferiore e il Miocene superiore. La parte bassa delle successioni è sempre costituita da sedimenti pelitici e calcareo-marnosi di mare profondo, con locali passaggi di litotipi essenzialmente carbonatici o diasprigni.



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

Verso l'alto si rinvengono, in discordanza stratigrafica, spessi depositi flyschoidi arenaceo-marnosi e calcareo-marnosi connessi allo sviluppo della Catena Appenninica. La sequenza sedimentaria di catena è chiusa, quindi, da depositi pliocenici prevalentemente argilloso-sabbiosi e sabbioso-conglomeratici, chiaramente connessi alle ultime fasi di strutturazione dell'edificio appenninico.

Nel settore di avanfossa, si assiste alla deposizione di spesse successioni silicoclastiche che si venivano a creare lungo il margine orientale dell'Unità a limiti inconformi del Pliocene. In corrispondenza dei depocentri del bacino, si accumulano torbiditi terrigene sabbioso-limose dell'Unità Sin-Orogene del messiniano superiore, costituenti la porzione inferiore della successione dell'avanfossa pliocenico-quadernaria.

Nei settori più interni, le interazioni fra variazioni cicliche del clima e sollevamento regionale portano inoltre all'accumulo di estesi depositi alluvionali terrazzati, localmente caratterizzati da una porzione basale con caratteri di facies di spiaggia.

Fanno parte del dominio di catena le formazioni: Calcareniti, argille e marne di Monte Sidone (SID), Flysch di Faeto (FAE, FAEb), Marne argillose del Toppo Capuana (TPC), Argilliti policrome del Calaggio (APC), Argilliti con gessi di Mezzana di Forte (MZF), Tripoli (TPL), Formazione delle argille Varicolori (AVR), Flysch Rosso (FYR, FYR2, FYRa).

Fanno parte del settore di avanfossa le formazioni: Argille e sabbie del Vallone Meridiano (BVNb), Argille subappennine (ASP), Formazione del Torrente Fiumarella (TFR, TFRa), Molasse di Anzano - Membro di Flumeri (ANZ2, ANZ2a), Formazione della Baronina - Membro pelitico-arenaceo del Fiume Miscano (BNA2), Formazione di Sferracavallo - Peliti di Difesa Grande (STF2).

#### **1.4.1 Formazioni interessate dalla galleria Orsara (lotto Orsara-Bovino)**

Di seguito è riportato il dettaglio delle formazioni attraversate dallo scavo della galleria Orsara:

**Calcareniti, argille e marne di Monte Sidone (SID):** depositi torbiditici ed emipelagici di base di scarpata-bacino, costituiti da calcareniti, marne e argille. Affiora in lembi di limitata estensione nel settore centrale della zona di intervento, lungo i versanti nordoccidentali e occidentali di Monte Fedele. Si tratta di una fitta alternanza di sottili strati di argilliti policrome, scagliose o sottilmente laminate, a cui si intercalano calcilutiti, calcareniti e calciruditi giallastre con liste di selce di colore scuro in strati con spessore variabile da pochi cm ad alcuni dm. I caratteri di facies indicano che si tratta di emipelagiti e di torbiditi distali. Verso l'alto passa per alternanza al Flysch di Faeto. Lo spessore stimato per questa unità è nell'ordine dei 300 m;

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

**Flysch di Faeto (FAE):** calcareniti, calcilutiti e calcari marnosi di colore grigio e biancastro, in strati da sottili a medi, con frequenti intercalazioni di argille limose e argille marnose grigie e grigio-verdastre; a luoghi si rinvengono passaggi di arenarie, microconglomerati e calciruditi bioclastiche di colore grigio, in strati da medi a spessi; localmente sono presenti orizzonti di brecciole calcaree e porzioni a struttura caotica. La litofacies marnoso-calcareo (FAEb) è costituita da marne e calcari marnosi di colore grigio chiaro e biancastro, in strati da sottili a medi, con locali intercalazioni di calcareniti bioclastiche grigie e argille limose verdastre; a luoghi si rinvengono passaggi di marne argillose e calcilutiti di colore grigio e biancastro, in strati da molto sottili a sottili;

**Marne argillose del Toppo Capuana (TPC):** argille limose, argille marnose e marne di colore grigio e grigio-azzurro, in strati da medi a molto spessi, generalmente a laminazione piano-parallela, con locali passaggi di sabbie e sabbie limose grigie e giallastre; a luoghi si rinvengono intercalazioni di arenarie, siltiti e calcilutiti di colore grigio e giallastro, in strati da sottili a medi;

**Argille e sabbie del Vallone Meridiano (BVNb):** argille, argille limose e argille marnose di colore grigio e grigio scuro, in strati da medi a molto spessi, talora a laminazione piano-parallela, con frequenti intercalazioni di sabbie limose, siltiti e arenarie grigie e giallastre; a luoghi si rinvengono lenti ciottolose a elementi ben arrotondati e strati di marne sabbiose a laminazione piano-parallela; talora sono presenti spessi orizzonti di arenarie e siltiti di colore grigio, in strati da sottili a medi, con diffuse intercalazioni di sabbie e abbondanti resti di molluschi;

**Argille Subappennine (ASP):** depositi marini di piattaforma e scarpata superiore, costituiti da argille limose e limi argillosi di colore grigio e grigio-azzurro, in strati da sottili a molto spessi, generalmente poco evidenti e a laminazione piano-parallela, con sottili intercalazioni di argille marnose, sabbie e sabbie limose grigie; nella parte alta della successione si rinviene una porzione costituita da sabbie limose e limi sabbiosi di colore giallastro e grigio-verdastro, in strati da sottili a spessi, progressivamente passanti a conglomerati poligenici grossolanamente stratificati e ben selezionati. La formazione presenta uno spessore massimo di circa 1000 m.

Nella Tabella 2 sono riportate, per ciascuna delle formazioni appena descritte, le progressive, la lunghezza dei tratti e il metodo di scavo previsti, come dedotto dalle sezioni riportate nei documenti 21218700 - 35 - IF1W00D69F5GE0001001C e IF1W00D07RBGN0000001A Relazione geotecnica e di calcolo della galleria naturale.



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

Tabella 2. Progressive chilometriche, formazioni interessate dalla galleria Orsara e tecnologie di scavo previste.

| metodo di scavo     | formazione | pk iniziale | pk finale | m    |
|---------------------|------------|-------------|-----------|------|
| <i>meccanizzato</i> | ASP        | 31070       | 32525     | 1455 |
|                     | FAE        | 32525       | 33550     | 1025 |
|                     | SID        | 33550       | 34250     | 700  |
|                     | FAE        | 34250       | 35450     | 1200 |
|                     | TPC        | 35450       | 35750     | 300  |
|                     | FAE        | 35750       | 36650     | 900  |
|                     | BVNb       | 36650       | 37600     | 950  |
|                     | FAE        | 37600       | 39150     | 1550 |
|                     | BVNb       | 39150       | 39740     | 590  |
| <i>tradizionale</i> | FAE        | 39740       | 40400     | 660  |
|                     | FAE        | 40400       | 40920     | 520  |

Nella seguente tabella sono invece sinteticamente riportati i metri totali interessati dallo scavo della galleria Orsara per ciascuna litologia.

Tabella 3. Formazioni interessate dallo scavo della galleria Orsara.

| formazione                                  | m tot |
|---------------------------------------------|-------|
| FAE Flysch di Faeto                         | 5855  |
| BVNb Argille e sabbie del Vallone Meridiano | 1540  |
| ASP Argille sub appennine                   | 1455  |
| SID Formazione di Monte Sidone              | 700   |
| TPC Marne argillose del Toppo Capuana       | 300   |

### 1.4.2 Unità geotecniche

Dalla *relazione tecnica delle opere in sotterraneo* per il II lotto funzionale Hirpinia-Orsara (IF1V02D07RGGN0000001A) redatta da Italferr S.p.A., emerge che dai risultati delle indagini geotecniche, sia in situ che di laboratorio, per la descrizione del modello geotecnico di sottosuolo è possibile assimilare le formazioni attraversate dalle opere in sotterraneo come illustrato nei seguenti paragrafi.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

### Flysch di Faeto

Attraverso l'analisi dei rilievi effettuati e dei sondaggi eseguiti, la formazione FAE risulta classificabile come formazione strutturalmente complessa di classe B1, con una componente litoide (calcareaomarnosa) decisamente prevalente rispetto a quella pelitica (argilla) ( $L/P > 1$ ).

La caratterizzazione geotecnica è stata condotta attraverso l'analisi delle prove di sito (16 prove dilatometriche in foro e 11 prove di permeabilità di tipo Lefranc/Lugeon) e di laboratorio (eseguite su 5 sondaggi).

Dalle prove di compressione monoassiale, si ricavano valori di resistenza a compressione monoassiale compresi tra 40 e 70 MPa; il modulo elastico della matrice rocciosa è stato ricavato dalle 5 prove di velocità sonica su provino disponibili, con valori pari a circa 20 GPa fino a 40 GPa nella zona delle massime coperture.

Dagli stop geostrutturali a disposizione è stato ricavato il valore del *Geological Strength Index* (*GSI*, 40 – 60) così da poter individuare la riduzione della resistenza dell'ammasso a partire da quella della matrice rocciosa. In merito ai ranges di variazione di *GSI* scelti, si è ritenuto opportuno differenziare le tratte in presenza di zone di faglia attribuendo ad esse il range minimo (15 – 25) riscontrato nei rilievi geostrutturali. Gli intervalli di *GSI* presi in considerazioni risultano coerenti con la classificazione proposta da Hoek e Marinos.

Tabella 4. Caratteristiche dell'unità geotecnica Flysch di Faeto.

| unità | galleria Orsara |            | UCS<br>(MPa) | $E_i$<br>(GPa) | GSI<br>(-) |
|-------|-----------------|------------|--------------|----------------|------------|
|       | (m)             | (m totali) |              |                |            |
| FAE   | 5855            |            | 40 ÷ 70      | 20 ÷ 40        | 40 ÷ 60    |
| FAEb  | -               | 5855       |              |                |            |

### Depositi marini Pliocenici

Si tratta di depositi costituiti prevalentemente da argille, argille marnose ed argille limose con intercalazioni di sabbie limose e con presenza a luoghi di arenarie. Fanno parte di tale gruppo le argille e sabbie del Vallone Meridiano (**BVNb**), Peliti di Difesa del Grande (**STF2**), membro pelitico-arenaceo del Fiume Miscano (**BNA2**) ed infine le marne argillose del Toppo Capuana (**TPC**).

Le analisi granulometriche mostrano mediamente una prevalenza di limo (58%) e, in maniera secondaria, di argilla (38%), con una percentuale molto modesta di sabbia (4%). l'unità risulta classificabile come "limo con argilla".

Il contenuto d'acqua naturale  $w_0$  è generalmente compreso tra il 10% ed il 20% mentre l'indice di consistenza  $I_c$ , sempre maggiore dell'unità, assume un valore medio pari a circa 1.3.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

I parametri meccanici sono stati ricavati da un'analisi complessiva delle prove disponibili in sito e di laboratorio. In particolare, per le prove di laboratorio sono state eseguite prove di taglio diretto e prove triassiali (CIU e CID) dalle quali si ricava un valore di coesione efficace e di angolo di resistenza al taglio rispettivamente pari a  $c' = 50-60$  kPa e  $\varphi' = 26-27^\circ$ .

La rigidità dei terreni in oggetto, ricavata dall'elaborazione delle prove dilatometriche e delle prove ultrasoniche di laboratorio (assumendo un rapporto  $E/E_0$  pari a 0.1 rappresentativo della rigidità operativa in considerazione delle deformazioni di taglio attese per l'opera in progetto) è pari a circa 1000 MPa.

La permeabilità, ricavata dalle prove Lefranc/Lugeon, risulta bassa, compresa tra  $1 \cdot 10^{-9}$  e  $1 \cdot 10^{-7}$  m/s.

Tabella 5. Caratteristiche dell'unità geotecnica Depositi marini Pliocenici.

| unità       | galleria Orsara |            | argilla | limo | sabbia | ghiaia | $w_0$   | $I_c$ |
|-------------|-----------------|------------|---------|------|--------|--------|---------|-------|
|             | (m)             | (m totali) | (%)     | (%)  | (%)    | (%)    | (%)     | (-)   |
| <b>BNA2</b> | -               |            |         |      |        |        |         |       |
| <b>BVNB</b> | 1540            | 1850       | 38      | 58   | 4      | -      | 10 ÷ 20 | 1.3   |
| <b>STF2</b> | -               |            |         |      |        |        |         |       |
| <b>TPC</b>  | 300             |            |         |      |        |        |         |       |

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

## 2 Il condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB

### 2.1 Generalità

La tecnologia di scavo EPB nasce originariamente in Giappone per affrontare lo scavo di terreni a grana fine nei quali la tecnologia di scavo Slurry Shield (SS) con circolazione di fanghi bentonitici, più diffusa e utilizzata al tempo, comportava performance di scavo molto limitate per via, tra le altre cose, della scarsa permeabilità del terreno alla bentonite e della scarsa capacità della bentonite di permeare e miscelarsi ai terreni con elevate percentuali di argilla.

Per superare tale difficoltà si è pensato all'utilizzo di agenti chimici in grado di permeare, miscelarsi e disgregare i legami tra le particelle di terreno a grana fine (limi e argille) in modo più efficace.

Nel tempo la tecnologia di scavo EPB ha soppiantato la tecnologia SS grazie ad una serie di vantaggi tecnici e operativi e attualmente è la tecnologia di scavo più utilizzata al mondo in una estrema varietà di contesti geologici, idraulici e geotecnici, come mostrato nella figura seguente.

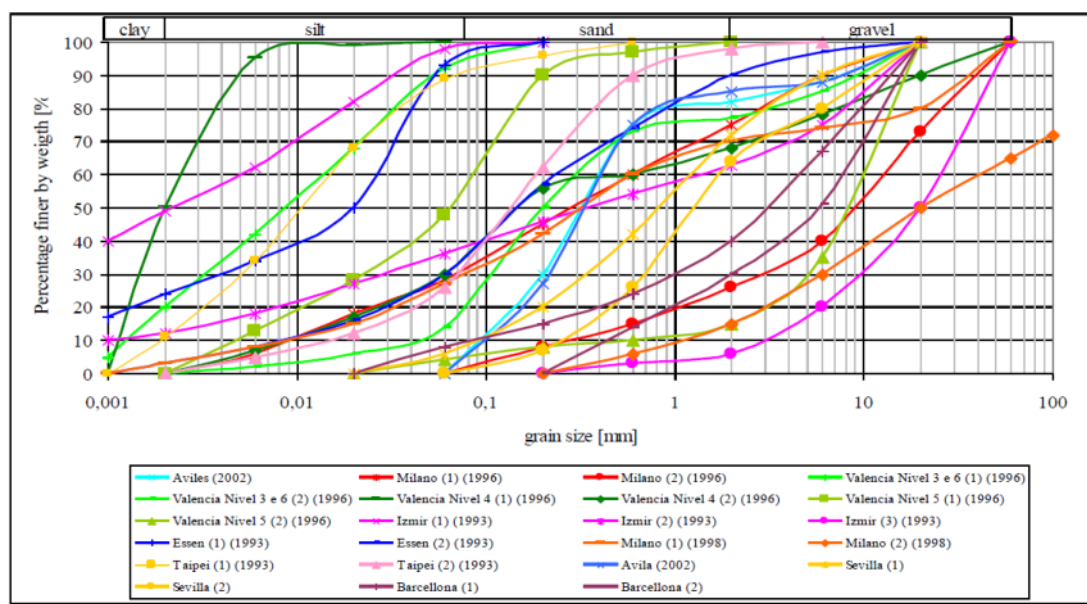


Figura 3. Varietà di granulometrie di terreni scavati con tecnologia EPB.

Per ottenere tali risultati, tuttavia, il condizionamento del terreno, inteso come l'insieme delle azioni di modifica delle caratteristiche del terreno scavato dalla TBM al fine di trasformarlo in un mezzo omogeneo in grado di trasmettere uniformemente una pressione al fronte, ha dovuto evolversi e includere una varietà di agenti condizionanti e una varietà di differenti tipologie di trattamenti del

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

terreno con finalità anche sensibilmente differenti a seconda delle caratteristiche del terreno di partenza. I range di applicabilità della tecnologia di scavo EPB sono riportati nella seguente Figura 4, confrontati anche con i campi di applicabilità della tecnologia di scavo (SS) Slurry Shield.

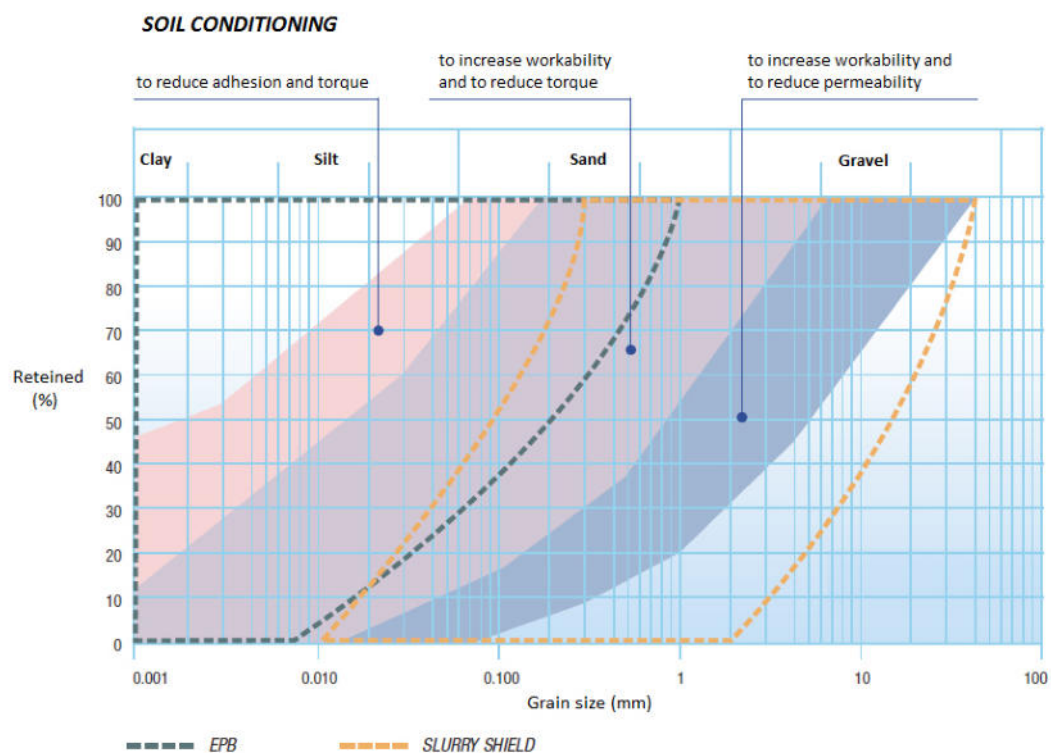


Figura 4. Campi di applicazione dal punto di vista granulometrico delle tecnologie di scavo EPB e Slurry Shield.

Il condizionamento del terreno serve principalmente a:

- modificare le proprietà del terreno scavato e mantenere una corretta distribuzione della pressione nella camera di scavo e, conseguentemente, applicata al fronte;
- modificare le proprietà del terreno di scavo per consentire un corretto deflusso del terreno stesso dal fronte della camera di scavo attraverso la coclea, verso il nastro trasportatore;
- ridurre, se necessario, l'abrasione delle superfici degli strumenti metallici di scavo e, in generale, gli attriti e le temperature all'interno della camera di scavo;
- ridurre, se necessario, la tendenza del terreno ad aderire alle superfici metalliche degli attrezzi di scavo, riducendo il momento torcente e diminuendo il rischio di blocco della testata di scavo (effetto clogging).



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

La pressione al fronte viene applicata mediante lo stesso terreno di scavo opportunamente trattato con prodotti chimici sotto forma di schiuma. Controllando la velocità di rotazione della testa di scavo, la forza di spinta e la velocità di rotazione della coclea è possibile bilanciare in ogni momento il volume di terreno in ingresso in camera di scavo e quello in uscita attraverso la coclea e, conseguentemente, regolare quasi istantaneamente la pressione del terreno nella camera di scavo (Anagnostou e Kovari, 1996). Lo schema delle pressioni al fronte di scavo è rappresentato dalla seguente figura.

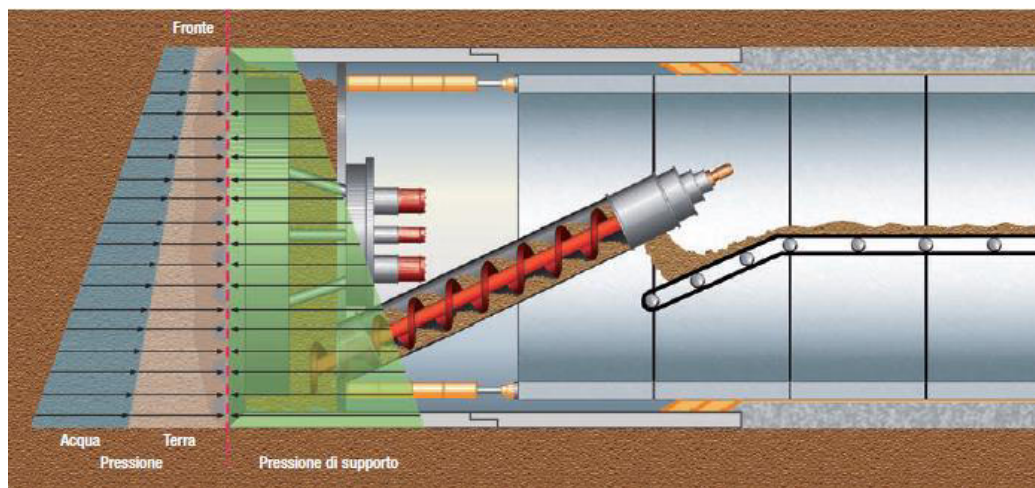


Figura 5. Schema delle pressioni al fronte di scavo.

Come detto, lo scavo meccanizzato di gallerie con tecnologia TBM-EPB, richiede, durante le fasi di scavo, l'iniezione continua di prodotti chimici per modificare le caratteristiche del terreno fornendo al terreno scavato le caratteristiche fisico/meccaniche adeguate ad applicare una pressione al fronte e, nello stesso tempo, facilitando le operazioni di scavo e trasporto del terreno scavato all'esterno della galleria.

Queste operazioni sono possibili solo se il terreno possiede la giusta consistenza e le sue caratteristiche non variano troppo rapidamente nel tempo.

Gli agenti condizionanti vengono utilizzati per garantire tali condizioni e sono iniettati principalmente tramite ugelli posizionati sulla testa fresante contestualmente alla rotazione e, se necessario, all'interno della camera di scavo e all'interno della coclea durante l'estrazione dei detriti, come mostrato nella figura sottostante.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

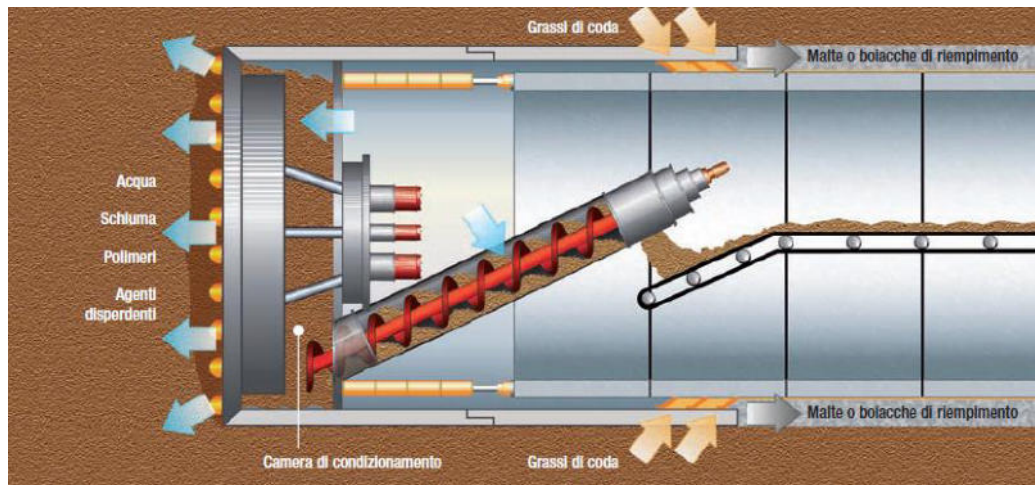


Figura 6. Punti di iniezione degli agenti condizionanti.

I dosaggi, i parametri di condizionamento e le tipologie dei prodotti chimici sono regolati in funzione dei parametri geologici, geotecnici e idraulici del terreno da scavare, della geometria e delle caratteristiche della TBM, del contesto in cui viene eseguito lo scavo e infine anche in funzione del progetto per il riutilizzo del suolo dopo lo scavo.

La generazione della schiuma richiede alcune linee di ingresso (Figura 7) che forniscono un flusso continuo di aria, acqua e agente schiumogeno e avviene in modo dinamico, convogliando questi flussi in un cilindro metallico (generatore di schiuma) nel quale sono posti alcuni elementi (i.e. rivetti, sfere, filamenti metallici, ...) finalizzati a generare un moto turbolento.

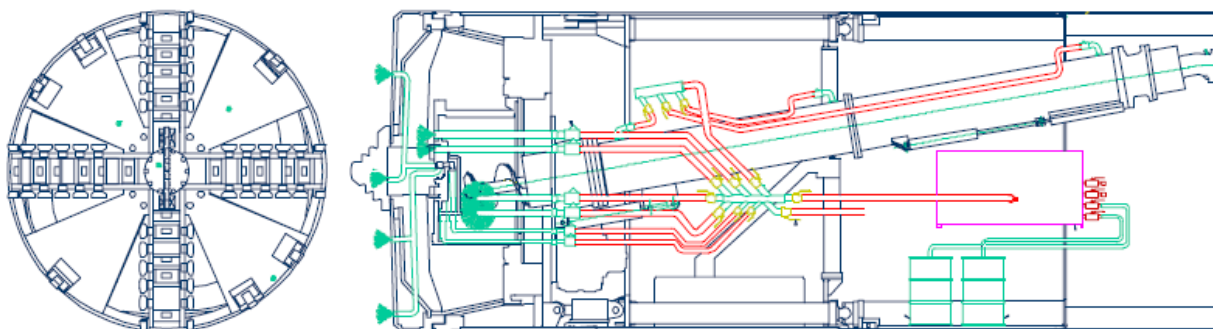


Figura 7. Linee di ingresso di aria, acqua e agente schiumogeno alla testa e al fronte di scavo.

La schiuma viene generata impostando alcuni parametri che ne identificano le caratteristiche chimico/fisiche; tali parametri sono gli stessi che vengono misurati in tempo reale durante le varie fasi di scavo e permettono un confronto tra quanto ricavato in laboratorio e quanto sperimentato in cantiere.



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

Sinteticamente di seguito sono definiti i principali parametri ai quali ci si riferirà nel documento.

## 2.2 I parametri caratteristici della schiuma

La schiuma utilizzata in questa sperimentazione è stata prodotta mediante l'utilizzo del generatore di schiuma rappresentato in Figura 8; tale generatore è stato messo a punto in modo da replicare in tutti gli aspetti principali il sistema di generazione utilizzato sulle TBM: i parametri caratteristici della schiuma infatti sono gli stessi che vengono misurati in tempo reale durante le varie fasi di scavo e permettono dunque un confronto tra quanto ricavato in laboratorio e quanto sperimentato in cantiere, tenendo in debito conto le inevitabili differenze tra cantiere e laboratorio (effetto scala). Tutte le operazioni sono gestite attraverso l'interfaccia, mostrata sempre nelle figure sottostanti, la quale misura (ed eventualmente registra) in ogni momento i flussi e le pressioni di aria ed acqua.



Figura 8. Generatore di schiuma messo a punto presso il Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica (DISG) dell'Università di Roma "La Sapienza".

Si ritiene utile sottolineare che prove di laboratorio eseguite utilizzando schiuma prodotta con sistemi di generazione differenti potrebbero fornire risultati che si discostano anche notevolmente da quanto riportato in questo documento e pertanto indurre conclusioni che potrebbero non trovare riscontro al momento dell'utilizzo in cantiere.

Per ridurre ulteriormente le differenze tra le condizioni riprodotte in laboratorio e le condizioni di cantiere, tra le diverse tipologie a disposizione, è stata montata nell'impianto di generazione una lancia (o cannone) per la generazione della schiuma (Figura 9) del tutto identica a quella montata sulla TBM.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

La possibilità di riprodurre la generazione della schiuma con gli stessi parametri e con elementi dell'impianto identici a quelli dell'impianto della TBM aumenta la precisione delle prove e, come ampiamente dimostrato, aumenta la qualità/stabilità della schiuma generata la quale, se generata con strumentazioni in scala ridotta "da laboratorio" risulta essere meno stabile nel tempo.



Figura 9. Lancia di generazione della schiuma disponibile presso il Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica (DISG) dell'Università di Roma "Sapienza" utilizzata per la sperimentazione.

Nel seguito sono sinteticamente definiti i principali parametri ai quali ci si riferirà nel documento.

### 2.2.1 Concentration Factor, $C_f$

Il Concentration Factor,  $C_f$ , rappresenta la concentrazione con la quale il tensioattivo viene miscelato all'acqua per formare la parte liquida della schiuma:

$$C_f = 100 \cdot \frac{m_{ags}}{m_{ssc}}$$

dove  $m_{ags}$  è la massa dell'agente schiumogeno iniettato e  $m_{ssc}$  la massa della soluzione schiumogena formata dall'agente schiumogeno e dall'acqua. Il valore del parametro  $C_f$  è generalmente compreso tra 0.5% e 5.0% (mediamente 2.0%) e varia in base al singolo prodotto disponibile in commercio.

### 2.2.2 Foam Expansion Ratio, $FER$

Il Foam Expansion Ratio,  $FER$ , è un indice della consistenza della schiuma; è per definizione il rapporto tra il volume della schiuma (composta da aria, acqua e agente schiumogeno) e il volume di soluzione schiumogena (acqua e agente schiumogeno):

$$FER = \frac{V_s}{V_{ssc}}$$

dove  $V_s$  è il volume complessivo della schiuma e  $V_{ssc}$  è il volume della soluzione schiumogena.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

Il *FER* è generalmente compreso tra 5 e 20 (mediamente 8 - 15); al crescere del *FER* la schiuma risulta più asciutta. Il valore del *FER* da impiegare in cantiere è principalmente correlato alla granulometria del terreno da trattare e alla presenza della falda.

### 2.2.3 Foam Injection Ratio, *FIR*

Il Foam Injection Ratio, *FIR*, è un indice che esprime la quantità di schiuma iniettata durante la fase di avanzamento della TBM per condizionare un determinato volume di terreno, essendo il rapporto tra il volume di schiuma immessa ed il volume nominale di terreno scavato:

$$FIR = 100 \cdot \frac{V_s}{V_t}$$

dove  $V_s$  è il volume della schiuma iniettata e  $V_t$  il volume di terreno scavato.

Il *FIR* è in genere compreso tra il 10% e l'80% ma può raggiungere valori anche superiori al 100% (mediamente si impiegano valori compresi tra il 30% e il 60%). Il *FIR* rappresenta il volume di schiuma iniettata per m<sup>3</sup> di terreno scavato.

### 2.2.4 Treatment Ratio, *TR*

Il Treatment Ratio, *TR*, è un indice del quantitativo di agente schiumogeno (prodotto commerciale) necessario allo scavo di 1 m<sup>3</sup> di terreno. Tale valore, espresso in L/m<sup>3</sup>, è direttamente legato alla combinazione dei parametri della schiuma definiti precedentemente: *Cf*, *FER* e *FIR*. Per definizione:

$$TR = \frac{FIR}{FER} \cdot \frac{Cf}{10}$$

Oltre che per le valutazioni relative ai consumi e ai costi, il Treatment Ratio risulta essere di estrema importanza per gli studi di carattere chimico ed ecotossicologico, in quanto tale valore permette una stima della concentrazione iniziale di agente condizionante nel terreno "al tempo zero", ovvero prima dell'inizio dei fenomeni di biodegradazione.

## 2.3 Il condizionamento dei terreni a grana fine

Le caratteristiche ideali del terreno per la corretta gestione dello scavo variano a seconda delle caratteristiche del terreno stesso: per i terreni a grana fine, le indicazioni fornite da Zumsteg et al. (2013) e da Thewes et al. (2012) suggeriscono un intervallo dell'indice di consistenza compreso tra 0.40 e 0.75. Al di sotto del valore di 0.30 – 0.40 infatti il terreno presenta una consistenza liquida o semiliquida: ciò comporta da un lato vantaggi teorici nell'applicazione e controllo della pressione all'anteriore, ma dall'altro difficoltà nell'estrazione del materiale tramite coclea e nel trasporto mediante nastri verso l'esterno della galleria. Al di sopra del valore di 0.75, invece, il terreno presenta

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

una consistenza troppo elevata per poter trasmettere correttamente una pressione al fronte senza provocare danni alla TBM.

Nel caso di terreni a grana fine, il raggiungimento della consistenza ideale del terreno, ragionando in linea di principio, potrebbe essere ottenuto mediante iniezione di sola acqua al fronte di scavo della TBM. La necessità di intervenire tramite l'utilizzo di agenti condizionanti è però resa nota dall'esperienza di molteplici scavi di gallerie con TBM-EPB e da numerosi e approfonditi studi in merito (Sebastiani et al. 2018, 2019, 2020), i quali hanno mostrato in modo chiaro come in quello stesso range di consistenza ( $I_c$  compreso fra 0.40 e 0.75) il terreno mostri un'elevata tendenza ad aderire alle parti metalliche della TBM, causando il fenomeno noto come clogging. Questo fenomeno è particolarmente temuto durante lo scavo meccanizzato in quanto può causare ritardi nell'esecuzione dei lavori, consumi eccessivi e sollecitazioni sui motori della testa di scavo, fino al blocco della TBM con conseguente necessità di rischiose, lunghe e costose attività di manutenzione straordinaria.

Di conseguenza, oltre all'eventuale modifica della consistenza, è necessario ridurre tale rischio (Zumsteg et al., 2013) mediante il processo di condizionamento. Per i terreni a grana fine l'interazione tra le particelle di argilla e le sostanze chimiche utilizzate per il condizionamento in fase di scavo porta infatti alla variazione delle caratteristiche del terreno e, in particolare, alla riduzione di tale rischio clogging, ovvero alla riduzione della naturale adesione tra terreno e superficie metallica della testa di scavo e degli altri elementi della carpenteria metallica della TBM.

Più in dettaglio l'azione del condizionamento si esplica a due livelli: da una parte l'iniezione di schiuma, composta in larga parte da aria, comporta una riduzione della saturazione del terreno ( $S_r$  anche  $< 0.8$ ) la quale ha un effetto rilevante in termini di riduzione dell'adesività del terreno; dall'altra l'azione degli agenti chimici contribuisce ad alterare la struttura del terreno a grana fine e dei legami tra le particelle dello stesso.

Per quanto riguarda i parametri caratteristici del condizionamento si può dire che, nel caso di terreni a grana fine, l'esigenza è quella di ottenere una modifica sostanziale della consistenza del terreno. Tale obiettivo viene solitamente raggiunto mediante l'iniezione di rilevanti volumi di acqua e di una schiuma con  $FER$  generalmente basso e compreso tra 6 e 10 (schiuma relativamente liquida ma comunque sufficientemente stabile) e  $FIR$  sufficientemente elevati (40% - 80%). Il valore di  $C_f$  è generalmente contenuto, intorno a valori compresi tra l'1.5% e il 2.0%.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

## 2.4 Il condizionamento dei terreni a grana grossa

Lo scavo di gallerie in terreni a grana grossa con TBM-EPB presenta diverse problematiche considerando che, come spesso detto anche in questo documento, la tecnologia di scavo EPB si è sviluppata principalmente per lo scavo di gallerie nei terreni a grana fine.

In particolare, le problematiche possono essere riassunte in tre macro-categorie:

- difficoltà nell'omogeneizzare il terreno mediante iniezione di agenti condizionanti e, di conseguenza, nella capacità di esercitare una corretta pressione sul fronte di scavo e nell'estrazione del terreno tramite la coclea; il terreno a grana grossa, come è facilmente immaginabile, rispetto al terreno a grana fine, è più difficile da trasformare in una pasta omogenea capace di trasferire una pressione sul fronte di scavo;
- esposizione a fenomeni di usura della testa fresante e degli strumenti di scavo;
- frequenti fenomeni di brusca diminuzione delle pressioni in camera di scavo durante la fase di fermo successiva allo scavo.

In generale, quindi, l'obiettivo di un processo di progettazione del condizionamento è prevedere e quantificare questi rischi e prevedere i prodotti e i dosaggi più efficaci per mitigarli.

La capacità di prevedere e controllare il consumo degli utensili di scavo è uno degli aspetti decisivi per il successo di uno scavo meccanizzato. L'usura delle fresatrici dotate di tecnologia Earth Pressure Balance (TBM-EPB) può essere critica in termini di durata e costi di costruzione. Per far fronte a questo problema vengono spesso impiegati additivi chimici con effetto lubrificante quando iniettati e miscelati nel terreno durante la fase di scavo. Il consumo dell'utensile e di conseguenza la sua sostituzione devono comunque essere previsti per evitare il rischio di fermi imprevisti della TBM. Nel caso di una linea metropolitana, le attività di manutenzione della testata fresante sono più facili, sicure e veloci se eseguite all'interno di una stazione. Al contrario, la sostituzione delle frese senza l'assicurazione delle paratie di stazione richiederebbe iniezioni e altre forme di protezione per i lavoratori coinvolti in questa attività poco sicura, pericolosa per la stabilità del fronte e per i lavoratori coinvolti e costosa in termini temporali ed economici.

L'usura registrata sugli strumenti di scavo e su tutte le diverse superfici destinate allo scavo è ampiamente definita come “primaria” (Nilsen et al. 2006). Tutti questi elementi, infatti, vengono comunemente sostituiti ad opportuni intervalli. Si definisce “secondaria”, invece, l'usura registrata su tutti gli elementi realizzati per supportare gli attrezzi di scavo e sugli elementi strutturali che compongono le macchine TBM. Di solito l'usura di questi elementi non è prevista dai progettisti e dai produttori e, se si verifica, può diventare un serio problema nel processo di scavo.



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

Il consumo primario dipende da diversi fattori: caratteristiche del terreno, dimensione e forma delle particelle, composizione mineralogica, nonché aspetti degli strumenti di scavo, come forma e materiale, numero e disposizione geometrica.

Per quanto riguarda i parametri caratteristici del condizionamento, si può dire che, nel caso di terreni a grana grossa (sabbia e ghiaia), l'esigenza è quella di trasformare le caratteristiche del terreno riempiendo i vuoti tra i granuli con la schiuma, aumentando l'indice dei vuoti e conseguentemente riducendo numero ed entità dei contatti tra i granuli, attriti interni e resistenza al taglio. Tale obiettivo viene solitamente raggiunto mediante l'iniezione di limitati volumi di acqua e di schiuma (*FIR* generalmente bassi compresi tra il 20% e il 50%) con *FER* tipicamente elevati e compresi tra 12 e 14 (schiuma più asciutta/secca generalmente molto stabile). Il *C<sub>f</sub>* è generalmente tenuto intorno a valori compresi tra l'1.8% e il 2.5% necessari per generare una schiuma stabile a *FER* relativamente elevati e fornire un contributo all'azione lubrificante della schiuma nella riduzione di usura, attriti e temperatura al fronte e in camera di scavo.

Infine, considerato anche il particolare contesto geologico nel quale le TBM si troveranno ad operare, sembra utile dedicare uno specifico approfondimento allo scavo con TBM-EPB in formazioni prevalentemente o parzialmente litoidi. Si tratta infatti di un caso limite di utilizzo della tecnologia di scavo TBM-EPB, la quale da una parte dimostra ancora una volta l'estrema versatilità e capacità di adattarsi a contesti geologico/geotecnici variegati, ma dall'altra presenta una serie di criticità che, con specifico riferimento al condizionamento, vanno previste e mitigate.

Lo scavo di formazioni prevalentemente litoidi, a prescindere dalla tipologia e dalla natura della formazione, presenta il primo problema della modifica della configurazione della testa di scavo, la quale deve includere, insieme o al posto degli utensili di scavo da terreni sciolti, utensili (dischi o disk cutters) specificatamente pensati per ridurre l'ammasso in porzioni centimetriche. Tali porzioni quindi, se da una parte porteranno a poter assimilare il materiale in camera di scavo ad un materiale granulare simile ad una ghiaia, hanno tuttavia una serie di peculiarità quali:

- morfologia irregolare, la quale comporta tendenzialmente attriti più elevati e conseguentemente maggiore rischio di elevata usura e di incremento delle temperature;
- assenza di fini, la quale comporta l'estrema difficoltà nel trasformare tale materiale in una pasta omogenea.

Questo in generale porta alla necessità di integrare il condizionamento considerando l'iniezione di fini (filler, bentoniti, materiali di origine naturale, etc...) e/o di polimeri. Nella seguente Figura 10 viene

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

mostrato come, in tale evenienza, il range di applicazione della tecnologia EPB si estenda ulteriormente.

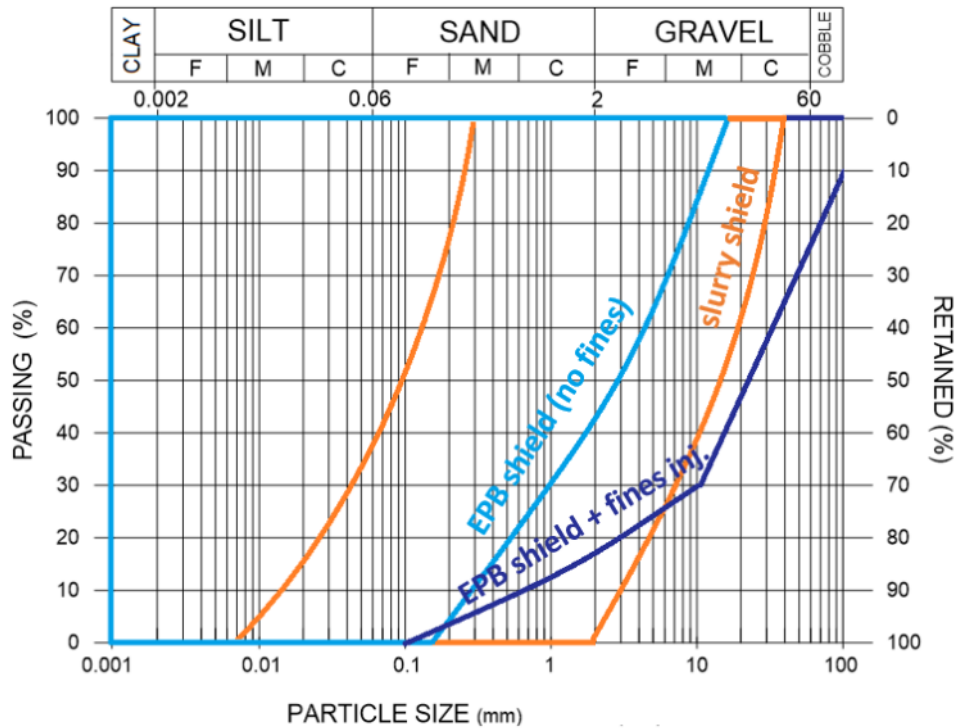


Figura 10. Range granulometrici di applicazione delle tecnologie di scavo EPB ampliati dall'uso di materiale fine.



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

### **3 Studi pregressi di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico per la redazione dei Piani di Utilizzo delle Terre e Rocce da scavo**

Nel corso delle attività di progettazione definitiva sono stati condotti studi sperimentali geotecnici ed ecotossicologici su alcune delle formazioni incontrate lungo il tracciato Hirpinia-Orsara-Bovino al fine di valutare i dosaggi di prodotti condizionanti necessari a eseguire lo scavo con TBM-EPB in modalità chiusa e a verificare la possibilità di riutilizzo di queste terre e rocce da scavo come sottoprodotti. Altre informazioni sulle stesse formazioni possono essere ricavate da studi analoghi eseguiti nelle fasi di progettazione definitiva ed esecutiva dell'adiacente tratta Apice-Hirpinia. I risultati di tali studi sono riportati sinteticamente nel seguito.

Vengono inoltre esposti in questo documento anche i risultati di studi sperimentali, concettualmente analoghi a quelli precedentemente menzionati, sviluppati nell'ambito delle attività di supporto alle Progettazione esecutiva delle gallerie nella tratta Apice-Hirpinia dello stesso Progetto di riqualificazione e potenziamento dell'itinerario ferroviario Roma – Napoli – Bari. Si rimanda alla lettura di *“Studio sperimentale per la verifica dell'impatto ecotossicologico di un terreno trattato con prodotti condizionanti, come risultante da scavo meccanizzato con fresa TBM (Tunnel Boring Machine) di tipo EPB (Earth Pressure Balance), nell'ambito della realizzazione delle gallerie della tratta Apice – Orsara del Lotto 1 Apice – Irpinia, rientrante nell'intervento di potenziamento della linea ferroviaria Napoli – Bari”* redatto da GEEG startup innovativa di Sapienza Università di Roma per ulteriori approfondimenti sui risultati ottenuti.

#### **3.1 Lotti funzionali Bovino-Orsara e Hirpinia-Orsara**

Nel progetto definitivo delle due tratte Orsara-Bovino ed Hirpinia-Orsara sono state scelte le formazioni da studiare e per ciascuna sono stati valutati i dosaggi ottimali per il condizionamento; successivamente i terreni condizionati con tali dosaggi sono stati oggetto di sperimentazioni condotte da IRSA-CNR al fine di verificare i possibili effetti ecotossicologici riconducibili all'utilizzo dei prodotti schiumogeni durante le fasi di scavo.

La scelta delle litologie da testare è stata effettuata a seguito di valutazioni geotecniche e ambientali (principio del *worst case*) che hanno permesso l'individuazione di due litologie ritenute rappresentative per il lotto funzionale Hirpinia-Orsara e di una litologia per il lotto Orsara-Bovino. In particolare, per il primo sono state selezionate la litologia AVR (Formazione delle argille varicolori) e TFR (Formazione del torrente Fiumarella), mentre per il secondo la scelta è ricaduta su ASP (Formazione di argille subappennine).

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

In entrambe le sperimentazioni, gli effetti tossicologici sono stati studiati utilizzando l'agente schiumogeno Polyfoamer ECO/100 PLUS e l'additivo anti-clogging Stabilfoam 300, prodotti da MAPEI. In Tabella 6 vengono riportate le caratteristiche chimico-fisiche dei due prodotti desunte dalle schede tecniche di sicurezza fornite dalla ditta produttrice.

Tabella 6. Caratteristiche chimico-fisiche dei prodotti schiumogeni utilizzati.

|                              | Polyfoamer ECO/100 PLUS | Stabilfoam 300                                     |
|------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------|
| aspetto                      | liquido                 | liquido                                            |
| colore                       | paglierino              | trasparente                                        |
| densità (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.01-1.07               | 1.04                                               |
| pH (20 °C)                   | 8.5                     | 7.0                                                |
| punto di ebollizione         | 100°C                   | >100°C                                             |
| sostanza chimica principale  | Sodium laureth sulfate  | Alcoli, C12-14, etossilati, solfati, sali di sodio |
| concentrazione               | 5-10%                   | 25% - < 50%                                        |
| numero CAS                   | CAS: 9004-82-4          | CAS: 68891-38-3                                    |

Per l'esecuzione delle prove ecotossicologiche sono stati allestiti microcosmi in scala di laboratorio, ovvero "ecosistemi modello" che mirano a riprodurre in laboratorio le condizioni in cui il terreno scavato verrà a trovarsi in sito, miscelando i terreni selezionati con un quantitativo di schiumogeno alle concentrazioni reali di utilizzo. La Tabella 7 riporta i treatment ratio *TR* considerati. Il *TR* dell'additivo Stabilfoam 300 è da considerare, per le formazioni che lo prevedono, in aggiunta al *TR* del Polyfoamer ECO/100 PLUS.

Tabella 7. Treatment ratio per i terreni condizionati.

| lotto             | formazione | TR (L/m <sup>3</sup> )  |                |
|-------------------|------------|-------------------------|----------------|
|                   |            | Polyfoamer ECO/100 PLUS | Stabilfoam 300 |
| Hirpinia – Orsara | AVR        | 0.94                    | 0.2            |
|                   | TFR        | 1.26                    | -              |
| Orsara - Bovino   | ASP        | 0.56                    | 0.2            |

I test ecotossicologici sono stati effettuati prelevando dai microcosmi a diversi tempi (0, 7, 14 e 28 giorni) aliquote di terreno condizionato per l'esecuzione dei test su organismi target, rappresentativi sia dell'ambiente acquatico che terrestre. La scelta degli organismi bersaglio è funzione di diverse considerazioni: matrice ambientale maggiormente interessata, sensibilità dell'organismo,

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

rappresentatività dell'organismo nella matrice specifica, riproducibilità, affidabilità dei test e stato dell'arte.

Sul terreno o sull'elutriato prodotto dal terreno condizionato sono stati eseguiti i seguenti test di ecotossicità:

- tossicità acuta con il batterio *Vibrio fischeri*
- germinazione semi della specie *Lepidium sativum*;
- tossicità acuta con lombrico *Eisenia foetida*;
- tossicità acuta e subcronica (mortalità e inibizione crescita) del crostaceo *Heterocypris incongruens*.

In aggiunta agli studi di ecotossicità sugli elutriati prodotti dal terreno, è stata determinata, per ciascun tempo, la concentrazione del tensioattivo anionico sodio lauril etere solfato (SLES), principale componente sia del prodotto schiumogeno Polyfoamer ECO/100 PLUS che dell'additivo Stabilfoam 300.

I risultati riportati in "Allegato 16 - Nota integrativa CNR-IRSA allo Studio Sperimentale per la verifica dell'impatto eco-tossicologico del "PROGETTO DEFINITIVO ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA ORSARA-BOVINO"" e in "Studio Sperimentale per la verifica dell'impatto ecotossicologico di un terreno trattato con prodotti condizionanti, come risultante da scavo meccanizzato con fresa TBM, nell'ambito della realizzazione della Galleria del Raddoppio Apice – Hirpinia – Orsara – Bovino, Tratta Hirpinia – Orsara" redatto da IRSA-CNR, evidenziano come per ciascuna combinazione terreno-prodotto testata non si hanno effetti di tossicità su nessun organismo, a meno di un effetto tossico intrinseco del terreno ASP (Formazione di argille subappennine) nei confronti del crostaceo *Heterocypris incongruens* dovuto alla presenza di particolato fine e non imputabile al condizionamento con i prodotti schiumogeni testati, e nei confronti del *Vibrio fischeri* per il terreno AVR (Formazione delle argille varicolori) limitatamente al tempo 0 ( $t = 0$ ) in cui si rileva un valore superiore al 20% che corrisponde alla soglia proposta nella scala di tossicità per tale saggio dai Laboratori ARPAL, riportata nel Manuale e Linee Guida ISPRA 67/2011.

### **3.2 Lotto funzionale Apice-Hirpinia**

Nella fase di progettazione definitiva del lotto funzionale Apice-Hirpinia è stata studiata la formazione BNA2 (Formazione della Baronina) che, come descritto nei paragrafi precedenti, è interessata anche dai lotti Hirpinia-Orsara e Orsara-Bovino. Le combinazioni analizzate prevedono l'utilizzo dell'agente schiumogeno Polyfoamer ECO/100 Plus con un  $TR$  pari a  $1.89 \text{ L/m}^3$  e dell'agente schiumogeno

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

Foamex AGE, prodotto da LAMBERTI, con un  $TR$  pari a  $1.04 \text{ L/m}^3$ . Nella Tabella 8 si riportano le caratteristiche chimico-fisiche dei prodotti utilizzati nella sperimentazione.

Le modalità di prova sono del tutto simili a quelle sopra descritte. Dai risultati riportati in “*Studio sperimentale per la verifica dell’impatto ecotossicologico di un terreno trattato con prodotti condizionanti, come risultante da scavo meccanizzato con fresa TBM (Tunnel Boring Machine) di tipo EPB (Earth Pressure Balance), nell’ambito della realizzazione delle gallerie della tratta Apice – Orsara del Lotto 1 Apice – Irpinia, rientrando nell’intervento di potenziamento della linea ferroviaria Napoli – Bari*” redatto da IRSA-CNR, il terreno condizionato con Polyfoamer ECO/100 Plus e con Foamex AGE non producono effetti ecotossicologici evidenti e significativi su tutti gli organismi testati, già a partire dal tempo iniziale di condizionamento ( $t = 0$ ) e per tutta la durata del test (28 giorni).

Tabella 8. Caratteristiche chimico-fisiche dei prodotti.

|                             | Polyfoamer ECO/100 PLUS | Foamex AGE  |
|-----------------------------|-------------------------|-------------|
| aspetto                     | liquido                 | liquido     |
| colore                      | paglierino              | giallognolo |
| densità ( $\text{g/cm}^3$ ) | 1.01-1.07               | N.D.        |
| pH (20 °C)                  | 8.5                     | 4.5-6.5     |
| punto di ebollizione        | 100°C                   | N.D.        |
| sostanza chimica principale | Sodium laureth sulfate  | N.D.        |
| concentrazione              | 5-10%                   | 25% - 35%   |
| numero CAS                  | CAS: 9004-82-4          | N.D.        |

Nella fase di progettazione esecutiva di questo lotto sono stati svolti ulteriori studi sia di carattere geotecnico per la definizione dei dosaggi, sia di carattere chimico-ambientale volti alla determinazione dell’eventuale impatto ambientale degli additivi schiumogeni realmente impiegati nel tratto di scavo interessato.

I terreni selezionati sono il Flysch Rosso e la Marna, condizionati con prodotti commerciali differenti. I 4 prodotti schiumogeni selezionati per il litotipo Flysch sono:

- Polyfoamer ECO/100 PLUS (MAPEI);
- Foamex SNG-AC (LAMBERTI);
- MasterRoc SLF 32 (BASF);
- CLB F5/AC (CONDAT).

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

Due dei 4 prodotti sono stati testati anche aggiungendo l'1% dell'additivo polimerico. Le combinazioni studiate sono:

- Polyfoamer ECO/100 PLUS + Stabilfoam 300 (MAPEI);
- MasterRoc SLF 32 + MasterRoc ACP 214 (BASF).

I 2 prodotti schiumogeni testati per il litotipo Marna sono invece:

- MasterRoc SLF 32 (BASF);
- CLB F5/AC (CONDAT).

Il prodotto MasterRoc SLF 32 è stato testato aggiungendo l'1% dell'additivo polimerico MasterRoc ACP 214 entrambi del produttore BASF.

Nella Tabella 9 si riportano le caratteristiche chimico-fisiche dei prodotti testati.

Tabella 9. Caratteristiche chimico-fisiche dei prodotti utilizzati nella tratta Apice-Hirpinia sul Flysch rosso e la Marna.

|                                   | <b>Polyfoamer<br/>ECO/100 PLUS</b> | <b>Stabilfoam<br/>300</b>                                    | <b>CLB F5/AC</b>                                                  | <b>Foamex<br/>SNG-AC</b>         | <b>MasterRoc<br/>SLF 32</b>                                       | <b>MasterRoc<br/>ACP214</b> |
|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Aspetto                           | liquido                            | liquido                                                      | liquido                                                           | liquido                          | liquido                                                           | liquido                     |
| Colore                            | paglierino                         | trasparente                                                  | incolore -<br>giallo                                              | giallognolo                      | lievemente<br>paglierino                                          | bruno - scuro               |
| Densità<br>(g/cm <sup>3</sup> )   | 1.01-1.07                          | 1.04                                                         | 1.04                                                              | 1.02                             | 1.008-1.028                                                       | 1.113-1.119                 |
| pH (20 °C)                        | 8.5                                | 7                                                            | 8 -10                                                             | 6 - 9                            | 10.5                                                              | 6 - 8                       |
| Punto di<br>ebollizione           | 100 °C                             | >100°C                                                       | 100 °C                                                            | N.D.                             | >100 °C                                                           | >100 °C                     |
| Sostanza<br>chimica<br>principale | Sodium laureth<br>sulfate          | Alcoli, C12-<br>14, etossilati,<br>solfati, sali di<br>sodio | Alcohols,<br>C12-14,<br>ethoxylated,<br>sulfates,<br>sodium salts | Sodium<br>alkylether<br>sulphate | Alcohols,<br>C12-14,<br>ethoxylated,<br>sulfates,<br>sodium salts | n.a.                        |
|                                   | 5% - 10%                           | 25% - < 50%                                                  | 5% - < 10%                                                        | 7% - < 10%                       | 10% - < 20%                                                       |                             |
|                                   | CAS: 9004-82-4                     | CAS: 68891-<br>38-3                                          | CAS: 68891-<br>38-3                                               | CAS: 9004-<br>82-4               | CAS: 68891-<br>38-3                                               |                             |

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

La Tabella 10 riporta il treatment ratio  $TR$  al quale i diversi terreni sono stati condizionati per allestire i microcosmi necessari all'esecuzione dei test per la determinazione dell'impatto ecotossicologico dei prodotti.

Tabella 10. Treatment ratio dei prodotti.

| prodotto                               | TR (L/m <sup>3</sup> ) |       |
|----------------------------------------|------------------------|-------|
|                                        | Flysch                 | Marna |
| Polyfoamer ECO/100 Plus                | 1.5                    |       |
| MasterRoc SLF 32                       | 1.1                    | 1.2   |
| Foamex SNG-AC                          | 1.2                    |       |
| CLB F5/AC                              | 1.0                    | 1.2   |
| Polyfoamer ECO/100 Plus+Stabilfoam 300 | 1.5                    |       |
| MasterRoc SLF 32+MasterRoc ACP 214     | 1.1                    | 1.2   |

Una volta allestito il set, sono stati eseguiti campionamenti di terreno condizionato a diversi tempi per l'esecuzione di test su organismi bersaglio quali *Daphnia Magna* e *Vibrio Fischeri*. I risultati hanno sottolineato, anche in questo studio, che il test di tossicità con *Daphnia Magna* già dal giorno 0 non ha evidenziato alcun effetto, essendo i valori di risposta tutti inferiori al 20%. La risposta ecotossicologica del *Vibrio Fischeri* ha mostrato come l'apporto degli agenti condizionanti non influenzi la risposta naturale del terreno vergine, così come emerso negli studi di IRSA-CNR per le altre formazioni testate a parità di agente condizionante.



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

## **4 Attività sperimentali per il progetto di Raddoppio della tratta Apice-Orsara: lotto funzionale Orsara-Bovino**

### **4.1 Generalità**

Nell'ambito delle attività di approfondimento finalizzate alla definizione del Progetto Esecutivo è prassi consolidata quella di analizzare tutte le informazioni relative agli studi di carattere geotecnico ed ecotossicologico eseguiti sulle formazioni interessate dallo scavo e sui prodotti (agenti condizionanti) che in fase di Progetto Definitivo si è ritenuto opportuno considerare per lo specifico progetto.

Tale analisi va eseguita anche alla luce delle possibili modifiche, più o meno sostanziali, che il progetto potrebbe subire in base alle eventuali varianti migliorative proposte in fase di gara o considerate in fase di redazione del Progetto Esecutivo.

Ulteriori considerazioni devono essere effettuate in merito ai prodotti considerati anche alla luce dell'evoluzione e dell'eventuale ingresso sul mercato di nuovi prodotti con migliori performance tanto dal punto di vista tecnico quanto dal punto di vista ambientale.

Alla luce di tale analisi, è opportuno considerare tutti gli studi eseguiti e adeguare il progetto (quindi la gestione del condizionamento in fase di scavo e la gestione delle terre e rocce da scavo) in base alle indicazioni emerse da tali studi ma, spesso, si ritiene opportuno integrare quanto fatto con nuove valutazioni coerenti con lo sviluppo del progetto e con la gestione del condizionamento e delle terre e rocca da scavo.

Per quanto riguarda il lotto Orsara-Bovino, coerentemente con quanto previsto in via preliminare:

- lo studio del condizionamento ed ecotossicologico delle argille subappennine (ASP) viene esteso rispetto a quanto fatto nel Progetto Definitivo, considerando, oltre al prodotto MAPEI Polyfoamer ECO/100 PLUS con l'additivo Stabilfoam 300 già testati, anche i prodotti CONDAT CLB F5/AC e BASF MasterRoc SLF 32 con e senza l'aggiunta del polimero BASF MasterRoc ACP 214;
- sono introdotte le prove di condizionamento ed ecotossicologiche sulla formazione flysch di Faeto (FAE), condotte utilizzando l'intera gamma dei prodotti selezionati;

La ripetuta occorrenza di alcune formazioni lungo il tracciato Apice-Hirpinia-Orsara-Bovino, costituito da tre lotti adiacenti, rende possibile un esame complessivo degli studi sul condizionamento eseguiti nell'ambito dei tre progetti, a beneficio delle considerazioni conclusive in merito ai dosaggi necessari e al profilo chimico-ecotossicologico dei terreni condizionati, che potranno essere dedotte sulla base di un maggior numero di informazioni e prove sperimentali; ciò riguarda in particolare i Depositi



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

Marini Pliocenici di cui fanno parte le Argille e Sabbie del Vallone Meridiano (BVNb), le Peliti di Difesa del Grande (STF2), il membro pelitico-arenaceo del Fiume Miscano (BNA2) e le marne argillose del Topo Capuana (TPC).

La seguente Tabella 11 riporta i prodotti da testare per ciascuna formazione. La selezione dei prodotti è stata effettuata sulla base di considerazioni tecniche e ambientali ma anche al fine di uniformare i diversi studi eseguiti sui diversi lotti.

Tabella 11. Prodotti considerati per le diverse formazioni.

|                            | sigla formazione | m da scavare per ciascuna canna | MAPEI Polyfoamer ECO/100 PLUS | LAMBERTI Foamex SNG-AC | CONDAT CLB F5/AC | BASF MasterRoc SLF 32 | BASF MasterRoc SLF 32 + MasterRoc ACP 214 |
|----------------------------|------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------|-----------------------|-------------------------------------------|
| Argille subappennine       | ASP              | 1455                            |                               |                        | ☒                | ☒                     | ☒                                         |
| Formazione di monte Sidone | SID              | 700                             |                               |                        |                  | ☒                     |                                           |
| Flysch di Faeto            | FAE              | 5855                            | ☒                             | ☒                      | ☒                | ☒                     | ☒                                         |

La Formazione di Toppa Capuana è stata esclusa dalla sperimentazione perché è intercettata dal tracciato per una lunghezza molto inferiore rispetto alle altre.

I prodotti considerati per gli studi di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico sono riportati nella seguente tabella e le relative schede tecniche e di sicurezza sono state precedentemente trasmesse in allegato.

Tabella 12. Prodotti da utilizzare per la sperimentazione.

| produttore | BASF             | BASF             | CONDAT    | LAMBERTI      | MAPEI                   |
|------------|------------------|------------------|-----------|---------------|-------------------------|
| prodotto   | MasterRoc SLF 32 | MasterRoc ACP214 | CLB F5/AC | Foamex SNG-AC | Polyfoamer ECO/100 PLUS |

## 4.2 Attività sperimentali geotecniche

### 4.2.1 Introduzione

Le attività sperimentali geotecniche per l'analisi del condizionamento per ciascuna specifica formazione dipendono sostanzialmente dal litotipo considerato, in particolare, con riferimento a

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

quanto esposto nei paragrafi precedenti, la scelta del range di dosaggi più adatto per ciascuna formazione persegue il raggiungimento di obiettivi differenti a seconda che i materiali da scavare siano a grana fine, a grana grossa o litoidi.

Le attività sperimentali eseguite sulle formazioni selezionate sono state identificate a seguito di una distinzione, ascrivendo ciascuna formazione a un “comportamento tipo”, che implica l’esecuzione di prove di laboratorio con modalità esecutive e finalità diverse. Generalmente, tali attività sperimentali consistono in:

- individuazione e caratterizzazione dei litotipi rappresentativi;
- caratterizzazione preliminare degli agenti chimici e della schiuma generata;
- identificazione dei prodotti chimici e dei range di dosaggi idonei allo scavo, sviluppo del programma sperimentale necessario a supportare tali valutazioni;
- redazione di un documento di sintesi delle attività svolte.

Lo studio è stato sviluppato utilizzando apparecchiature di prova specificatamente pensate e messe a punto presso il laboratorio geotecnico dell’Università di Roma “Sapienza” per replicare alcuni dei processi chimico/fisico/meccanici che avvengono durante il processo di condizionamento del terreno per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB.

Nel seguito sono sinteticamente descritte le modalità di esecuzione delle prove meno comuni eseguite prima e dopo il condizionamento delle formazioni interessate da questo studio.

### **Prova di semivita**

Le prove di laboratorio per la caratterizzazione della schiuma, come la prova di semivita, sono utili a comprendere se la schiuma generata possiede adeguate caratteristiche in termini di stabilità e omogeneità delle bolle; una schiuma poco stabile difficilmente riuscirà a trasmettere al fronte la pressione in modo corretto e, viceversa, molto probabilmente non riuscirà a prevenire fenomeni quali l’abrasione (per lo scavo in terreni a grana grossa) o il clogging (nel caso di terreni a grana fine) e darà problemi nel mantenimento della corretta pressione durante le fasi di fermo macchina necessarie all’installazione dei conci di rivestimento.

La prova di semivita è un modo diretto ed efficace per valutare e confrontare i diversi prodotti schiumogeni; tale test permette di valutare come e soprattutto di quanto variano le caratteristiche della schiuma al variare dei parametri (*C<sub>f</sub>* e *FER* principalmente). Sempre tramite questo stesso test è possibile valutare l’efficacia di aggiunte, in fase di generazione della schiuma, di polimeri di varia natura.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

L'apparecchio per la prova, illustrato in Figura 11, è composto da un cilindro in vetro e da un imbuto; tra i due elementi sono interposti un filtro non assorbente e due guarnizioni che assicurano la tenuta del collegamento. L'apparecchiatura è alloggiata su un apposito supporto.

Il procedimento della prova consiste nel prelevare la schiuma dal generatore e versarne 80 g nel cilindro di vetro, avviando contemporaneamente il cronometro. Viene quindi misurato il volume di liquido raccolto dal cilindro graduato nel tempo ad intervalli regolari fino al raggiungimento di 40 mL.

Il tempo necessario alla schiuma di drenare 40 mL di liquido è definito tempo di semivita o half-life time, *hlt*.

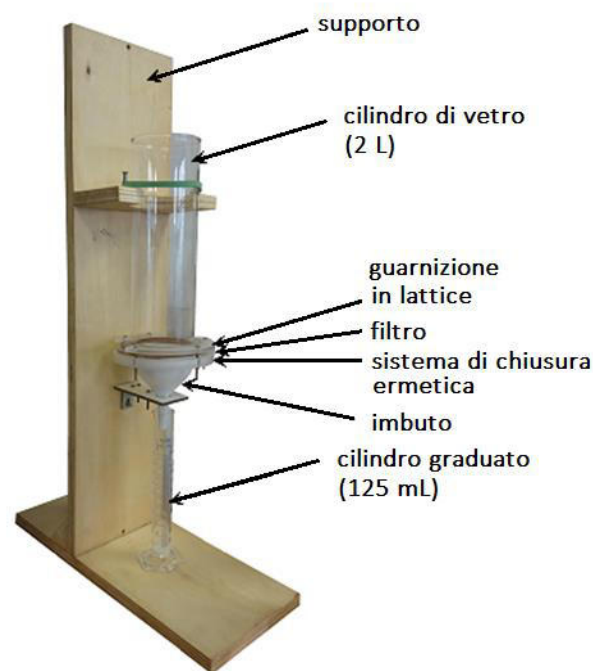


Figura 11. Attrezzatura da laboratorio per la misura della semivita.

### Prova di miscelazione

La prova di miscelazione o mixing test, così come la prova di pull-out dettagliata nel seguito, rappresenta una famiglia di metodologie diffuse per misurare l'adesione tra un elemento metallico e il terreno.

Il miscelatore Hobart mostrato in Figura 12 è spesso utilizzato per condizionare efficacemente il terreno a grana fine con la schiuma, ottenendo campioni omogenei. Attraverso l'osservazione diretta della consistenza del terreno così condizionato è possibile trarre valutazioni esclusivamente

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

qualitative sull'aderenza del terreno e conseguentemente sulla tendenza del terreno condizionato ad aderire agli utensili metallici (rischio clogging).

Per ottenere invece valutazioni quantitative si fa usualmente ricorso al mixing test: esso prevede la miscelazione del terreno per 1 minuto a velocità costante all'interno del miscelatore Hobart. Per quantificare empiricamente il rischio clogging è sufficiente pesare il terreno rimasto adeso all'utensile metallico miscelatore: all'aumentare di tale peso aumenta l'aderenza del terreno, direttamente legata al rischio clogging.

L'aderenza è dunque misurata tramite il parametro  $\lambda$  definito come:

$$\lambda = \frac{G_{MT}}{G_{TOT}}$$

in cui  $G_{MT}$  è il peso del terreno adeso all'utensile miscelatore e  $G_{TOT}$  è il peso totale del terreno utilizzato nella prova, usualmente pari a circa 1000 g.

Tale test permette di confrontare il rischio clogging di diversi terreni ma soprattutto di diversi condizionamenti, ottenuti variando i prodotti testati o i dosaggi scelti, permettendo così l'individuazione del trattamento ideale per minimizzarlo.



Figura 12. Attrezzatura per il mixing test.

### Prova di plate pull-out

Come anticipato, anche la prova di pull-out rappresenta uno dei metodi idonei alla misura dell'adesione tra un elemento metallico e il terreno. Diversi autori, con differenti approcci, hanno utilizzato questo test per misurare la tendenza di un terreno al clogging e, per confronto, l'effetto benefico ottenuto iniettando sostanze chimiche nel terreno.

La prova viene eseguita ponendo un oggetto metallico a contatto con il campione di terreno e quindi misurando la forza necessaria per separare l'utensile dal terreno, estraendolo verticalmente.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

La prova di pull-out, nella sua versione eseguita con un utensile conico, è stata suggerita per indagare la tendenza dei terreni argillosi ad aderire alle parti metalliche della testa fresante della TBM. La versione modificata, eseguita presso il laboratorio del Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica (DISG) di Sapienza, Università di Roma, è stata allestita applicando lo stesso principio ma utilizzando una piastra concava al posto del cono, come mostrato in Figura 13. Il vantaggio principale di questa configurazione è quello di migliorare il contatto tra l'utensile in acciaio e il terreno: il piatto, infatti, viene spinto direttamente sull'altra metà dello snodo sferico lasciando fra essi un sottile strato di terreno ed eliminando così eventuali dislivelli o bolle d'aria che si possono creare pre-forando la cavità per l'inserimento del cono. Questa configurazione, inoltre, ha fornito nel tempo risultati più ripetibili e affidabili e ha portato a minori errori nell'esecuzione del test.

La modalità di esecuzione della prova in questa configurazione modificata consiste nell'avvicinamento progressivo dell'utensile al campione di terreno, fino a farli aderire completamente, e la successiva estrazione dell'utensile ad una velocità costante e pari a 5 mm/min, misurando la forza ad intervalli di tempo regolari. La forza di estrazione massima misurata è la forza di pull-out *PF*.

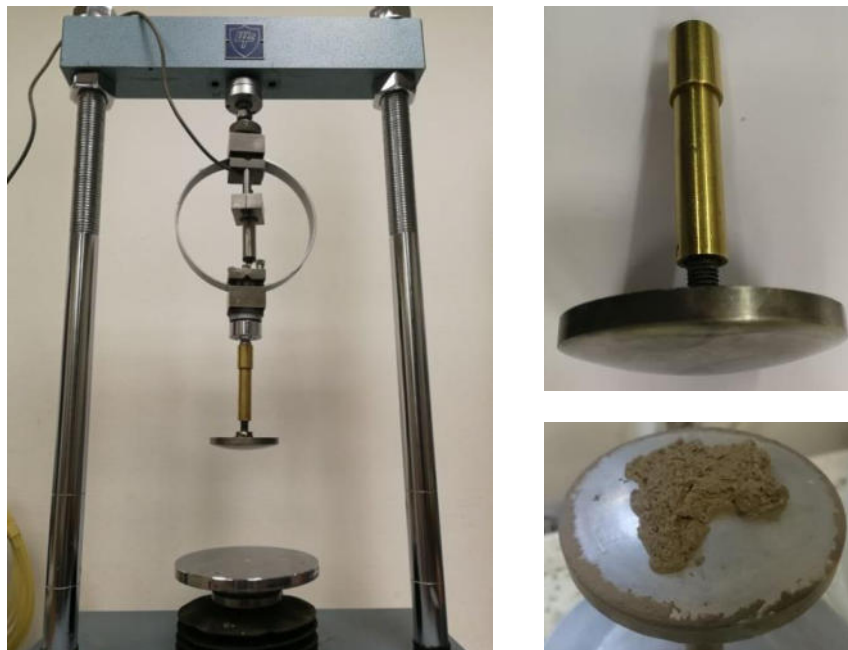


Figura 13. Apparecchiatura per il plate pull-out test.



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

### Prova di fall cone

Il fall cone test, così come la prova di spandimento alla tavola a scosse e lo slump test, rappresenta una delle molteplici prove di laboratorio utili per la stima della consistenza del materiale esaminato.

Nel dettaglio, la prova di fall cone fornisce una misura speditiva della resistenza al taglio non drenata  $c_u$  dei terreni a grana fine. Attraverso tale prova si misura la penetrazione  $h_f$  nel terreno di un cono di forma e peso standard, lasciato cadere da un apposito supporto. I valori dell'affondamento così misurati, in relazione al peso e alla forma del cono, possono essere correlati ai limiti di Atterberg (Wroth & Wood, 1978) e alla resistenza non drenata (Hansbo, 1957; Koumoto & Houlsby, 2001) dei terreni a grana fine, fornendo un metodo veloce, semplice e accurato per determinare tali parametri.

La relazione tra l'affondamento dell'utensile conico e la resistenza al taglio non drenata viene espressa dalla seguente relazione:

$$c_u = \frac{K \cdot W}{h_f^2}$$

in cui  $c_u$  rappresenta la resistenza al taglio non drenata,  $K$  una costante dipendente dalla geometria del cono scelto (fall cone factor),  $W$  il peso del cono e  $h_f$  la penetrazione del cono nel campione di terreno.



Figura 14. Attrezzatura per il fall cone test.

### Slump test e prova di spandimento alla tavola a scosse

Come anticipato, anche lo slump test e la prova di spandimento alla tavola a scosse sono prove usualmente utilizzate al fine di valutare l'effetto delle combinazioni di parametri legati al condizionamento (tipologia di schiuma,  $C_f$ ,  $FER$ ,  $FIR$ , acqua aggiunta, eventuali polimeri, etc...) sulla consistenza di un determinato tipo di terreno. Lo scopo delle prove è quello di individuare il campo delle coppie di valori dei volumi di acqua e di schiuma da aggiungere ad uno specifico terreno per conferirgli caratteristiche ottimali di consistenza.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

Tali prove vengono solitamente eseguite utilizzando il cono di Abrams (slump test, Figura 15a) il quale però richiede un quantitativo di terreno pari a circa 10 kg per ciascuna prova. Per tale motivo, e considerando inoltre la granulometria piuttosto fine di molti terreni, su campioni relativamente omogenei come quelli oggetto di questa attività sperimentale, le stesse valutazioni sulla consistenza del terreno condizionato possono essere ottenute tramite i risultati delle prove di laboratorio eseguite con la tavola a scosse (flow table test, Figura 15b), la quale richiede un quantitativo di terreno sensibilmente inferiore.

In questo secondo caso, la procedura richiede l'utilizzo di uno stampo di forma analoga al cono di Abrams ma di dimensioni più contenute e prevede la trasmissione di una serie di impulsi meccanici (scosse) al provino, il quale si spanderà. Le scosse sono applicate al campione in 3 serie rispettivamente da 15, 10 e 15 colpi. Il risultato, definito flow o spandimento, corrisponde all'aumento del diametro del campione rispetto alla configurazione iniziale al termine dei colpi. I valori delle prove sono confrontati considerando il diametro del campione, espresso in cm, al termine dei primi 15 colpi.

Gli studi (Sebastiani e Di Giulio, 2021) condotti sulla correlazione esistente fra queste due prove mostrano che i valori accettabili dello slump test (15-20 cm) corrispondono, nella prova di spandimento alla tavola a scosse, ad un diametro del provino appartenente al range 13-16 cm dopo 15 colpi per i terreni a grana fine.



Figura 15. Cono di Abrams (a) e tavola a scosse (b).

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

### Prova di abrasione

Il test di abrasione viene condotto tramite l'utilizzo di un miscelatore su cui è montato un disco di plexiglass, il quale viene fatto ruotare per 10 minuti all'interno di un recipiente contenente un quantitativo sufficiente di terreno condizionato (circa 10 kg). La prova consiste nel misurare in termini di differenza di peso il consumo del disco di plexiglass.

I risultati di questo test non forniscono una valutazione assoluta dell'abrasività del terreno, la quale dipende fortemente anche da parametri non considerabili nella prova qui descritta (densità del terreno in situ, contenuto d'acqua naturale, pressioni interstiziali, etc...), ma permettono di valutare l'effetto lubrificante della schiuma in esame confrontando vari prodotti schiumogeni.

### **4.2.2 Prove di caratterizzazione degli agenti condizionanti e dei polimeri**

Le prove di caratterizzazione degli agenti condizionati sono prove di laboratorio, quali il peso di volume o la misura della viscosità, finalizzate a:

- caratterizzare il prodotto e acquisire gli elementi necessari a dosare il prodotto e generare la schiuma con una maggiore precisione;
- verificare che il prodotto sia idoneo all'utilizzo nella TBM e non crei problemi nell'impianto di iniezione durante lo scavo;
- avere elementi utili a verificare, in corso d'opera, che il prodotto fornito e utilizzato abbia effettivamente le caratteristiche corrette.

Di seguito, per ciascuno dei prodotti considerati nello studio, si riportano le caratteristiche chimico/fisiche desunte dalle schede di tecniche e di sicurezza.

Tabella 13. Caratteristiche dei prodotti da utilizzare per la sperimentazione.

|                                   | BASF                                   | BASF             | CONDAT            | LAMBERTI      | MAPEI                   |
|-----------------------------------|----------------------------------------|------------------|-------------------|---------------|-------------------------|
|                                   | MasterRoc SLF 32                       | MasterRoc ACP214 | CLB F5/AC         | Foamex SNG-AC | Polyfoamer ECO/100 PLUS |
| <b>aspetto</b>                    | liquido                                | liquido          | liquido           | liquido       | liquido                 |
| <b>colore</b>                     | incolore -<br>lievemente<br>paglierino | bruno - scuro    | incolore - giallo | giallognolo   | paglierino              |
| <b>densità (g/cm<sup>3</sup>)</b> | 1.008-1.028                            | 1.113-1.119      | 1.04              | 1.02          | 1.01-1.07               |
| <b>pH (20 °C)</b>                 | 10.5                                   | 6 - 8            | 8 -10             | 6 - 9         | 8.5                     |
| <b>punto di ebollizione</b>       | >100 °C                                | >100 °C          | 100 °C            | N.D.          | 100 °C                  |

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

|                             |                                                       |      |                                                       |                             |                        |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| sostanza chimica principale | Alcohols, C12-14, ethoxylated, sulfates, sodium salts | n.d. | Alcohols, C12-14, ethoxylated, sulfates, sodium salts | Sodium alkylether sulphate. | Sodium laureth sulfate |
|                             | 10% - < 20%                                           |      | 5% - < 10%                                            | 7% - < 10%                  | 5% - 10%               |
|                             | CAS: 68891-38-3                                       |      | CAS: 68891-38-3                                       | CAS: 9004-82-4              | CAS: 9004-82-4         |

Per ogni prodotto (agenti condizionanti e polimero) sono state eseguite le prove di viscosità con il cono di Marsh, nonché la misura della densità del prodotto. I risultati così ottenuti sono riportati nella seguente tabella:

Tabella 14. Risultati di viscosità e densità degli agenti condizionanti.

| produttore | prodotto                | viscosità Marsh (s) | densità (g/mL) |
|------------|-------------------------|---------------------|----------------|
| BASF       | MasterRoc SLF 32        | 29                  | 1.02           |
| BASF       | MasterRoc ACP 214       | 35                  | 1.09           |
| CONDAT     | CLB F5/AC               | 30                  | 1.04           |
| LAMBERTI   | Foamex SNG-AC           | 41                  | 1.02           |
| MAPEI      | Polyfoamer ECO/100 Plus | 51                  | 1.02           |

#### 4.2.3 Prove di caratterizzazione della schiuma

Le schiume utilizzate in questa sperimentazione sono state realizzate utilizzando un sistema di generazione di schiume da laboratorio (cfr. Paragrafo 2.2), appositamente progettato e disponibile presso il Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica di Sapienza, Università di Roma, che consente di controllare e regolare i parametri di condizionamento (*C<sub>f</sub>* e *FER*).

Le prove di semivita sono state eseguite generando schiuma con fattore di concentrazione  $C_f = 2.0\%$  e diversi valori di *FER*. Ogni misurazione è stata ripetuta tre volte con una buona riproducibilità come mostrato in Figura 17, portando ai valori medi di tempo di semivita mostrati in Figura 16 insieme alla classificazione delle schiume proposta da Sebastiani et al. (2019).

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

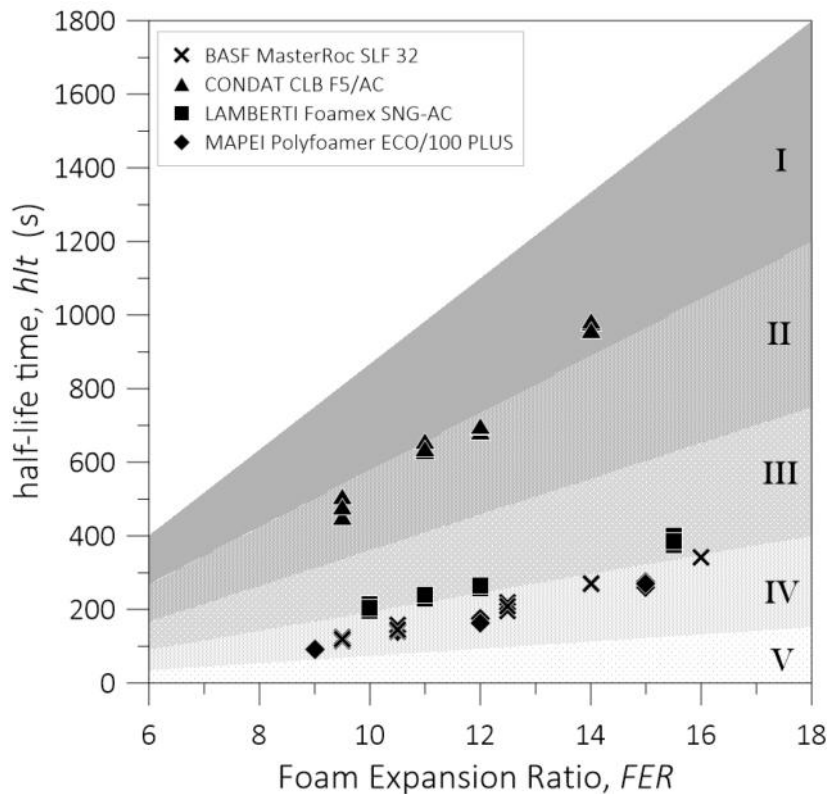


Figura 16. Tempi di semivita ottenuti a diversi FER per ciascun agente schiumogeno.

Come è possibile notare, le schiume generate con il prodotto CONDAT CLB F5/AC ricadono a cavallo delle classi I e II (*very high/high stability*), quelle generate con il prodotto LAMBERTI Foamex SNG-AC in classe III (*considerable stability*) mentre le schiume generate con i prodotti BASF MasterRoc SLF 32 e MAPEI Polyfoamer ECO/100 PLUS in classe IV (*moderate stability*). Tali risultati sembrano essere del tutto in linea con i risultati ottenuti sugli stessi prodotti nell'ambito di sperimentazioni analoghe sviluppate negli stessi laboratori della Sapienza in supporto alla progettazione e realizzazione di gallerie in Italia e all'estero.

Le seguenti figure mostrano, per ciascun prodotto, il liquido drenato nel tempo durante le prove di semivita effettuate.

Per ciascun prodotto appare chiaro l'incremento di stabilità mostrato dai campioni di schiuma generata al crescere del FER impostato e la differenza, tra un prodotto e l'altro, dell'entità di tale incremento.



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

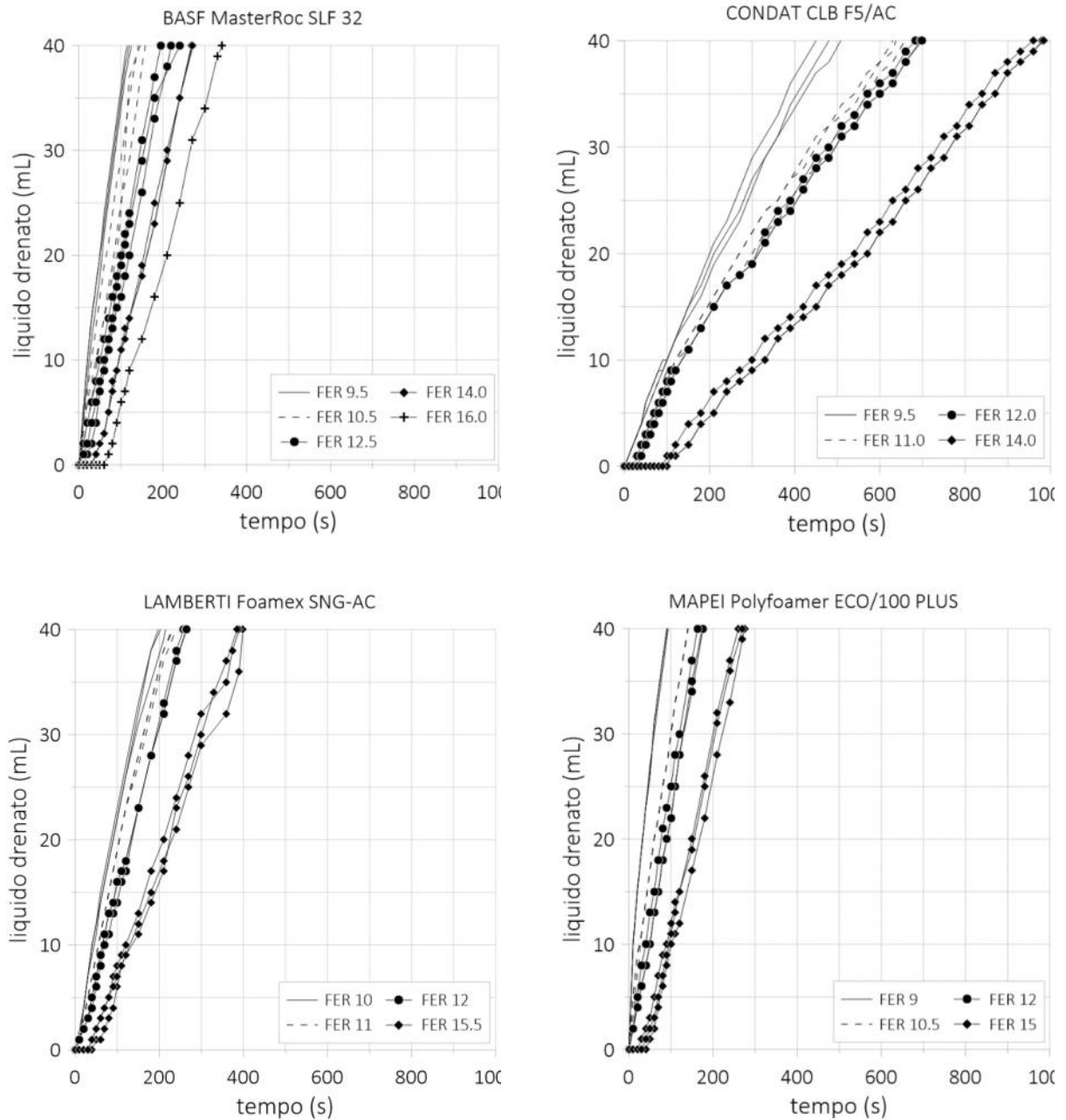


Figura 17. Risultati delle prove di semivita eseguite su ciascun agente schiumogeno analizzato nella sperimentazione.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

#### 4.2.4 Caratterizzazione delle formazioni

I campioni di terreno rappresentanti le formazioni ASP (argille subappennine), SID (formazione di monte Sidone) e FAE (flysch di Faeto) sono stati consegnati presso il laboratorio del Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica (DISG) dell'Università di Roma "Sapienza" in cassette catalogatrici (Figura 18, e Figura 19 Figura 20) in quantità comprese fra 150 e 400 kg circa per ciascuna litologia.



Figura 18. Esempio di cassetta catalogatrice contenente la formazione ASP.

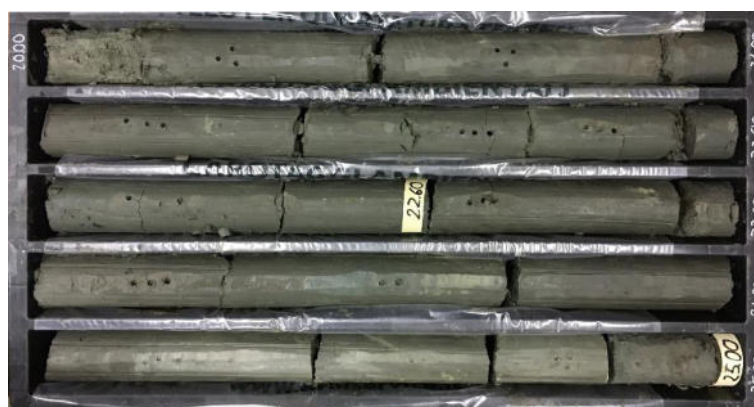


Figura 19. Esempio di cassetta catalogatrice contenente la formazione SID.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino



Figura 20. Esempio di cassetta catalogatrice contenente la formazione FAE.

La classificazione dei terreni è stata eseguita secondo gli standard AGI (Associazione Geotecnica Italiana, 1994) e ASTM D 4318. L'andamento delle distribuzioni granulometriche (Figura 21), e i limiti di Atterberg (Tabella 15) sono stati determinati per le formazioni ASP, SID e per la frazione non litoide di FAE: per quest'ultima, infatti, i campioni consegnati presso il laboratorio della "Sapienza" mostrano un'alternanza di roccia e terra, con una prevalenza di argilla rispetto alla frazione litoide (come mostrato nella foto esemplificatrice in Figura 20). Le indagini geotecniche disponibili per questa formazione mostrano che il rapporto tra la componente lapidea e quella limosa-argillosa, che la caratterizza come formazione strutturalmente complessa, non si mantiene costante lungo tutto il tracciato e che in diverse porzioni dell'ammasso esso assume valori simili a quello osservato nel sondaggio ricevuto in laboratorio, dove il rapporto roccia/terreno è di circa 25/75 m/m. Considerando che la prevalenza della frazione fine può rappresentare una situazione più delicata dal punto di vista del condizionamento, per FAE si è scelto di concentrare lo studio su questa, incentrando dunque le prove di laboratorio sulla determinazione del clogging potenziale di questa formazione e utilizzando nel seguito prodotti schiumogeni in grado di diminuire l'adesività del materiale.

I risultati ottenuti dalla determinazione dei limiti di Atterberg sono riportati nella carta di plasticità di Casagrande in Figura 22 e in Tabella 15, nella quale sono mostrati anche i valori dell'attività  $A$ , della densità  $\rho_s$  determinata tramite il picnometro ad elio e il peso di volume della parte solida  $\gamma_s$ . I valori ottenuti rientrano nei range riportati nella caratterizzazione geotecnica esistente per ciascuna formazione.

Il contenuto d'acqua dei campioni misurato al loro arrivo è risultato essere appartenente al range 17÷30% per la formazione ASP, 20÷25% per SID e 15÷25% per la componente fine della formazione

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

F AE. Tali valori risultano del tutto coerenti con i range riportati nella caratterizzazione geotecnica eseguita su tali formazioni e riportata nel documento “IF1W00D07RBGN0000001A – Relazione geotecnica e di calcolo della galleria naturale”, ovvero  $15\div 25\%$  per ASP e  $20\div 30\%$  per SID. Per la formazione FAE alcune determinazioni del contenuto d’acqua che afferiscono alla componente limosa-argillosa sono riportate nel documento “IF1W00D69PRGE0005001A – Prove di laboratorio”, nel range  $20\div 30\%$ .

Al fine di ottenere campioni omogenei per l’esecuzione dei test geotecnici di condizionamento, tutti i terreni sono stati essiccati in forno, quartati e successivamente riportati al loro contenuto d’acqua originario. Avendo determinato all’arrivo dei campioni contenuti d’acqua leggermente variabili in base alla profondità dei sondaggi eseguiti e al grado di disturbo dei campioni, per ciascuna formazione è stato ritenuto opportuno scegliere un valore medio, anche alla luce dei range riportati nella caratterizzazione geotecnica di cui sopra. Il contenuto d’acqua medio per la formazione ASP è stato definito pari a 20%, per la formazione SID pari a 25% e per la formazione FAE pari a 25%.



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

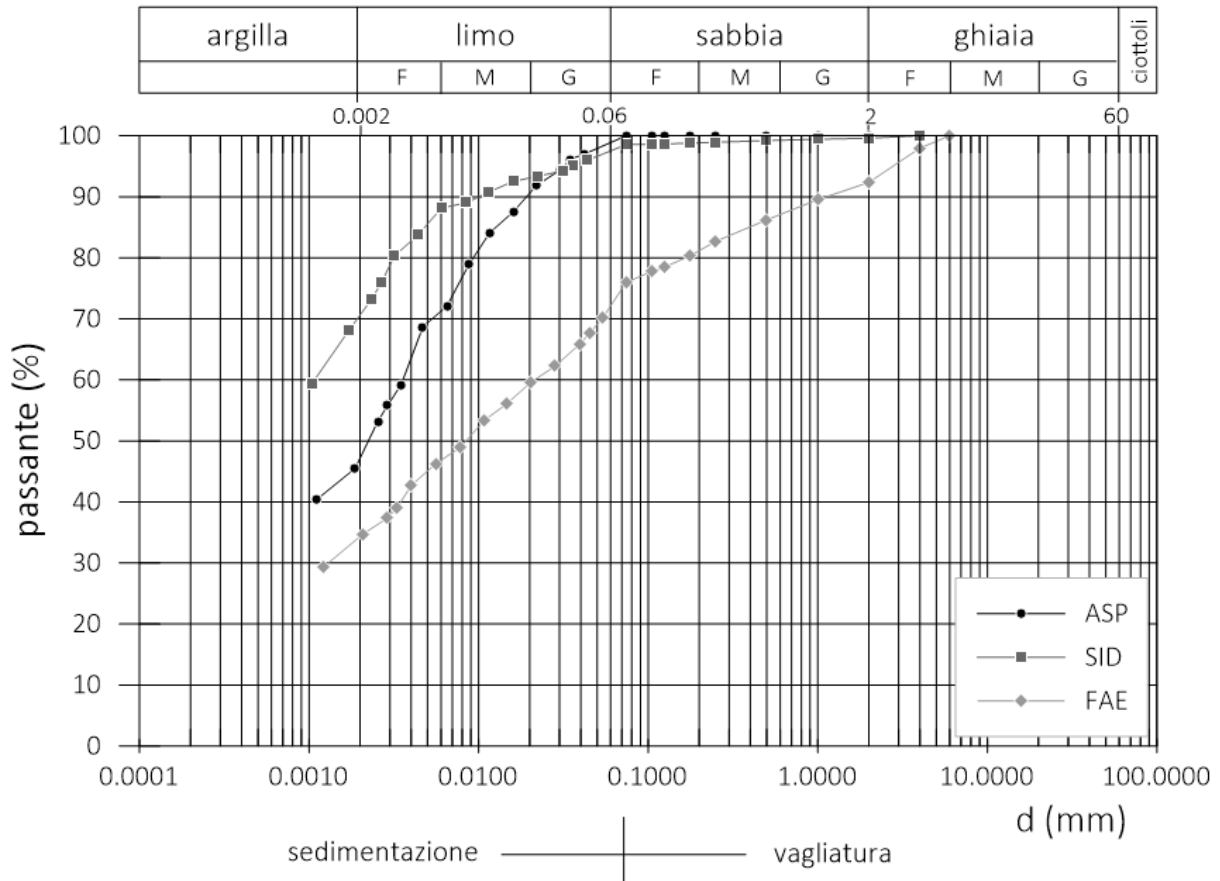


Figura 21. Curve granulometriche delle formazioni ASP, SID e FAE.

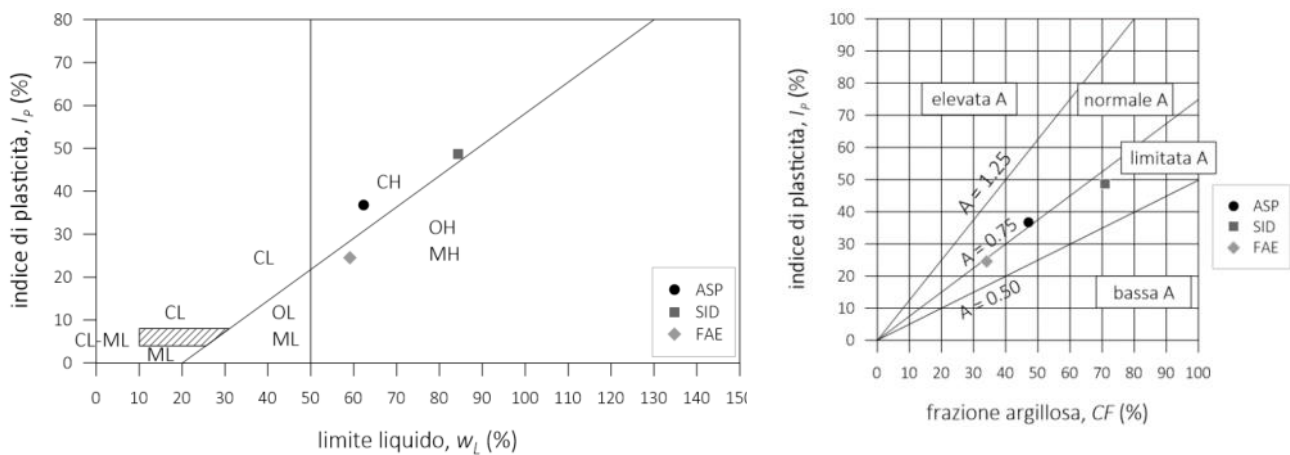


Figura 22. Carta di plasticità di Casagrande (sinistra) e grafico dell'attività A (destra).



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

Tabella 15. Limiti di Atterberg, attività  $A$ , densità  $\rho_s$  e peso di volume della parte solida  $\gamma_s$  delle formazioni ASP, SID e FAE.

| formazione | $w_L$<br>(%) | $w_P$<br>(%) | $I_P$<br>(%) | $A$<br>(-) | $\rho_s$<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | $\gamma_s$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |
|------------|--------------|--------------|--------------|------------|----------------------------------|------------------------------------|
| ASP        | 62.3         | 26           | 37           | 0.78       | 2.67                             | 26.20                              |
| SID        | 84.4         | 36           | 49           | 0.69       | 2.59                             | 25.38                              |
| FAE        | 59.1         | 34           | 25           | 0.72       | 2.49                             | 24.43                              |

#### 4.2.5 Risultati dei terreni non condizionati

A seguito della caratterizzazione delle formazioni riportata nel paragrafo precedente, si è proceduto con una campagna di prove di laboratorio su tali terreni non condizionati. I risultati così ottenuti, ed esposti nel seguito, sono necessari al fine di evidenziare gli eventuali cambiamenti delle caratteristiche dei terreni a seguito del processo di condizionamento degli stessi.

Concordemente a quanto esposto nel Capitolo 2 e considerando la natura molto fine dei terreni oggetto di questo studio, le prove si sono incentrate nello studio della riduzione del rischio clogging di ciascun terreno e nella verifica del raggiungimento della consistenza adeguata al funzionamento della tecnologia EPB.

##### 4.2.5.1 Argille subappennine (ASP)

Come ampiamente discusso nel Capitolo 2.3, le indagini eseguite sulla formazione delle argille subappennine ASP e trattate nel seguito hanno la primaria necessità di quantificare il rischio clogging del terreno (prova di mixing e plate pull-out) nonché determinare la sua consistenza (prova di spandimento alla tavola a scosse e fall cone) al variare del contenuto d'acqua.

Il mixing test è stato eseguito al fine di quantificare empiricamente il clogging potenziale di un terreno argilloso, misurato attraverso il parametro  $\lambda$ : esso infatti quantifica la tendenza del terreno ad aderire ad un utensile metallico utilizzato per la miscelazione eseguita all'interno dell'Hobart.

I risultati ottenuti da questa prova a differenti contenuti d'acqua sono riportati in Tabella 16 e mostrati in Figura 23, insieme ai campi di rischio clogging proposti da Thewes nel 1999.

La distribuzione normale teorica proposta per la formazione ASP, derivata dai risultati puntuali ottenuti a differenti contenuti d'acqua  $w$ , è necessaria a comprendere come il clogging potenziale si modifichi al variare del contenuto d'acqua e, inoltre, a confrontare questi risultati con quelli ottenuti a seguito del processo di condizionamento.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

Sia per il mixing test che per la prova di pull-out le distribuzioni normali sono state ottenute determinando per ogni dataset, ossia per l'insieme dei risultati sperimentali, i tre parametri fondamentali  $\mu$ ,  $\sigma$  e  $c$  dell'equazione di Gauss:

$$N(\mu, \sigma) = c \cdot \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2 \cdot \sigma^2}}$$

in cui  $\mu$  rappresenta la media della distribuzione normale,  $\sigma$  la sua deviazione standard e  $c$  il coefficiente di amplificazione.

La stima della distribuzione normale teorica che meglio approssima i risultati sperimentali è basata su un coefficiente di determinazione, noto anche come  $R^2$ , il quale rappresenta la misura della bontà del modello di regressione. Tale parametro è una misura statistica che varia fra 0 e 1, in cui 1 rappresenta la miglior distribuzione stimata, e viene determinato tramite la seguente equazione:

$$R^2 = 1 - \frac{RSS}{TSS}$$

in cui  $RSS$  (residual sum of squares) rappresenta la totalità delle differenze fra i valori misurati e quelli stimati dal modello di regressione,  $TSS$  (total sum of square) è la misura della variazione esistente nei dati osservati.

Facendo variare i parametri  $\mu$ ,  $\sigma$  e  $c$  dell'equazione di Gauss è dunque possibile determinare i valori per cui  $R^2$  risulta più prossimo possibile all'unità e conseguentemente qual è la distribuzione normale che rappresenta il miglior modello per i risultati sperimentali.

Dalla Figura 23 è possibile osservare che i valori più elevati di aderenza  $\lambda$  (area di alto rischio clogging) ricadono nel range di indice di consistenza  $I_c$  pari circa a 0.20 e 0.65, mentre il picco si posiziona a circa 0.43.

Come già anticipato, oltre al mixing un'altra prova che fornisce informazioni circa l'aderenza del terreno è il plate pull-out. Se entrambe le prove sono eseguite correttamente, infatti, quest'ultima fornisce risultati sostanzialmente in linea con quelli ottenuti dal mixing ma tipicamente i valori maggiori di aderenza vengono raggiunti per contenuti d'acqua leggermente minori (pertanto indici di consistenza di poco maggiori).

I risultati ottenuti dalle prove di plate pull-out a diversi indici di consistenza sono riportati nella seguente Figura 24 e in Tabella 16. Come atteso, i risultati forniscono informazioni essenzialmente in linea con quelle ottenute dalla prova di mixing ma sono leggermente traslati verso indici di consistenza più elevati: i valori massimi di forza di pull-out sono infatti registrati per  $I_c$  pari circa a 0.55.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

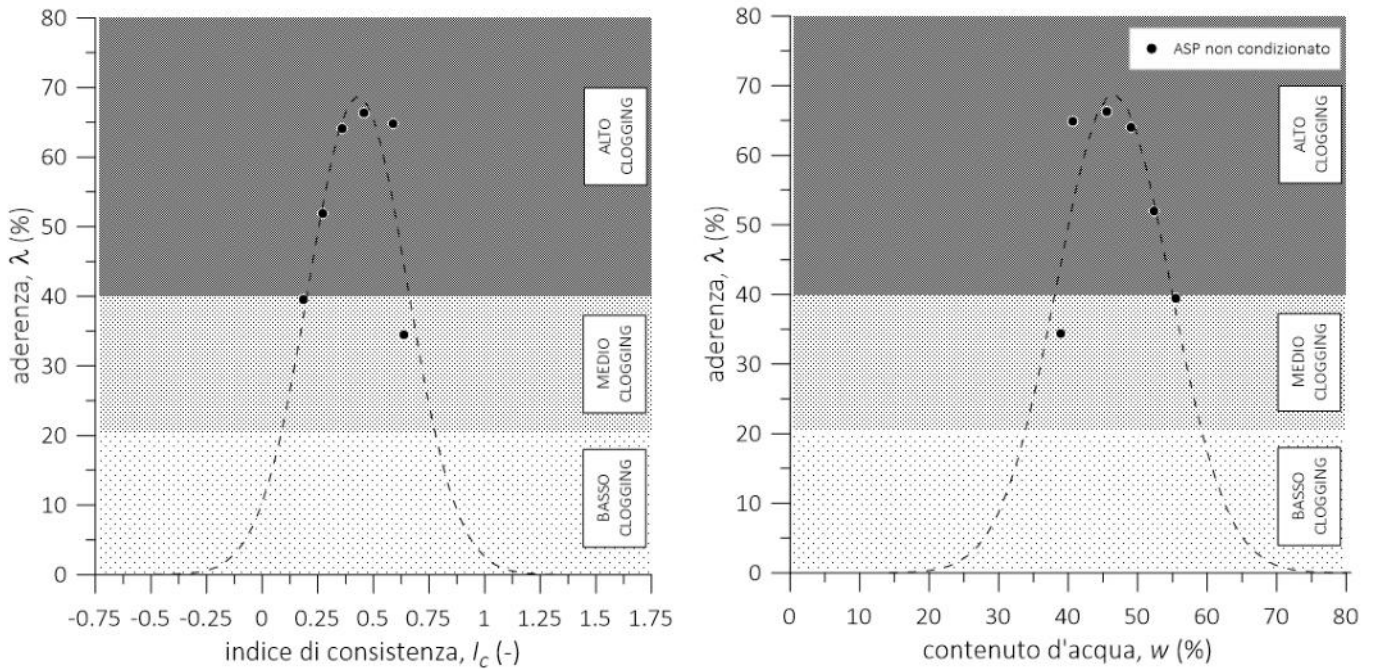


Figura 23. Risultati del mixing test sulla formazione ASP.

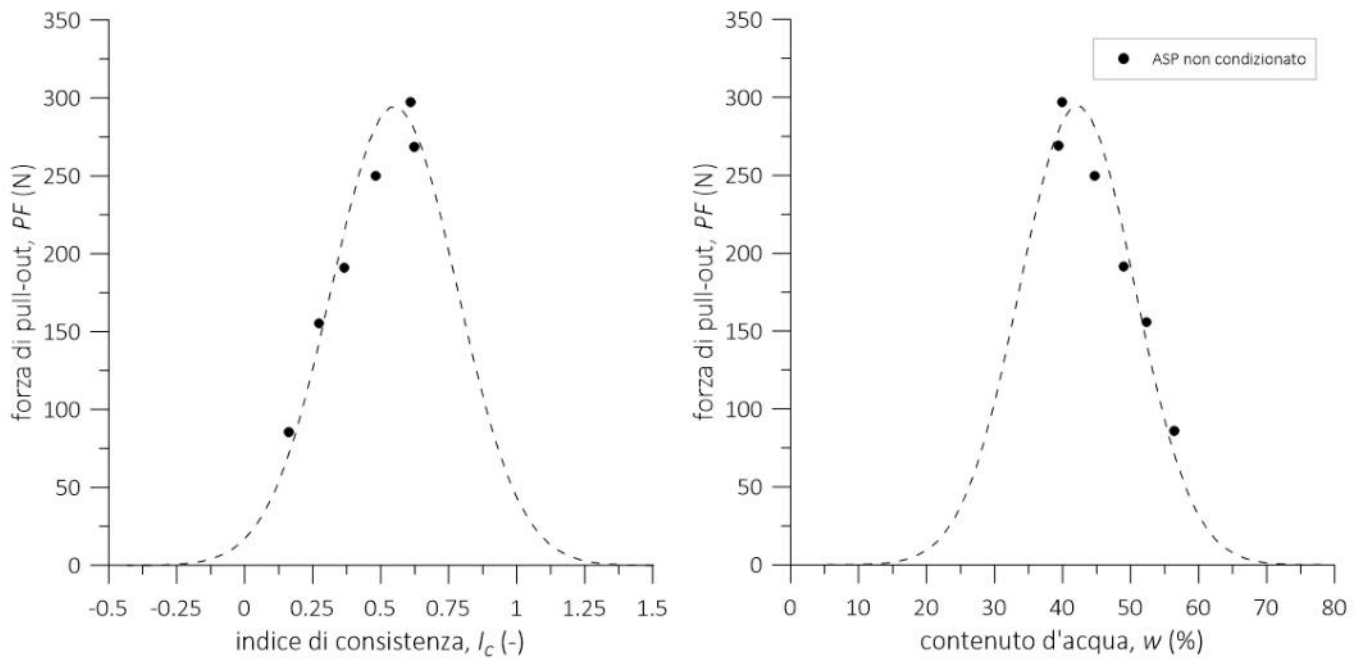


Figura 24. Risultati del pull-out test sulla formazione ASP.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

Le caratteristiche di consistenza della formazione ASP, come precedentemente discusso, sono state indagate tramite il fall cone test e la prova di spandimento alla tavola a scosse (Tabella 16), entrambe eseguite su campioni aventi diversi contenuti d'acqua.

I risultati ottenuti dalla prova di fall cone sono stati graficati nella figura sottostante in termini di resistenza al taglio non drenata  $c_u$  e indice di liquidità  $I_L$  insieme al range di risultati raccolti da Mitchell (1976), il quale evidenzia la bontà dei risultati sperimentali ottenuti.

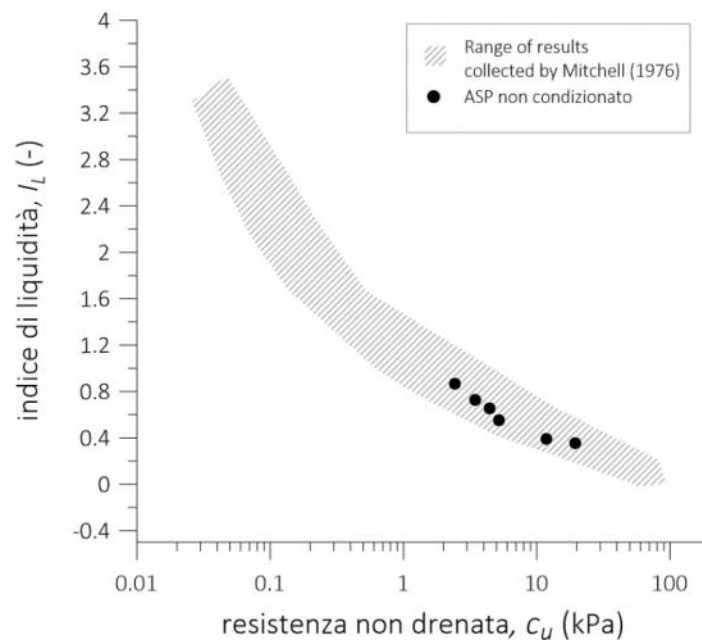


Figura 25. Risultati del fall cone test sulla formazione ASP e range proposto da Mitchell.

La prova di spandimento alla tavola a scosse, infine, permette di determinare la consistenza del campione esaminato, aggiungendo ulteriori informazioni a quelle ottenute tramite la prova di fall cone. In questo caso il parametro è determinato dall'aumento del diametro medio del campione di terreno estratto da uno stampo metallico e poi soggetto a 15 colpi della tavola a scosse.

I risultati ottenuti a diversi contenuti d'acqua sono riportati in Tabella 16 e mostrano un aumento del diametro medio del campione (e dunque una diminuzione della consistenza dello stesso) all'aumentare del contenuto d'acqua.



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

Tabella 16. Risultati delle prove di mixing  $\lambda$ , pull-out  $PF$ , fall cone  $c_u$  e di spandimento alla tavola a scosse  $d_{15}$  eseguite sulla formazione ASP.

| $I_{C_{medio}}$<br>(-) | $W_{medio}$<br>(%) | $\lambda$<br>(%) | $PF$<br>(N) | $c_u$<br>(kPa) | $d_{15}$<br>(cm) |
|------------------------|--------------------|------------------|-------------|----------------|------------------|
| 0.18                   | 55.8               | 39.4             | 85.70       | 2.42           | 10.8             |
| 0.27                   | 52.6               | 51.9             | 155.51      | 3.46           | 10.6             |
| 0.37                   | 48.9               | 64.1             | 191.19      | 4.44           | 10.4             |
| 0.47                   | 45.2               | 66.4             | 249.87      | 5.19           | 10.2             |
| 0.60                   | 40.2               | 64.9             | 297.30      | 11.82          | 10.2             |
| 0.63                   | 39.2               | 34.4             | 268.99      | 19.44          | 10.1             |

#### 4.2.5.2 Formazione di monte Sidone (SID)

Analogamente a quanto esposto per la formazione ASP, le indagini eseguite sulla formazione di monte Sidone SID e discusse nel seguito hanno la primaria necessità di quantificare il potenziale rischio clogging del terreno (prova di mixing e pull-out) nonché determinare la sua consistenza (prova di spandimento alla tavola a scosse e fall cone) al variare del contenuto d'acqua.

I risultati del mixing test a differenti contenuti d'acqua sono riportati in Tabella 17 e mostrati in Figura 26 insieme ai campi di rischio clogging proposti da Thewes nel 1999.

Dalla Figura 26 è possibile osservare che i valori più elevati di aderenza  $\lambda$  (area di alto rischio clogging) ricadono nel range di indice di consistenza  $I_c$  pari circa a 0.10 e 0.65, mentre il picco si posiziona a circa 0.37.

Come già anticipato, oltre al mixing un'altra prova che fornisce informazioni circa l'aderenza del terreno è il pull-out. Se entrambe le prove sono eseguite correttamente, infatti, quest'ultima fornisce risultati sostanzialmente in linea con quelli ottenuti dal mixing ma tipicamente i valori maggiori di aderenza vengono raggiunti per contenuti d'acqua leggermente minori (pertanto indici di consistenza di poco maggiori).

I risultati ottenuti dalle prove di plate pull-out a diversi indici di consistenza sono riportati nella seguente Figura 27 e in Tabella 17. Come previsto, i risultati forniscono informazioni circa l'aderenza del terreno sostanzialmente in linea con quelle ottenute dalla prova di mixing ma traslati verso indici di consistenza più elevati.

L'elevata plasticità del terreno comporta che l'assorbimento dell'acqua richieda tempi più lunghi, pertanto le prove sono state svolte avendo cura di omogeneizzare il contenuto d'acqua dei campioni, che altrimenti si presenterebbero in zolle producendo risultati dispersi e di difficile interpretazione. Probabilmente allo stesso fenomeno si può ascrivere anche l'andamento asimmetrico dei dati



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

rispetto alla gaussiana, che rimane tuttavia un utile riferimento per l'interpretazione delle prove sui campioni condizionati.

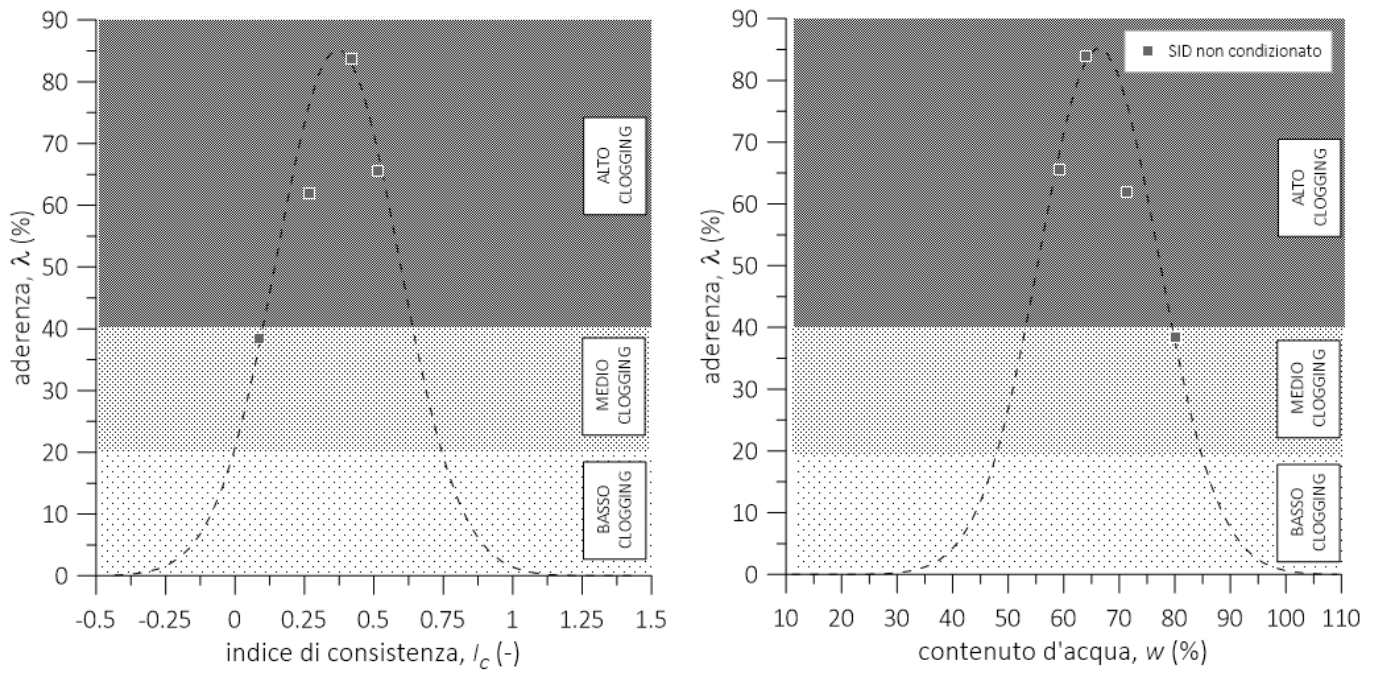


Figura 26. Risultati del mixing test sulla formazione SID.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

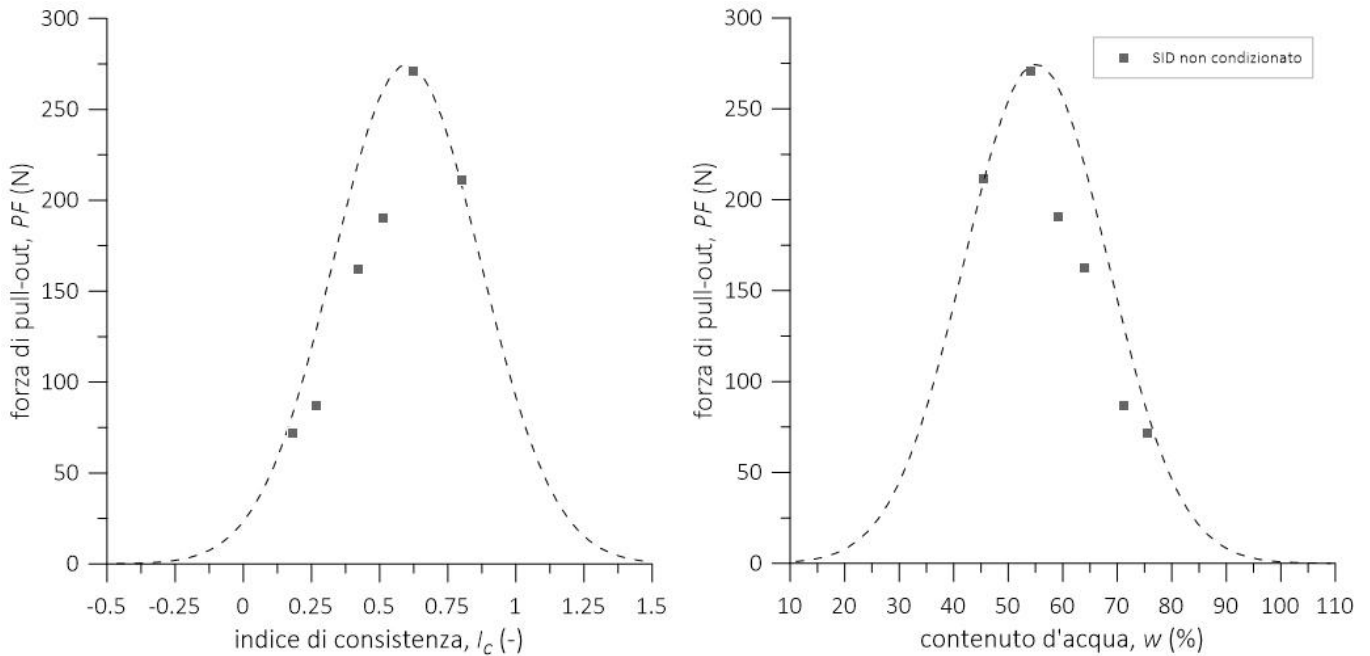


Figura 27. Risultati del pull-out test sulla formazione SID.

Le caratteristiche di consistenza della formazione SID, come precedentemente discusso, sono state indagate tramite il fall cone test e la prova di spandimento alla tavola a scosse (Tabella 17), entrambe eseguite su campioni aventi diversi contenuti d'acqua.

I risultati ottenuti dalla prova di fall cone sono stati graficati nella figura sottostante in termini di resistenza al taglio non drenata  $c_u$  e indice di liquidità  $I_L$  insieme al range di risultati collezionati da Mitchell nel 1976, il quale evidenzia la bontà dei risultati sperimentali ottenuti.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

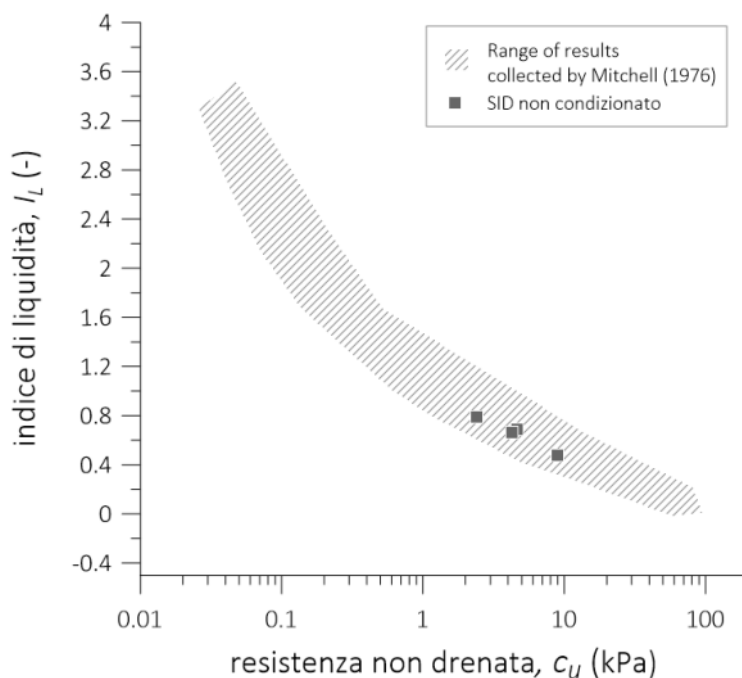


Figura 28. Risultati del fall cone test sulla formazione SID e range proposto da Mitchell.

La prova di spandimento alla tavola a scosse, infine, permette di determinare la consistenza del campione esaminato, aggiungendo ulteriori informazioni a quelle ottenute tramite la prova di fall cone. In questo caso il parametro è determinato dall'aumento del diametro medio del campione di terreno precedentemente posto all'interno di uno stampo metallico poi rimosso, e soggetto a 15 impulsi meccanici verticali (scosse).

I risultati ottenuti a diversi contenuti d'acqua sono riportati nella tabella sottostante e mostrano, come previsto, un aumento medio del diametro medio del campione (e dunque una diminuzione della consistenza dello stesso) con l'aumentare del contenuto d'acqua.

Tabella 17. Risultati delle prove di mixing  $\lambda$ , pull-out  $PF$ , fall cone  $c_u$  e di spandimento alla tavola a scosse  $d_{15}$  eseguite sulla formazione SID.

| $I_{C_{medio}}$<br>(-) | $w_{medio}$<br>(%) | $\lambda$<br>(%) | $PF$<br>(N) | $c_u$<br>(kPa) | $d_{15}$<br>(cm) |
|------------------------|--------------------|------------------|-------------|----------------|------------------|
| 0.46                   | 62.1               | 83.8             | 162.3       | 4.63           | 10.7             |
| 0.63                   | 53.8               | -                | 270.8       | -              | -                |
| 0.80                   | 45.4               | -                | 211.4       | -              | -                |
| 0.53                   | 58.6               | 65.5             | 190.4       | 8.95           | 10.5             |
| 0.29                   | 70.2               | 61.9             | 86.6        | 4.24           | 12.0             |
| 0.19                   | 75.1               | 38.4             | 71.8        | 2.40           | 13.8             |

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

#### 4.2.5.3 Flysch di Faeto (FAE)

Analogamente a quanto esposto per le formazioni ASP e SID, le indagini eseguite sul flysch di Faeto FAE e discusse nel seguito hanno la primaria necessità di quantificare il potenziale rischio clogging del terreno (prova di mixing e pull-out) nonché determinare la sua consistenza (prova di spandimento alla tavola a scosse e fall cone) al variare del contenuto d'acqua.

I risultati del mixing test ottenuti a differenti contenuti d'acqua sono riportati in Tabella 18 e mostrati in Figura 29 insieme ai campi di rischio clogging proposti da Thewes nel 1999.

Dalla Figura 29 è possibile osservare che i valori più elevati di aderenza  $\lambda$  (area di alto rischio clogging) ottenuti preparando i campioni secondo la prima metodologia descritta ricadono nel range di indice di consistenza  $I_c$  pari circa a 0.25 e 0.65, mentre il picco si posiziona a circa 0.44.

Come già anticipato, oltre al mixing un'altra prova che fornisce informazioni circa l'aderenza del terreno è il pull-out. Se entrambe le prove sono eseguite correttamente, infatti, quest'ultima fornisce risultati sostanzialmente in linea con quelli ottenuti dal mixing ma tipicamente i valori maggiori di aderenza vengono raggiunti per contenuti d'acqua leggermente minori (pertanto indici di consistenza di poco maggiori).

I risultati ottenuti dalle prove di plate pull-out a diversi indici di consistenza sono riportati nella seguente Figura 30 e in Tabella 18. Come previsto, i risultati forniscono informazioni circa l'aderenza del terreno sostanzialmente in linea con quelle ottenute dalla prova di mixing ma traslati verso indici di consistenza più elevati.



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

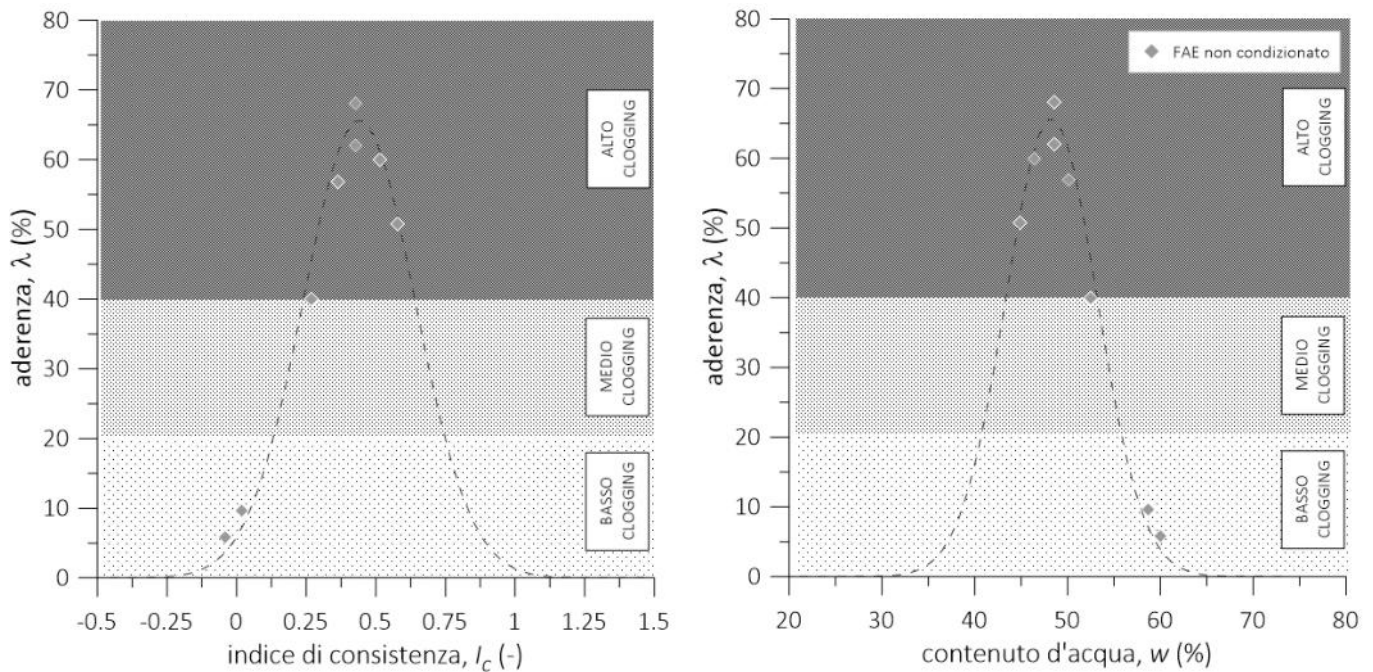


Figura 29. Risultati del mixing test sulla formazione FAE.

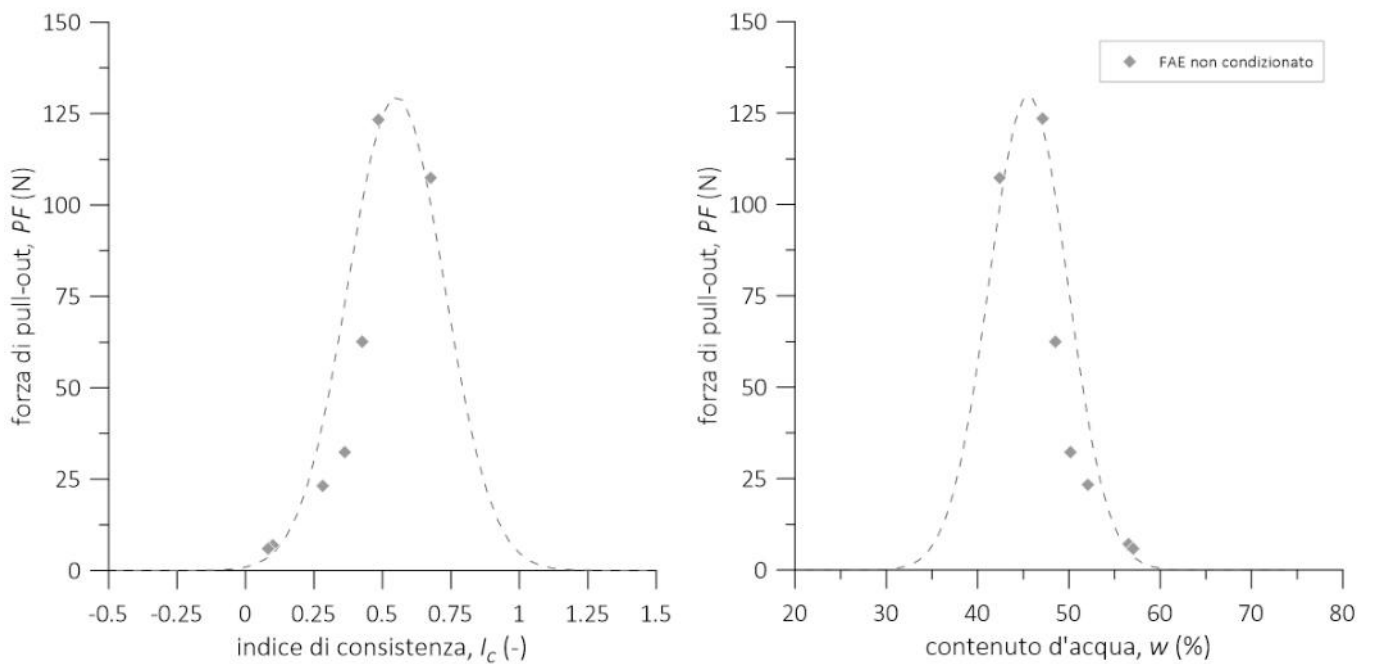


Figura 30. Risultati del pull-out test sulla formazione FAE.



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

Le caratteristiche di consistenza della formazione FAE, come precedentemente discusso, sono state indagate tramite il fall cone test e la prova di spandimento alla tavola a scosse (Tabella 18), entrambe eseguite su campioni aventi diversi contenuti d'acqua.

I risultati ottenuti dalla prova di fall cone sono riportati nella figura sottostante in termini di resistenza al taglio non drenata  $c_u$  e indice di liquidità  $I_L$  insieme al range di risultati raccolti da Mitchell nel 1976: i dati mostrano un andamento concorde a quanto atteso ma in questo caso non si posizionano completamente all'interno del range di Mitchell, proposto per le sole argille, evidenziando la presenza di una frazione a grana grossa nella formazione (circa 20% di sabbia e 7% di ghiaia, cfr. Paragrafo 4.2.4).

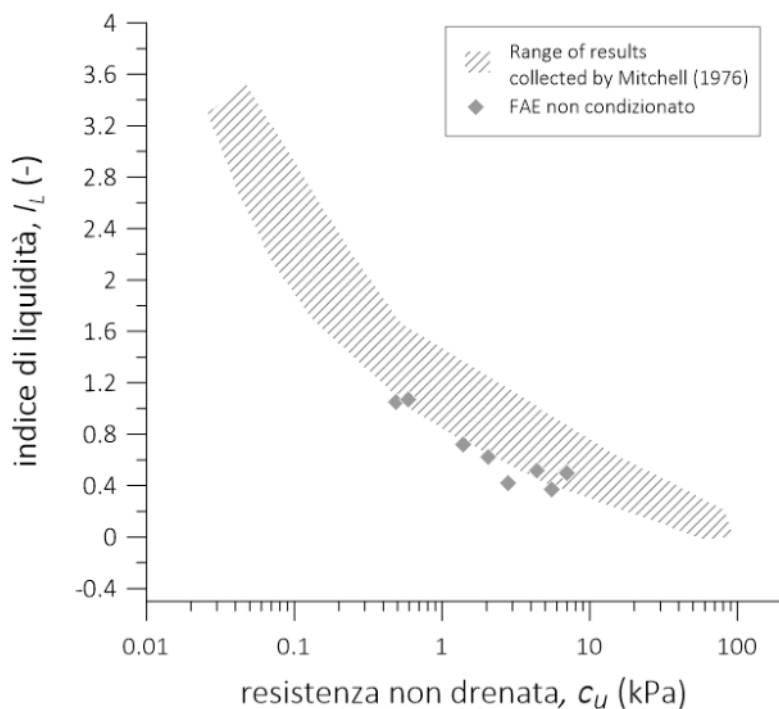


Figura 31. Risultati del fall cone test sulla formazione FAE e range proposto da Mitchell.

I risultati delle prove di spandimento ottenuti a diversi contenuti d'acqua sono riportati nella tabella sottostante e mostrano, come previsto, un aumento medio del diametro medio del campione (e dunque una diminuzione della consistenza dello stesso) con l'aumentare del contenuto d'acqua.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

Tabella 18. Risultati delle prove di mixing  $\lambda$ , pull-out  $PF$ , fall cone  $c_u$  e di spandimento alla tavola a scosse  $d_{15}$  eseguite sulla formazione FAE.

| $I_{C_{medio}}$<br>(-) | $W_{medio}$<br>(%) | $\lambda$<br>(%) | $PF$<br>(N) | $c_u$<br>(kPa) | $d_{15}$<br>(cm) |
|------------------------|--------------------|------------------|-------------|----------------|------------------|
| -0.02                  | 59.5               | 5.8              | 7.1         | 0.48           | 15.7             |
| 0.01                   | 58.9               | 9.7              | 5.9         | 0.59           | 16.2             |
| 0.28                   | 52.1               | 40.0             | 23.2        | 1.40           | 13.4             |
| 0.39                   | 49.4               | 56.9             | 32.3        | 2.07           | 11.5             |
| 0.48                   | 47.2               | 62.1             | 62.5        | 4.40           | 10.6             |
| 0.62                   | 44.9               | 60.0             | 107.4       | 2.79           | 10.6             |
| 0.63                   | 43.7               | 50.8             | -           | 5.51           | 10.2             |
| 0.48                   | 47.2               | 68.0             | 123.4       | 6.99           | 10.3             |

#### 4.2.6 Risultati del condizionamento

Prove di laboratorio quali il fall cone, la tavola a scosse, il mixing, il plate pull-out o la prova di abrasione (cfr. Paragrafo 4.2.1), sono finalizzate a verificare la giusta combinazione dei parametri caratteristici del condizionamento necessari a garantire innanzitutto la corretta consistenza del terreno (per la trasmissione della pressione al fronte, l'agevole estrazione del terreno dalla camera di scavo mediante la coclea e l'agevole trasporto dello stesso tramite il nastro di trasporto) ma anche per evitare i citati fenomeni di usura o di clogging particolarmente rischiosi durante lo scavo.

Le prove, al fine di definire il range di dosaggi ottimale per ciascuna combinazione di agente condizionante e terreno, vengono eseguite su differenti combinazioni dei principali parametri caratteristici del condizionamento:

- Concentration Factor ( $C_f$ );
- Foam Expansion Ratio ( $FER$ );
- Foam Injection Ratio ( $FIR$ ).

La combinazione di tali parametri fornisce il valore del treatment ratio ( $TR$ ), parametro che esprime in  $L/m^3$  il quantitativo di agente condizionante che viene iniettato per un metro cubo di terreno condizionato.

Questo valore risulta essere di estrema importanza non solo, ovviamente, per le valutazioni relative ai consumi e ai costi, ma anche per i successivi studi di carattere chimico ed ecotossicologico, in quanto tale valore costituisce la prima stima della concentrazione iniziale di agente condizionante nel terreno "al tempo zero", ovvero prima dell'inizio dei fenomeni di biodegradazione.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

Nel seguito, pertanto, verranno illustrati i risultati ottenuti dalle sopracitate prove geotecniche in relazione ai parametri di condizionamento prescelti e ai conseguenti  $TR$  ottenuti.

#### 4.2.6.1 Argille subappennine (ASP)

Come precedentemente illustrato, nei terreni a grana fine, come nel caso della formazione ASP, un corretto condizionamento del terreno conduce, oltre al miglioramento della lavorabilità del materiale, alla riduzione del rischio clogging associato all'aderenza del terreno misurata sperimentalmente tramite le prove di mixing e di pull-out (cfr. paragrafi 4.2.1 e 4.2.4). I parametri di aderenza  $\lambda$  e di forza di pull-out  $PF$  misurati a seguito del condizionamento sono riportati in Tabella 20, in cui compaiono inoltre gli indici  $SR$  e  $PFR$ . L'efficacia dei prodotti utilizzati, infatti, non può essere espressa dal solo valore maggiore o minore dei parametri  $\lambda$  e  $PF$ , ma essi devono essere comparati ai medesimi valori ( $\lambda^*$  e  $PF^*$ ) misurati sul terreno naturale a parità di contenuto d'acqua. Sulla base di risultati analoghi, Di Giulio et al. (2018) hanno definito l'efficacia di un prodotto nella riduzione del clogging esprimendola come un rapporto che tenga conto sia dei parametri  $\lambda$  e  $PF$  misurati sul terreno condizionato, sia degli stessi parametri  $\lambda^*$  e  $PF^*$  ottenuti allo stesso contenuto d'acqua sul terreno non trattato.

Per definizione:

$$SR = \frac{\lambda^* - \lambda}{\lambda^*} \quad \text{e} \quad PFR = \frac{PF^* - PF}{PF^*}$$

Come mostrato nella seguente tabella, il condizionamento è definito di *classe III* "moderatamente efficace" se produce una riduzione dell'aderenza (stickness reduction,  $SR$ ) o una riduzione della forza di pull-out (pull-out force reduction,  $PFR$ ) compresa fra 0 e 25% rispetto al terreno naturale, di *classe II* "efficace" fra 25 e 60% e di *classe I* "molto efficace" per una riduzione superiore al 60%.

Tabella 19. Sistema di classificazione dello stickness reduction  $SR$  e del pull-out force reduction  $PFR$ .

| classe     | efficacia              | SR o PFR    |
|------------|------------------------|-------------|
| classe I   | molto efficace         | > 0.60      |
| classe II  | efficace               | 0.25 ÷ 0.60 |
| classe III | moderatamente efficace | < 0.25      |

I risultati del fall cone test ( $c_u$ ) e della prova di spandimento alla tavola a scosse ( $d_{15}$ ) mostrano invece la modifica della consistenza del terreno a seguito del processo di condizionamento. In questo contesto risulta opportuno specificare che i risultati ottenuti dalle prove di fall cone eseguite sul terreno condizionato sono da considerarsi come puramente indicativi, in quanto la prova fornisce

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

valori di resistenza al taglio non drenata solo per terreni saturi (condizione non verificata in presenza di schiuma).

Tutte le prove sono state eseguite a  $C_f$  pari a 2.0%, variando  $WIR$ ,  $FER$  e  $FIR$ . I risultati ottenuti per ogni prodotto sono riportati in Tabella 20 e dalla Figura 32 alla Figura 34 insieme a quelli ottenuti per i campioni non trattati a differenti valori di contenuto d'acqua. Da tali risultati emerge una moderata efficacia nella riduzione del rischio clogging associato alla formazione ASP a opera dell'agente schiumogeno BASF MasterRoc SLF 32 ed un'efficacia più marcata a opera del prodotto CONDAT CLB F5/AC. La combinazione dell'agente schiumogeno BASF MasterRoc SLF32 e del polimero BASF MasterRoc ACP 214 risulta invece molto efficace laddove il polimero è stato dosato allo 0.25% rispetto all'acqua aggiunta tramite  $WIR$  (ovvero per un dosaggio di polimero pari ad 1.00 L/m<sup>3</sup> di terreno), mentre tale efficacia risulta meno evidente per percentuali inferiori di polimero, nel dettaglio 0.10% rispetto all'acqua aggiunta tramite  $WIR$  ossia pari a 0.40 L/m<sup>3</sup>.

Tali considerazioni risultano ben evidenti nelle successive figure, nelle quali i risultati vengono riportati sia in termini di contenuto d'acqua  $w$  che in termini di indice di consistenza  $I_c$  o indice di liquidità  $I_L$ . È importante specificare che questi ultimi due parametri vengono calcolati a partire dalla conoscenza dei limiti di Atterberg del terreno in esame e che usualmente i polimeri suggeriti per la riduzione del rischio clogging (come nel caso del prodotto BASF MasterRoc ACP 214) modificano tali limiti, pertanto nel caso dei condizionamenti BP1 e BP2 i punti rappresentati in termini di  $I_c$  o  $I_L$  potrebbero risultare leggermente devianti rispetto ai valori originali.

Tabella 20. Risultati ottenuti dai condizionamenti della formazione ASP.

| produttore | prodotto                             | ID prova | $w_n$ (%) | $WIR$ (%v) | $C_f$ (%) | $FER$ (xx:1) | $FIR$ (%) | $C_{polimero}$ (% <sub>acqua</sub> ) | $TR$ (L/m <sup>3</sup> ) | $I_{c,medio}$ (-) | $\lambda$ (%) | $SR$ (-) | $PF$ (N) | $PFR$ (-) | $c_u$ (kPa) | $d_{15}$ (cm) |
|------------|--------------------------------------|----------|-----------|------------|-----------|--------------|-----------|--------------------------------------|--------------------------|-------------------|---------------|----------|----------|-----------|-------------|---------------|
| CONDAT     | CLB F5/AC                            | C1       | 20        | 40         | 2.0       | 8            | 80        | -                                    | 2.00                     | 0.32              | 46.8          | 0.32     | 86.7     | 0.43      | 3.16        | 11.0          |
|            |                                      | C2       | 20        | 45         | 2.0       | 8            | 65        | -                                    | 1.63                     | 0.34              | 32.3          | 0.43     | 179.8    | 0.31      | 1.43        | 12.7          |
|            |                                      | C3       | 20        | 40         | 2.0       | 10           | 90        | -                                    | 1.80                     | 0.33              | 26.5          | 0.45     | 90.4     | 0.25      | 3.12        | 11.7          |
|            |                                      | C4       | 20        | 40         | 2.0       | 10           | 80        | -                                    | 1.60                     | 0.33              | 56.6          | 0.10     | 101.6    | 0.44      | 1.44        | 11.2          |
|            |                                      | C5       | 20        | 40         | 2.0       | 12           | 105       | -                                    | 1.75                     | 0.41              | 67.4          | 0.00     | 143.7    | 0.37      | 1.63        | 12.6          |
|            |                                      | C6       | 20        | 45         | 2.0       | 10           | 80        | -                                    | 1.60                     | 0.33              | 26.6          | 0.57     | 84.8     | 0.42      | 1.80        | 11.5          |
| BASF       | MasterRoc SLF 32                     | Ba1      | 20        | 40         | 2.0       | 8            | 80        | -                                    | 2.00                     | 0.37              | 59.2          | 0.06     | 159.7    | 0.37      | 2.67        | 12.2          |
|            |                                      | Ba2      | 20        | 50         | 2.0       | 8            | 65        | -                                    | 1.63                     | 0.15              | 26.4          | 0.00     | 70.8     | n.d.      | 1.14        | 12.1          |
|            |                                      | Ba3      | 20        | 45         | 2.0       | 8            | 65        | -                                    | 1.63                     | 0.31              | 44.8          | 0.25     | 134.2    | 0.32      | 2.11        | 12.3          |
|            |                                      | Ba4      | 20        | 45         | 2.0       | 10           | 90        | -                                    | 1.80                     | 0.28              | 42.5          | 0.22     | 124.1    | 0.43      | 2.15        | 12.0          |
|            |                                      | Ba5      | 20        | 50         | 2.0       | 10           | 80        | -                                    | 1.60                     | 0.19              | 30.1          | 0.00     | 81.1     | n.d.      | 2.29        | 12.2          |
|            |                                      | Ba6      | 20        | 40         | 2.0       | 12           | 105       | -                                    | 1.75                     | 0.29              | 35.4          | 0.23     | 117.7    | 0.38      | 1.72        | 12.1          |
| BASF       | MasterRoc SLF 32 + MasterRoc ACP 214 | BP1      | 20        | 40         | 2.0       | 8            | 70        | 0.25                                 | 1.75                     | 0.36              | 32.8          | 0.50     | 74.0     | 0.65      | 4.64        | 11.7          |
|            |                                      | BP2      | 20        | 40         | 2.0       | 8            | 70        | 0.10                                 | 1.75                     | 0.36              | 56.5          | 0.15     | 92.6     | 0.59      | 2.23        | 10.6          |



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

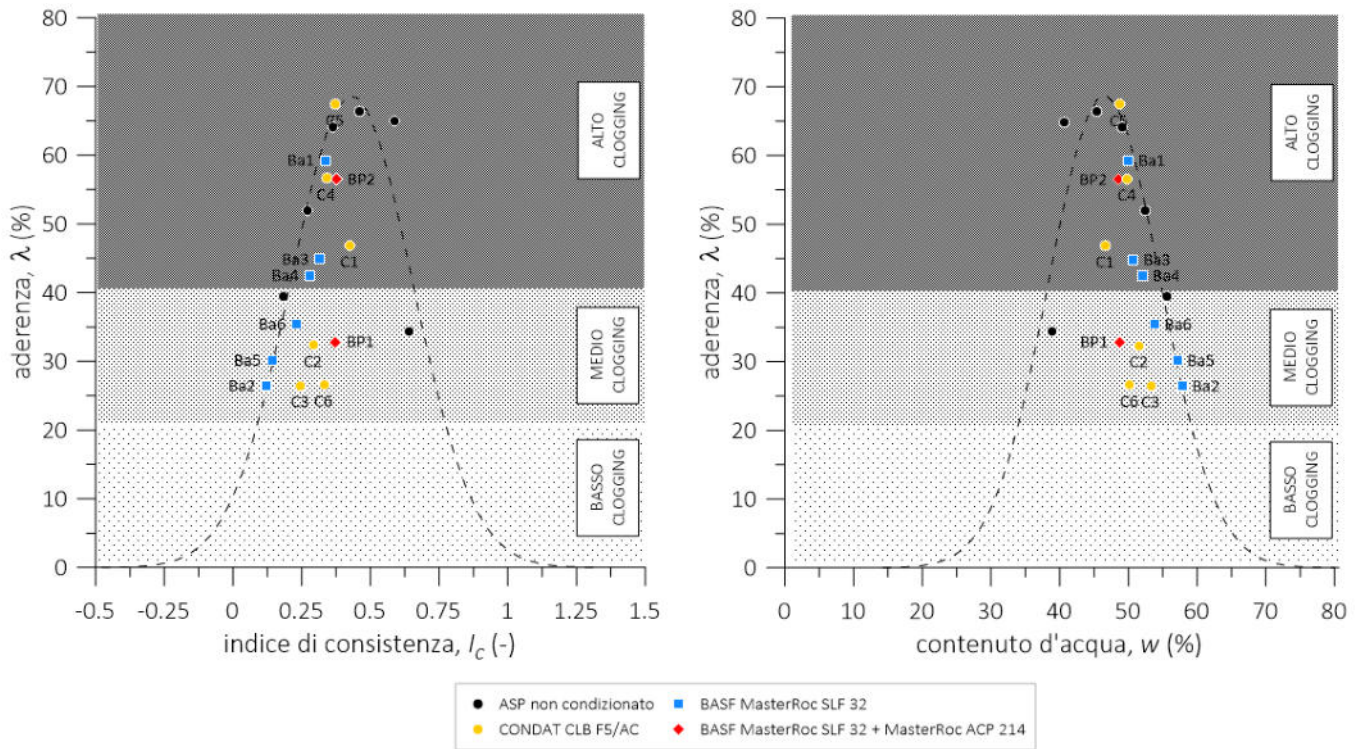


Figura 32. Risultati delle prove di mixing a seguito dei condizionamenti della formazione ASP.



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

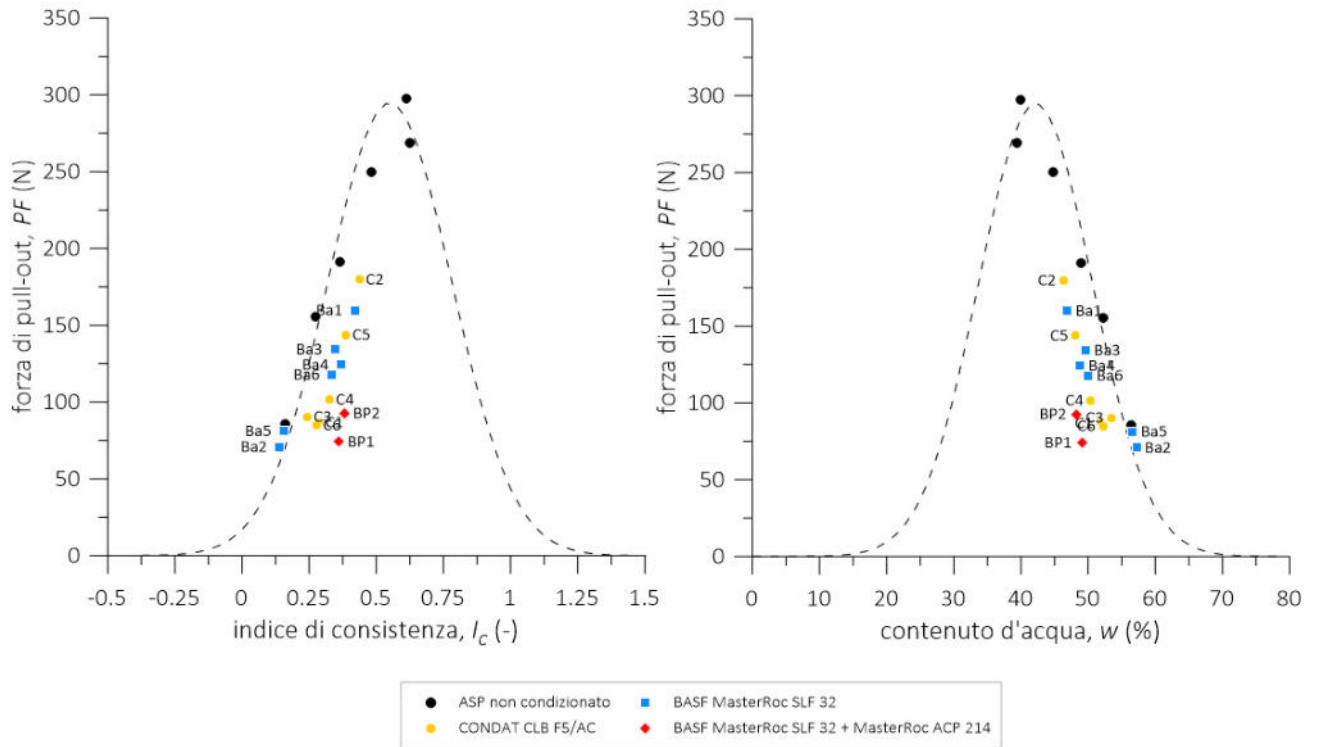


Figura 33. Risultati delle prove di pull-out a seguito dei condizionamenti della formazione ASP.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

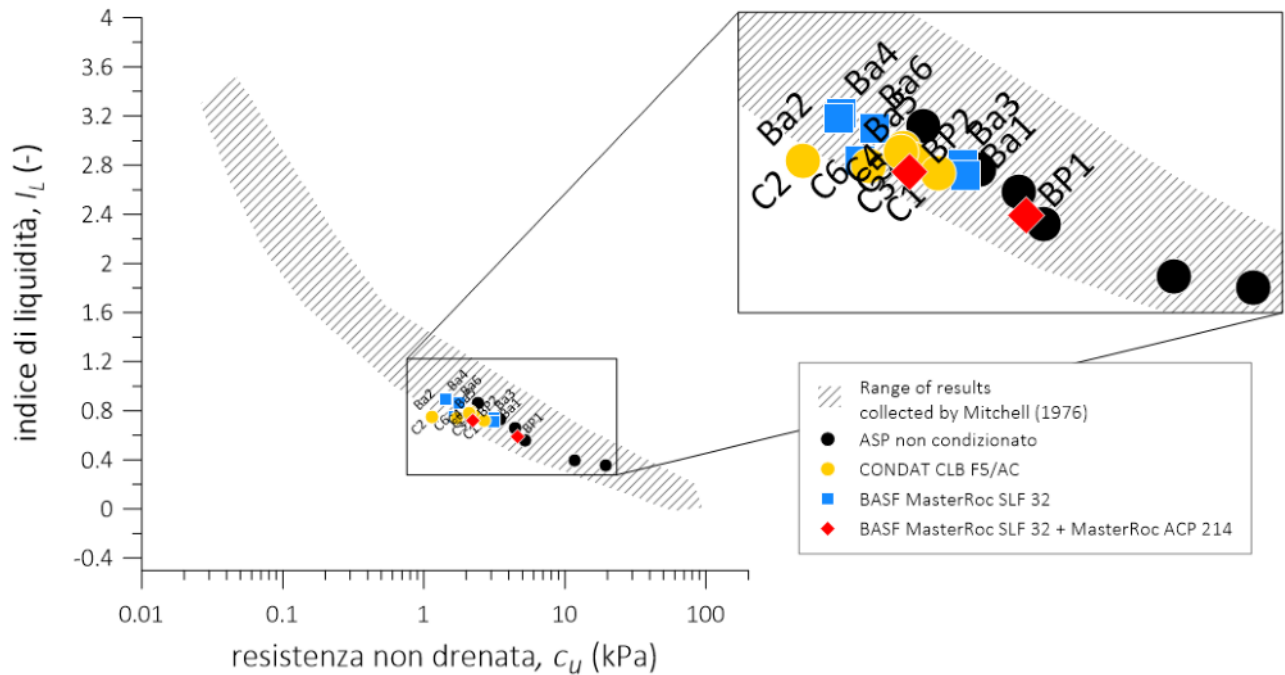


Figura 34. Risultati delle prove di fall cone a seguito dei condizionamenti della formazione ASP.

Per rendere ancora più evidente le differenze che sussistono fra i condizionamenti della formazione ASP con i prodotti scelti per questo studio, nel seguito sono riportate alcune foto esemplificative delle prove di mixing eseguite su campioni condizionati con tali prodotti ed aventi all'incirca lo stesso contenuto d'acqua  $w$ , pari a circa 50%.

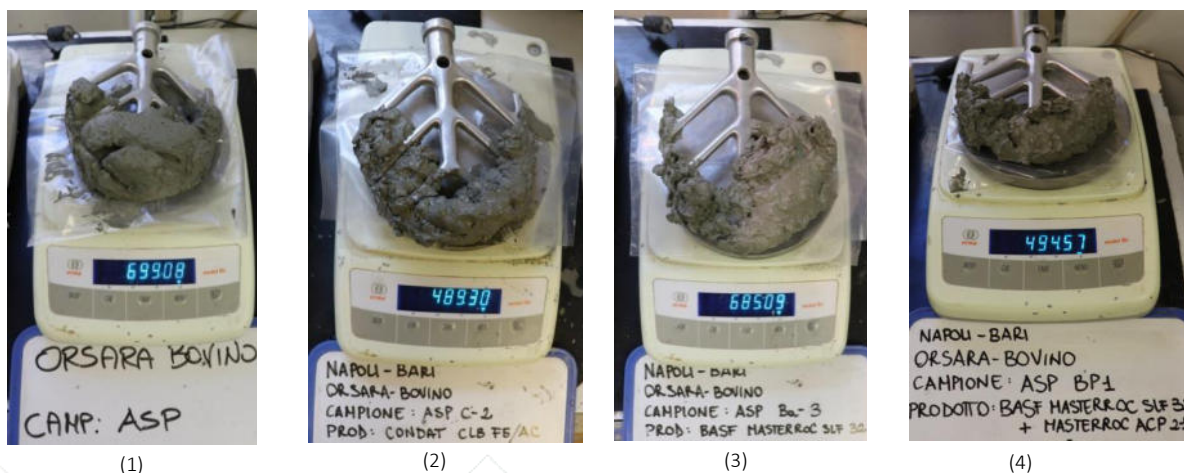


Figura 35. Fotografie sui campioni di ASP non condizionato (1) e condizionato con CONDAT CLB F5/AC (2), BASF MasterRoc SLF 32 (3) e BASF MasterRoc SLF 32 + MasterRoc ACP 214 (4) soggetti al mixing test.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

#### 4.2.6.2 Formazione di monte Sidone (SID)

Come precedentemente illustrato, nei terreni a grana fine, come nel caso della formazione SID, un corretto condizionamento del terreno conduce, oltre al miglioramento della lavorabilità del materiale, alla riduzione del rischio clogging associato all'aderenza del terreno misurata sperimentalmente tramite le prove di mixing e di pull-out (cfr. paragrafo 4.2.1). I parametri di aderenza  $\lambda$  e di forza di pull out  $PF$  misurati a seguito del condizionamento sono riportati in Tabella 21.

I risultati del fall cone test ( $c_u$ ) e della prova di spandimento alla tavola a scosse ( $d_{15}$ ) mostrano invece la modifica della consistenza del terreno a seguito del processo di condizionamento.

Tutte le prove sono state eseguite a  $C_f$  pari a 2.0%, variando  $WIR$ ,  $FER$  e  $FIR$ . I risultati ottenuti sono riportati in Tabella 21 e dalla Figura 36 alla Figura 38 insieme a quelli ottenuti per i campioni non trattati a differenti valori di contenuto d'acqua. Da tali risultati emerge una moderata efficacia nella riduzione del rischio clogging associato alla formazione SID ad opera dell'agente schiumogeno BASF MasterRoc SLF 32.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

Tabella 21. Risultati ottenuti dai condizionamenti della formazione SID.

| produttore | prodotto         | ID prova | w <sub>n</sub> (%) | WIR (%v) | C <sub>f</sub> (%) | FER (xx:1) | FIR (%) | TR (L/m <sup>3</sup> ) | I <sub>c</sub> medio (-) | λ (%) | SR (-) | PF (N) | PFR (-) | c <sub>u</sub> (kPa) | d <sub>15</sub> (cm) |
|------------|------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|------------|---------|------------------------|--------------------------|-------|--------|--------|---------|----------------------|----------------------|
| BASF       | MasterRoc SLF 32 | Ba1      | 25                 | 55       | 2.0                | 8          | 85      | 2.13                   | 0.36                     | 81.1  | 0.05   | 158.5  | 0.36    | 3.73                 | 10.6                 |
|            |                  | Ba2      | 25                 | 70       | 2.0                | 8          | 85      | 2.13                   | 0.15                     | 54.0  | 0.00   | 55.7   | 0.17    | 2.70                 | 10.9                 |
|            |                  | Ba3      | 25                 | 85       | 2.0                | 10         | 110     | 2.20                   | -0.01                    | 32.1  | n.d.   | 49.6   | n.d.    | 3.05                 | 14.3                 |
|            |                  | Ba4      | 25                 | 85       | 2.0                | 10         | 100     | 2.00                   | -0.03                    | 34.6  | n.d.   | 42.6   | n.d.    | 1.48                 | 11.6                 |
|            |                  | Ba5      | 25                 | 85       | 2.0                | 10         | 85      | 1.70                   | 0.13                     | 38.9  | 0.25   | 86.2   | n.d.    | 5.85                 | 12.8                 |
|            |                  | Ba6      | 25                 | 55       | 2.0                | 10         | 110     | 2.20                   | 0.35                     | 82.3  | 0.03   | 130.1  | 0.32    | 2.53                 | 11.1                 |

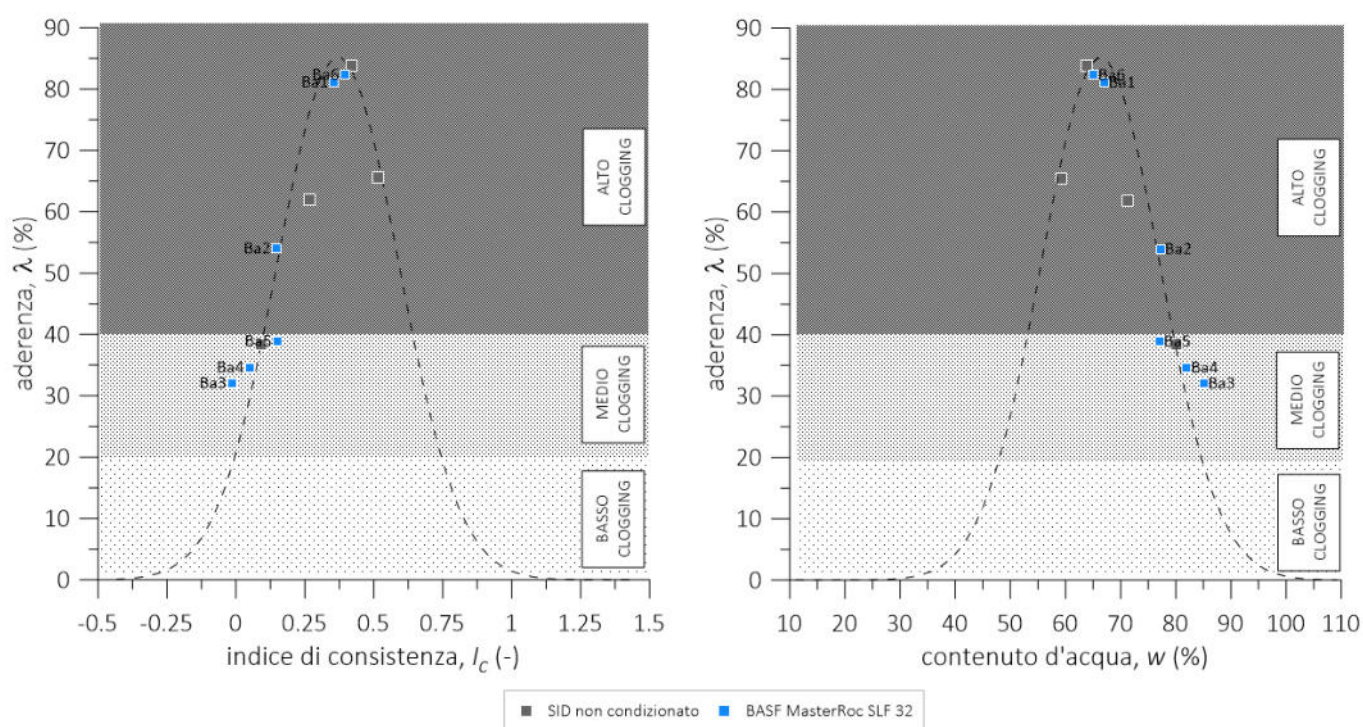


Figura 36. Risultati delle prove di mixing a seguito dei condizionamenti della formazione SID.



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

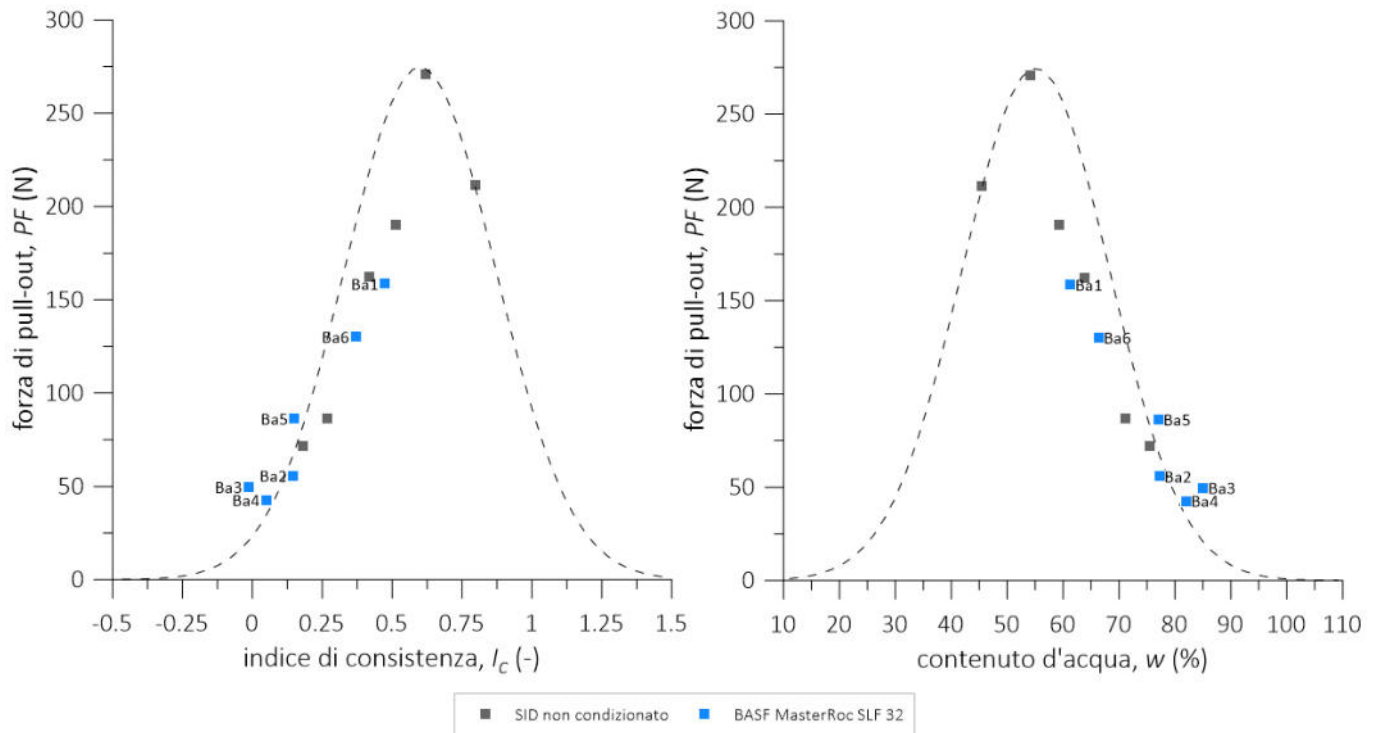


Figura 37. Risultati delle prove di pull-out a seguito dei condizionamenti della formazione SID.



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

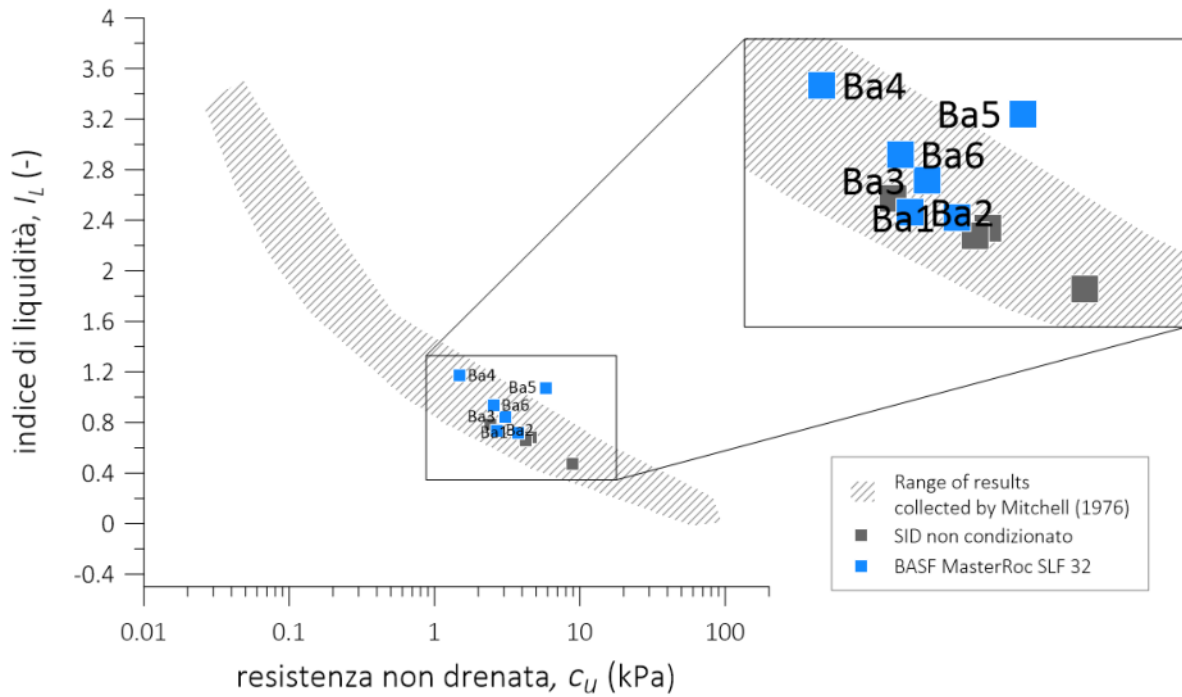


Figura 38. Risultati delle prove di fall cone a seguito dei condizionamenti della formazione SID.

Per rendere ancora più evidente le differenze che sussistono fra il terreno non condizionato e quello condizionato con il prodotto scelto per questo studio, nel seguito sono riportate alcune foto esemplificative delle prove di mixing eseguite su tali configurazioni ed aventi all'incirca lo stesso contenuto d'acqua  $w$ , pari a circa 65%.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

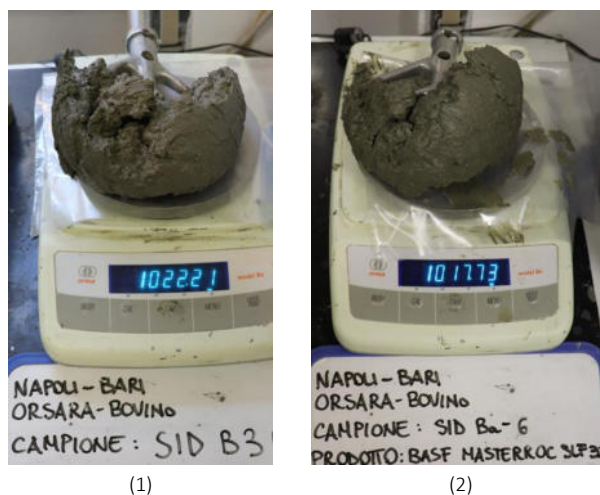


Figura 39. Fotografie sui campioni di SID non condizionato (1) e condizionato con BASF MasterRoc SLF 32 (2) soggetti al mixing test.

#### 4.2.6.3 Flysch di Faeto (FAE)

Come precedentemente illustrato, nei terreni a grana fine, come nel caso della formazione FAE, un corretto condizionamento del terreno conduce, oltre al miglioramento della lavorabilità del materiale, alla riduzione del rischio clogging associato all'aderenza del terreno misurata sperimentalmente tramite le prove di mixing e di pull-out (cfr. paragrafo 4.2.1). I parametri di aderenza  $\lambda$  e di forza di pull out  $PF$  misurati a seguito del condizionamento sono riportati in Tabella 22.

I risultati del fall cone test ( $c_u$ ) e della prova di spandimento alla tavola a scosse ( $d_{15}$ ) mostrano invece la modifica della consistenza del terreno a seguito del processo di condizionamento.

Tutte le prove sono state eseguite a  $C_f$  pari a 2.0%, variando  $WIR$ ,  $FER$  e  $FIR$ . I risultati ottenuti sono riportati in Tabella 22 e dalla Figura 40 alla Figura 43 insieme a quelli ottenuti per i campioni non trattati a differenti valori di contenuto d'acqua. Da tali risultati emerge una buona efficacia nella riduzione del rischio clogging associato alla formazione FAE ad opera dell'agente schiumogeno MAPEI Polyfoamer ECO/100 PLUS, una moderata efficacia ad opera degli agenti schiumogeni CONDAT CLB F5/AC e LAMBERTI Foamex SNG-AC i quali conducono a risultati fra loro molto simili, ed infine una limitata efficacia ad opera del prodotto BASF MasterRoc SLF 32, la quale però aumenta a seguito dell'aggiunta del polimero BASF MasterRoc ACP 214.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

Tabella 22. Risultati ottenuti dai condizionamenti della formazione FAE.

| produttore | prodotto                             | ID prova | w <sub>n</sub> (%) | WIR (%v) | C <sub>f</sub> (%) | FER (xx:1) | FIR (%) | C <sub>polimero</sub> (% <sub>acqua</sub> ) | TR (L/m <sup>3</sup> ) | I <sub>C</sub> medio (-) | λ (%) | SR (-) | PF (N) | PFR (-) | c <sub>u</sub> (kPa) | d <sub>15</sub> (cm) |
|------------|--------------------------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|------------|---------|---------------------------------------------|------------------------|--------------------------|-------|--------|--------|---------|----------------------|----------------------|
| BASF       | MasterRoc SLF 32                     | Ba1      | 25                 | 55       | 2.0                | 8          | 80      | -                                           | 2.00                   | 0.11                     | 15.9  | n.d.   | 15.5   | 0.00    | 0.86                 | 13.8                 |
|            |                                      | Ba2      | 25                 | 40       | 2.0                | 8          | 70      | -                                           | 1.76                   | 0.04                     | 9.0   | n.d.   | 13.5   | n.d.    | 1.40                 | 13.6                 |
|            |                                      | Ba3      | 25                 | 25       | 2.0                | 8          | 70      | -                                           | 1.76                   | 0.30                     | 39.9  | 0.31   | 28.1   | 0.73    | 2.99                 | 13.5                 |
|            |                                      | Ba4      | 25                 | 25       | 2.0                | 10         | 80      | -                                           | 1.60                   | 0.27                     | 44.8  | 0.09   | 40.1   | 0.38    | 3.10                 | 11.6                 |
|            |                                      | Ba5      | 25                 | 25       | 2.0                | 10         | 95      | -                                           | 1.90                   | 0.20                     | 43.2  | 0.08   | 31.9   | 0.31    | 1.83                 | 12.0                 |
|            |                                      | Ba6      | 25                 | 35       | 2.0                | 10         | 80      | -                                           | 1.60                   | 0.23                     | 25.5  | 0.25   | 20.8   | 0.00    | 1.44                 | 12.7                 |
| BASF       | MasterRoc SLF 32 + MasterRoc ACP 214 | BP1      | 25                 | 25       | 2.0                | 8          | 70      | 0.25                                        | 1.75                   | 0.41                     | 40.5  | 0.28   | 36.2   | 0.71    | 2.15                 | 12.3                 |
|            |                                      | BP2      | 25                 | 25       | 2.0                | 8          | 70      | 0.10                                        | 1.75                   | 0.37                     | 54.1  | 0.10   | 44.6   | 0.43    | 2.38                 | 11.2                 |
| CONDAT     | CLB F5/AC                            | C1       | 25                 | 25       | 2.0                | 8          | 70      | -                                           | 1.76                   | 0.26                     | 36.2  | 0.14   | 30.3   | 0.47    | 1.72                 | 13.1                 |
|            |                                      | C2       | 25                 | 25       | 2.0                | 8          | 80      | -                                           | 2.00                   | 0.16                     | 40.9  | 0.31   | 37.8   | 0.37    | 1.49                 | 13.4                 |
|            |                                      | C3       | 25                 | 25       | 2.0                | 10         | 80      | -                                           | 1.60                   | 0.19                     | 29.4  | 0.00   | 17.5   | 0.07    | 1.49                 | 13.7                 |
|            |                                      | C4       | 25                 | 25       | 2.0                | 10         | 70      | -                                           | 1.41                   | 0.31                     | 59.2  | 0.00   | 58.1   | 0.47    | 3.83                 | 11.4                 |
|            |                                      | C5       | 25                 | 25       | 2.0                | 12         | 95      | -                                           | 1.58                   | 0.30                     | 61.1  | 0.00   | 55.6   | 0.29    | 3.01                 | 11.3                 |
|            |                                      | C6       | 25                 | 25       | 2.0                | 12         | 110     | -                                           | 1.83                   | 0.26                     | 24.0  | 0.41   | 23.8   | 0.69    | 1.21                 | 13.9                 |
| LAMBERTI   | Foamex SNG-AC                        | L1       | 25                 | 25       | 2.0                | 8          | 70      | -                                           | 1.76                   | 0.29                     | 34.5  | 0.31   | 32.7   | 0.55    | 2.24                 | 13.3                 |
|            |                                      | L2       | 25                 | 25       | 2.0                | 8          | 80      | -                                           | 2.00                   | 0.24                     | 43.4  | 0.01   | 37.5   | 0.40    | 2.32                 | 12.3                 |
|            |                                      | L3       | 25                 | 25       | 2.0                | 10         | 80      | -                                           | 1.60                   | 0.23                     | 32.9  | 0.29   | 27.2   | 0.11    | 1.72                 | 13.1                 |
|            |                                      | L4       | 25                 | 25       | 2.0                | 10         | 70      | -                                           | 1.41                   | 0.30                     | 42.9  | 0.16   | 37.9   | 0.49    | 2.38                 | 12.4                 |
|            |                                      | L5       | 25                 | 25       | 2.0                | 12         | 95      | -                                           | 1.58                   | 0.30                     | 36.9  | 0.18   | 37.6   | 0.57    | 2.23                 | 13.0                 |
|            |                                      | L6       | 25                 | 25       | 2.0                | 12         | 80      | -                                           | 1.33                   | 0.27                     | 39.5  | 0.15   | 33.4   | 0.43    | 1.77                 | 12.9                 |
| MAPEI      | Polyfoamer ECO/100 PLUS              | M1       | 25                 | 25       | 2.0                | 8          | 70      | -                                           | 1.76                   | 0.34                     | 28.7  | 0.49   | 21.5   | 0.78    | 1.80                 | 13.6                 |
|            |                                      | M2       | 25                 | 25       | 2.0                | 8          | 80      | -                                           | 2.00                   | 0.29                     | 27.1  | 0.44   | 18.1   | 0.74    | 1.40                 | 14.1                 |
|            |                                      | M3       | 25                 | 25       | 2.0                | 10         | 70      | -                                           | 1.41                   | 0.33                     | 38.3  | 0.33   | 27.4   | 0.56    | 2.31                 | 13.9                 |
|            |                                      | M4       | 25                 | 20       | 2.0                | 10         | 80      | -                                           | 1.60                   | 0.35                     | 40.9  | 0.26   | 31.5   | 0.69    | 2.04                 | 12.8                 |
|            |                                      | M5       | 25                 | 25       | 2.0                | 12         | 95      | -                                           | 1.58                   | 0.22                     | 52.4  | 0.00   | 50.6   | 0.36    | 4.30                 | 11.7                 |
|            |                                      | M6       | 25                 | 25       | 2.0                | 12         | 110     | -                                           | 1.83                   | 0.37                     | 42.8  | 0.16   | 41.9   | 0.66    | 2.84                 | 12.4                 |

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

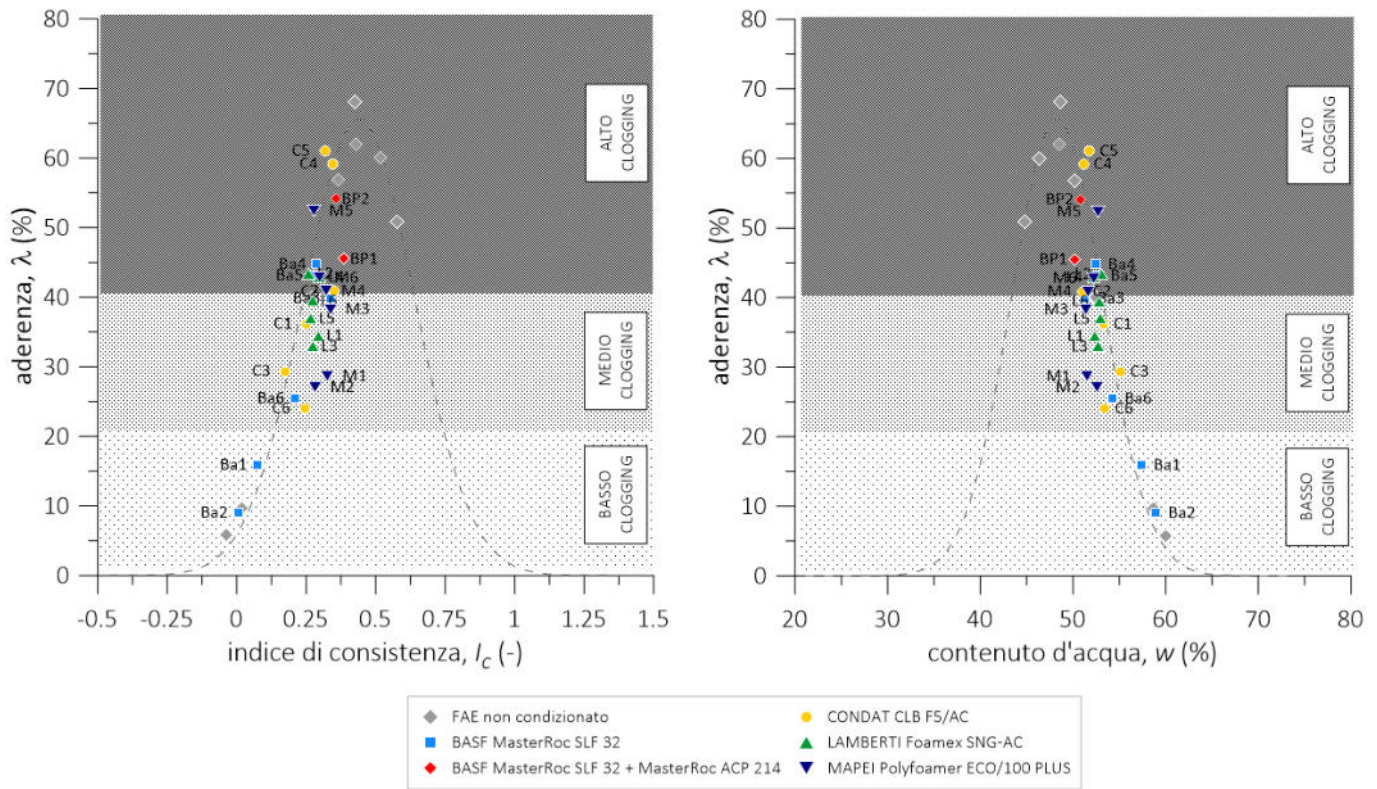


Figura 40. Risultati delle prove di mixing a seguito dei condizionamenti della formazione FAE.



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

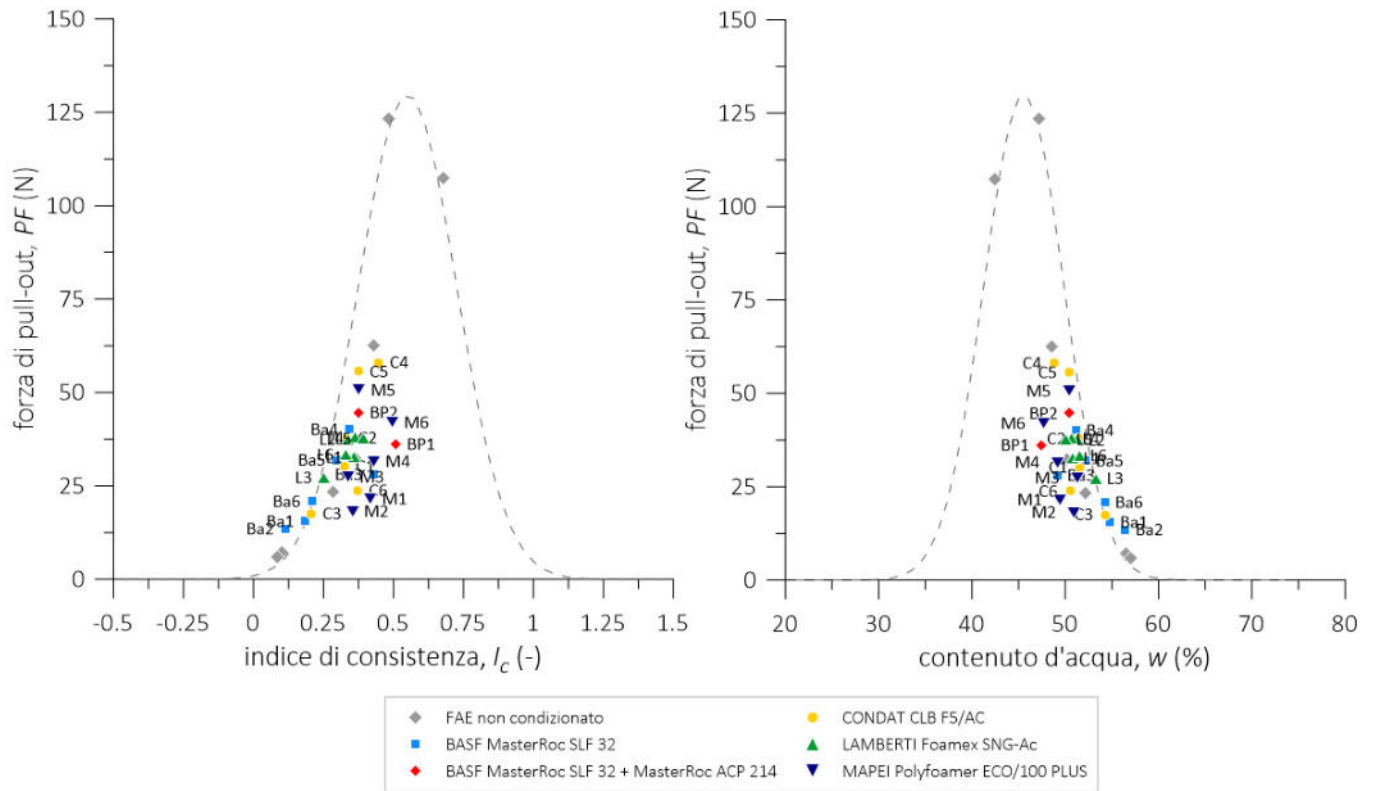


Figura 41. Risultati delle prove di pull-out a seguito dei condizionamenti della formazione FAE.



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

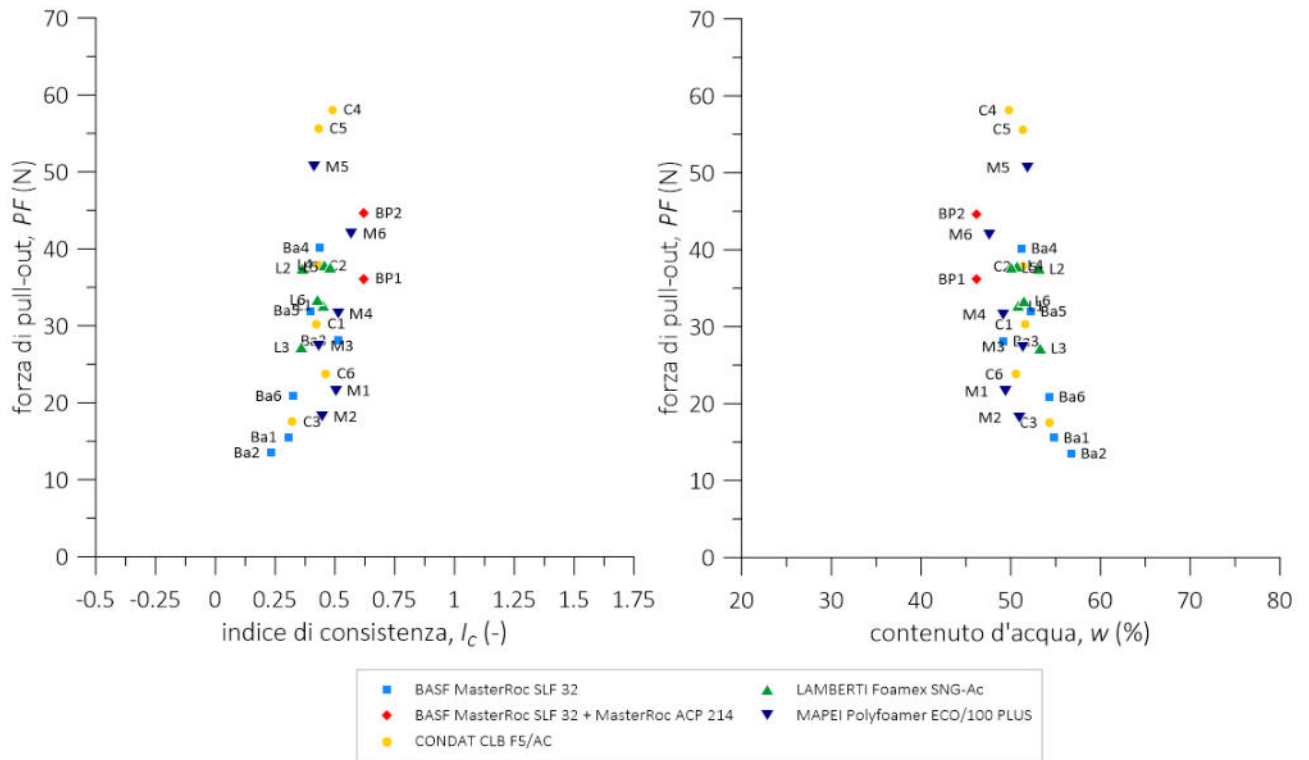


Figura 42. Dettaglio dei risultati delle prove di pull-out a seguito dei condizionamenti della formazione FAE.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

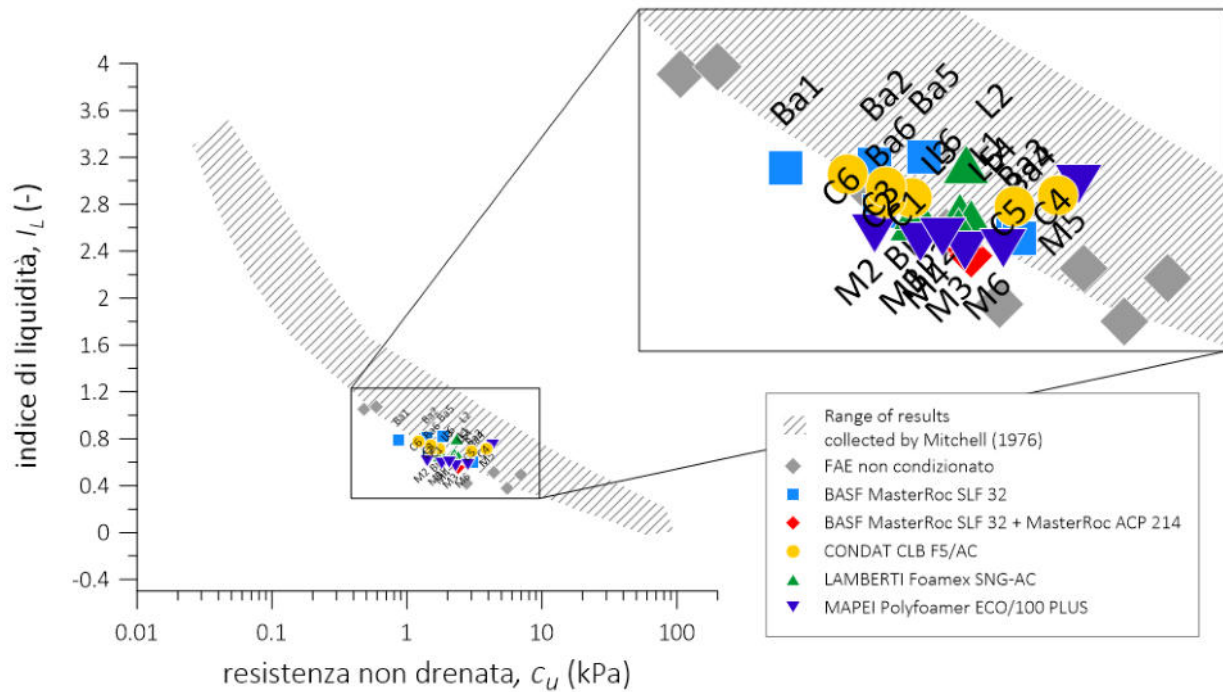


Figura 43. Risultati delle prove di fall cone a seguito dei condizionamenti della formazione FAE.

Per rendere ancora più evidente le differenze che sussistono fra il terreno condizionato con i diversi prodotti scelti per questo studio, nel seguito sono riportate alcune foto esemplificative delle prove di mixing eseguite su tali configurazioni ed aventi all'incirca lo stesso contenuto d'acqua  $w$ , pari a circa 50%.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

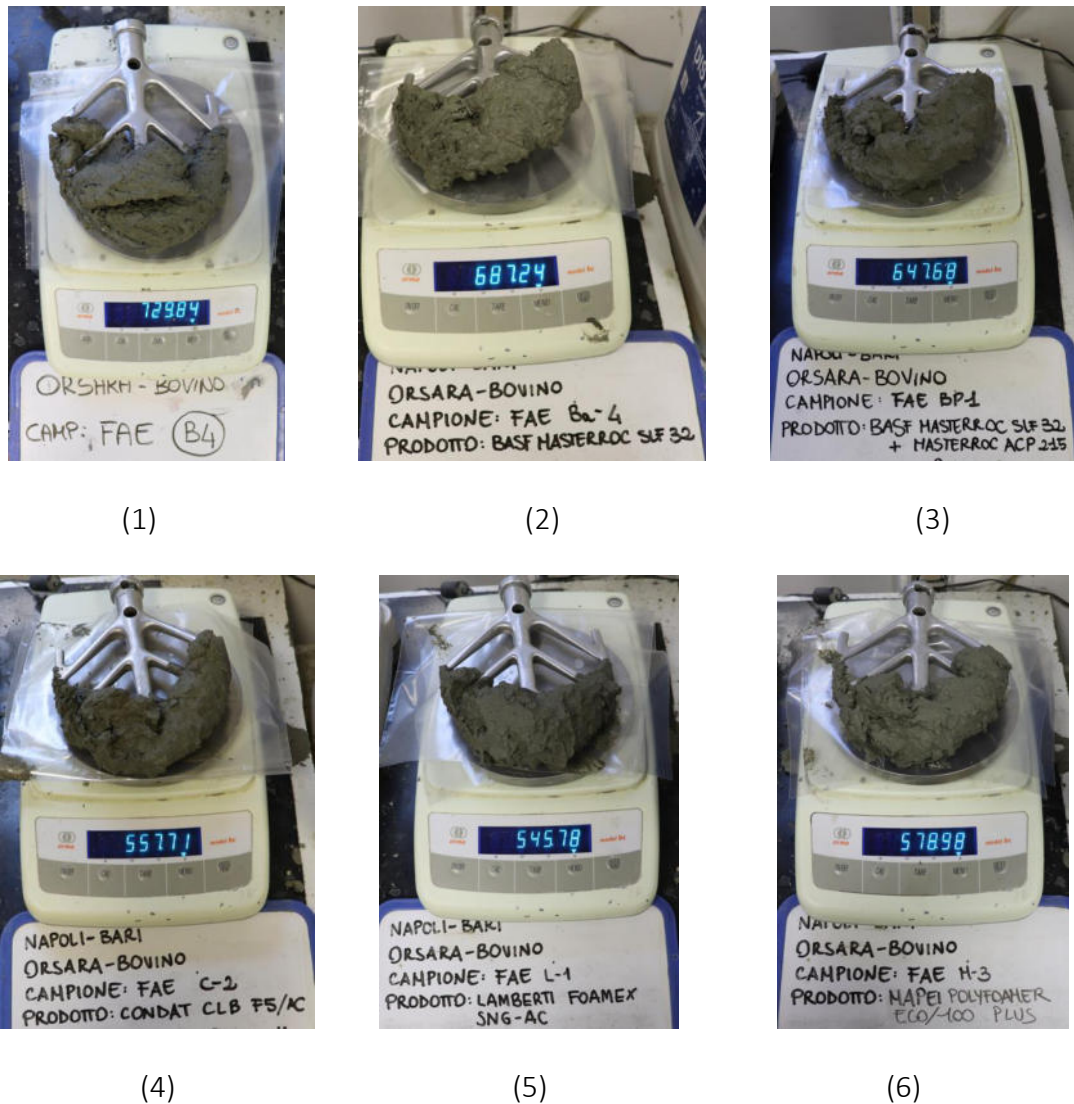


Figura 44. Fotografie sui campioni di FAE non condizionato (1) e condizionato con BASF MasterRoc SLF 32 (2), BASF MasterRoc SLF32 + MasterRoc ACP 214 (3), CONDAT CLB F5/AC (4), LAMBERTI Foamex SNG-AC (5) e MAPEI Polyfoamer ECO/100 PLUS (6) soggetti al mixing test.

#### 4.2.7 Dosaggi ottimali

Le combinazioni di prodotti e dosaggi da ritenersi ottimali sono quelle che definiscono i range all'interno dei quali i parametri possono variare in funzione delle necessità derivanti dallo scavo mantenendo l'efficacia del condizionamento.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

A seguito dei risultati sopraesposti è possibile fare alcune considerazioni di carattere generale:

- terreni molto plastici come ASP e SID impiegano un certo tempo per assorbire l'acqua aggiunta, fatto che si traduce nella formazione di zolle e in una maggiore difficoltà nell'omogeneizzare il contenuto d'acqua dei campioni in laboratorio. Lo stesso fenomeno si può prevedere anche all'interno della camera di scavo, dove però i tempi di permanenza del terreno dovrebbero permettere una progressiva amalgamazione delle zolle in una pasta omogenea;
- i valori del parametro *WIR* dipendono fortemente dal contenuto d'acqua iniziale dei campioni, posto pari a 20% per la formazione ASP e a 25% per le formazioni SID e FAE: ciò significa che in sito, in presenza di contenuti d'acqua naturali differenti, potrebbe essere necessario adattare di conseguenza i valori di *WIR*;
- come atteso, dai risultati sembra emergere la possibilità/opportunità di raggiungere valori di *FER* relativamente più alti all'aumentare della granulometria del terreno (come evidenziato per la formazione FAE, cfr. Paragrafo 4.2.4) e in base alla stabilità dell'agente schiumogeno testato; in merito vale la pena sottolineare che a parità di tutti gli altri parametri, all'aumentare del *FER* decrescono i valori di *TR* necessari allo scavo;
- la formazione SID, presentando una frazione argillosa superiore al 70% e una plasticità significativa (cfr. Paragrafo 4.2.4) che conducono ad un elevato rischio clogging, è risultata essere, da questo punto di vista, la formazione più difficile da condizionare; in merito sarà opportuno monitorare la variabilità delle caratteristiche geologico/geotecniche con cui questa formazione si presenterà durante lo scavo e prendere le opportune contromisure consapevoli del potenziale rischio clogging di tale formazione;
- in merito allo stesso tema del potenziale rischio clogging si osserva come la formazione FAE abbia fatto registrare valori di potenziale clogging più bassi delle altre formazioni testate, in larga parte per via della notevole presenza di sabbia dei campioni testati; anche in questo caso sembra utile sottolineare che, se tale formazione si presenterà durante lo scavo con tali caratteristiche allora è lecito attendersi un minore clogging e conseguentemente la possibilità di condizionare tale formazione in modo relativamente agevole anche senza far ricorso a polimeri anti-clogging o utilizzandoli con dosaggi bassi; viceversa, nel caso in cui, come emerge dalla caratterizzazione geologico/geotecnica di progetto, tale formazione si presenti privo della frazione sabbiosa è lecito attendersi maggiori criticità legate al clogging e la conseguente necessità di utilizzare agenti condizionanti e polimeri specificatamente pensati; infine, si ricorda che l'alternanza roccia/terreno osservata in FAE potrebbe presentare criticità legate alla presenza di un fronte misto qualora la resistenza della frazione litoide fosse molto

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

elevata; questa tematica non è tuttavia oggetto del presente studio in quanto si ritiene che non ne modifichi sostanzialmente le conclusioni dal punto di vista dei parametri di condizionamento;

- L'uso del polimero BASF MasterRoc APC 214 in combinazione con l'agente schiumogeno BASF MasterRoc SLF32 risulta decisamente efficace nella riduzione del rischio clogging, come evidenziato dalle prove di mixing e di pull-out, e come previsto tale efficacia aumenta all'aumentare della concentrazione di tale prodotto.

Nell'ambito dei range individuati dai risultati dalle prove geotecniche sopraesposte, per la scelta dei dosaggi da considerare ottimali e con i quali condizionare i campioni da sottoporre alle prove ecotossicologiche si è scelto di operare mantenendo un equilibrio tra combinazioni di parametri efficaci per l'esecuzione dello scavo e dosaggi accettabili dal punto di vista ambientale.

Nella seguente Tabella 23 riportati i parametri scelti per il condizionamento dei campioni di ciascun materiale da sottoporre alle prove ecotossicologiche.



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

Tabella 23. Parametri scelti per il condizionamento dei campioni da sottoporre alle prove ecotossicologiche.

| produttore | prodotto                                | formazione | WIR<br>(L/m <sup>3</sup> ) | TR <sub>pol</sub><br>(L/m <sup>3</sup> ) | C <sub>f</sub><br>(%) | FER<br>(xx:1) | FIR<br>(%) | TR<br>(L/m <sup>3</sup> ) |
|------------|-----------------------------------------|------------|----------------------------|------------------------------------------|-----------------------|---------------|------------|---------------------------|
| BASF       | MasterRoc SLF 32                        | ASP        | 400                        | -                                        | 2.0                   | 8             | 70         | 1.75                      |
|            |                                         | SID        | 850                        | -                                        | 2.0                   | 8             | 80         | 2.00                      |
|            |                                         | FAE        | 80                         | -                                        | 2.0                   | 8             | 70         | 1.75                      |
|            | MasterRoc SLF 32 + MasterRoc ACP<br>214 | ASP        | 400                        | 0.40                                     | 2.0                   | 8             | 70         | 1.75                      |
|            |                                         | FAE        | 80                         | 0.25                                     | 2.0                   | 8             | 70         | 1.75                      |
| CONDAT     | CLB F5/AC                               | ASP        | 400                        | -                                        | 2.0                   | 10            | 80         | 1.60                      |
|            |                                         | FAE        | 100                        | -                                        | 2.0                   | 10            | 80         | 1.60                      |
| LAMBERTI   | Foamex SNG-AC                           | FAE        | 100                        | -                                        | 2.0                   | 10            | 80         | 1.60                      |
| MAPEI      | Polyfoamer ECO/100 PLUS                 | FAE        | 80                         | -                                        | 2.0                   | 8             | 70         | 1.75                      |

### 4.3 Attività sperimentali di carattere chimico ed ecotossicologico

Per i tratti scavati impiegando la tecnologia TBM-EPB è necessario tenere conto dell'interazione a lungo termine che può instaurarsi fra i composti chimici presenti negli additivi di scavo e i microrganismi e organismi eventualmente a contatto con essi. Per una corretta valutazione dell'impatto ambientale del terreno condizionato con i prodotti chimici prescelti sono stati necessari studi approfonditi e sperimentazioni appositamente eseguite impiegando sia i prodotti chimici che si prevede di utilizzare in cantiere sia i campioni rappresentativi del terreno che verrà scavato. La sperimentazione sito-specifica, infatti, è necessaria per valutare l'effettiva degradazione delle sostanze organiche contenute nei prodotti chimici impiegati, in quanto lo sviluppo dei processi di biodegradazione dipende dalla composizione chimica del terreno e dal complesso di tutti i microrganismi presenti nei campioni di terreno o nell'aria e nell'acqua con cui essi vengono a contatto dopo il prelievo.

Il protocollo sperimentale seguito per tale studio ha previsto una prima caratterizzazione dei soli additivi schiumogeni e un successivo studio della loro biodegradazione nel terreno condizionato secondo i parametri ottimali di condizionamento (cfr. Tabella 23) individuati in base ai risultati delle prove geotecniche descritte nei precedenti paragrafi. Pertanto, a valle della definizione di tali parametri di condizionamento, è stato allestito il set necessario a eseguire le prove di biodegradazione, il quale ha previsto un numero di campioni di terreno condizionato pari al numero di combinazioni terreno/additivo che si intendono studiare (al fine di riprodurre in scala di laboratorio una serie di campioni rappresentativi del materiale di risulta che si otterrà in cantiere). Parallelamente, sono stati eseguiti anche test ecotossicologici su organismi bersaglio accuratamente selezionati. La scelta di tali organismi bersaglio è funzione di diverse considerazioni: matrice

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

ambientale maggiormente interessata, sensibilità dell'organismo, rappresentatività dell'organismo nella matrice specifica, riproducibilità, affidabilità dei test e stato dell'arte.

Le attività sperimentali di carattere chimico ed ecotossicologico hanno previsto:

- valutazioni preliminari del rischio sulla base di considerazioni dedotte dalle schede di sicurezza di ciascun prodotto;
- prove di carattere chimico (MBAS, COD, TOC) ed ecotossicologico (EC50 *Daphnia magna* e *Lepidium sativum*) sui prodotti tal quali;
- test chimici (MBAS) ed ecotossicologici (test di tossicità acuta con *Daphnia magna*) sull'eluato acquoso ottenuto dal test di cessione sui terreni condizionati;
- test ecotossicologici con due specie vegetali (*Lepidium sativum* e *Sorghum saccharatum*) sul terreno condizionato.

#### **Analisi e caratterizzazione degli agenti condizionanti**

Lo studio di impatto ambientale si basa sulla valutazione delle caratteristiche di biodegradazione e di ecotossicità degli agenti condizionanti.

La biodegradazione è un insieme di processi biochimici eseguiti da microrganismi presenti naturalmente nei comparti ambientali (terreno, acqua e aria) e pertanto presenti anche nel terreno condizionato. Tali microrganismi sono principalmente batteri aerobici, in grado cioè di utilizzare l'ossigeno per ossidare (biodegradare) i composti organici presenti nel terreno, sia quelli naturalmente presenti nel suolo sia quelli aggiunti dall'uomo, nel caso specifico i componenti degli agenti condizionanti. La biodegradazione viene determinata studiando l'andamento nel tempo della concentrazione residua nel terreno di tensioattivi anionici, principalmente SLES, indicati con l'acronimo MBAS.

L'ecotossicologia, invece, studia gli effetti misurabili e quantificabili (morte, inibizione della riproduzione, etc...) di organismi bersaglio appartenenti a diversi comparti ambientali, causati dalla presenza di determinate quantità di composti o miscele con cui gli organismi entrano in contatto (per contatto, attraverso l'ambiente circostante, etc...). Per lo studio delle caratteristiche di ecotossicità del terreno vengono eseguite prove di tossicità acuta e/o subcronica che consistono nell'esporre organismi bersaglio, di volta in volta selezionati in base al caso specifico, al terreno condizionato valutandone la risposta. L'eventuale diminuzione della tossicità nel tempo è usualmente indice di una biodegradazione delle sostanze contenute negli schiumogeni, determinabile dalla variazione nel tempo di parametri quali l'MBAS.

Oltre alle prove di biodegradazione e di tossicità sul terreno condizionato, è opportuno determinare sui prodotti tal quali sia parametri chimici quali l'MBAS, il TOC, il COD sia parametri ecotossicologici come l'EC50. In ecotossicologia l'EC50 rappresenta la concentrazione in acqua di una

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

sostanza o di un composto che causa un'incidenza pari al 50% dell'effetto scelto sugli organismi utilizzati per la prova. Alti valori di EC50 indicano che sono necessarie alte concentrazioni di prodotto in acqua prima che si verifichi un effetto tossico e, viceversa, bassi valori di EC50 indicano già a basse concentrazioni un elevato effetto tossico del prodotto nei confronti della specie testata.

### Preparazione dei campioni di terreno condizionato

Per l'esecuzione degli studi chimici ed ecotossicologici è stata necessaria l'esecuzione di prove di laboratorio su campioni con caratteristiche analoghe a quelle del materiale che, in fase di realizzazione della galleria, verrà trasportato all'esterno una volta estratto dalla camera di scavo. Per tale motivo le prove sono state eseguite sul terreno condizionato con i parametri ottimali individuati dagli studi geotecnici. Questa attività ha previsto anche la preparazione di un campione di terreno non condizionato (bianco) utilizzato come controllo e riferimento per i risultati chimici ed ecotossicologici.

### Preparazione dei campioni per le prove sperimentali

L'esecuzione delle prove di laboratorio chimiche ed ecotossicologiche ha richiesto campioni con precise caratteristiche. Pur essendo l'esecuzione di tali prove oggetto di standard comunemente accettati, le caratteristiche dei terreni estratti e degli agenti condizionanti sono tali da richiedere specifiche procedure di preparazione, diluizione, estrazione o filtrazione del campione che si differenziano in base al terreno considerato.

#### **4.3.1 Allestimento set sperimentale**

Ai fini progettuali risulta fondamentale conoscere le velocità di degradazione del tensioattivo impiegato e l'eventuale effetto ecotossico, in quanto da questi dipende il dimensionamento delle aree di stoccaggio da predisporre nei pressi delle aree di imbocco della galleria. A valle delle prove geotecniche e di una breve caratterizzazione dei prodotti puri (MBAS, TOC, COD e EC50) sono state sviluppate prove di laboratorio sui terreni condizionati necessarie a verificare la possibilità del riutilizzo di ciascun litotipo dopo 0 giorni o, alternativamente, dopo 7 giorni anche nel caso di aggiunta di polimero.

Le formazioni oggetto di approfondimenti sia di carattere geotecnico che, quindi, di carattere chimico ed ecotossicologico sono, come già ampiamente discusso nei paragrafi precedenti, le argille subappennine (ASP), la formazione di monte Sidone (SID) e il flysch di Faeto (FAE). I 5 prodotti (cfr. Paragrafo 4.2.2) utilizzati per le prove di condizionamento sono:

- BASF MasterRoc SLF 32;

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

- BASF MasterRoc ACP 214;
- CONDAT CLB F5/AC;
- LAMBERTI Foamex SNG-AC;
- MAPEI Polyfoamer ECO/100 PLUS.

Tabella 24. Combinazioni delle formazioni e dei prodotti testate.

|                            |     | BASF MasterRoc SLF 32 | BASF MasterRoc SLF 32<br>+ MasterRoc ACP 214 | CONDAT CLB F5/AC | LAMBERTI Foamex SNG-<br>AC | MAPEI Polyfoamer<br>ECO/100 PLUS |
|----------------------------|-----|-----------------------|----------------------------------------------|------------------|----------------------------|----------------------------------|
| argille subappennine       | ASP | ☒                     | ☒                                            | ☒                |                            |                                  |
| formazione di monte Sidone | SID | ☒                     |                                              |                  |                            |                                  |
| flysch di Faeto            | FAE | ☒                     | ☒                                            | ☒                | ☒                          | ☒                                |

Come specificato precedentemente, lo studio di impatto ambientale si basa sulla biodegradazione e sulle caratteristiche di ecotossicità dei prodotti utilizzati durante le fasi di scavo. È possibile valutare quanto velocemente un prodotto degrada misurando la concentrazione di tensioattivi anionici nel terreno condizionato a diversi tempi dal momento in cui avviene il condizionamento.

Nel rispetto del carattere sito-specifico della valutazione sperimentale, al fine di garantire una corretta valutazione delle interazioni terreno/agente condizionante, sono stati allestiti, presso il Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica di “La Sapienza”, Università di Roma, idonei microcosmi realizzati riproducendo le condizioni reali del sito (microrganismi, acqua, condizioni ambientali).

I microcosmi sono costituiti da contenitori di vetro del volume di 5 L contenenti aliquote pesate di terreno condizionato con i prodotti commerciali oggetto del presente studio. Tali contenitori devono essere mantenuti chiusi da un coperchio non sigillante, per consentire scambi di ossigeno con l'esterno ma limitando, al tempo stesso, un'eccessiva evaporazione di acqua, e vanno posti alla luce naturale e a temperatura costante per 28 giorni. È importante sottolineare che, al fine di preservare le caratteristiche naturali del terreno, il materiale utilizzato per l'allestimento dei microcosmi e quindi per l'esecuzione delle prove chimiche ed ecotossicologiche è stato tenuto all'aria e non asciugato in

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

forno, contrariamente a quanto effettuato per l'esecuzione delle prove geotecniche. Le alte temperature del forno, infatti, oltre a pregiudicare la presenza di microrganismi nei campioni, causerebbero anche fenomeni di degradazione termica e quindi una probabile alterazione dei risultati dei test.

Per ogni combinazione terreno/prodotto testata, è stato allestito un microcosmo di terreno condizionato oltre a un bianco (campione di terreno non condizionato, noto anche come "controllo"). A tempi prestabiliti ( $t = 0, 3, 7, 14$  e  $28$  giorni), sono state prelevate 2 aliquote di terreno (circa 100 g) da ciascun microcosmo al fine di produrre l'elutriato (rapporto S/L 1:10 in acqua bidistillata) in duplicato, necessario per l'esecuzione delle prove ecotossicologiche (*Daphnia magna*), 2 aliquote di terreno per poter condurre l'estrazione con acqua/metanolo attraverso la "Procedura di analisi e metodica per la determinazione dei tensioattivi totali su campioni di materiale da scavo" approvata dal Ministero dell'Ambiente con Parere 3075 del 05/07/2019, al fine di produrre il campione liquido sul quale effettuare il test chimico per la determinazione dei tensioattivi anionici (MBAS), nonché 2 aliquote di terreno per le prove ecotossicologiche con le due specie vegetali selezionate (*Lepidium sativum* e *Sorghum saccharatum*).

Per la preparazione dell'estratto acquoso, necessario per l'esecuzione delle prove ecotossicologiche, è stato seguito il protocollo previsto dalle norme UNI 10802. In particolare, a ogni sub-aliquota di terreno condizionato e del corrispondente controllo, dopo averne preliminarmente determinata l'umidità, viene aggiunta acqua bidistillata al fine di ottenere un rapporto terreno/acqua pari a 1:10 (ivi compresa l'acqua inizialmente presente nel campione da estrarre). L'estrazione acquosa di tali sub-aliquote viene poi eseguita mediante agitazione su un agitatore rotante (a circa 150 rpm) per 24 ore al buio a 20°C. Il giorno seguente è stata separata la fase solida da quella liquida, la quale viene quindi sottoposta al test di tossicità acuta con *Daphnia magna*.

Per la preparazione del campione da sottoporre al test chimico di MBAS la metodica prevede che per ogni campione di terreno vengano pesate 2 aliquote da 5 g di cui una inserita in una provetta da 50 mL e l'altra impiegata per la determinazione dell'umidità. In provetta, si inseriscono 20 mL di una miscela di acqua e metanolo in rapporto 1:4 v/v (16 mL di metanolo e 4 mL di acqua). Il campione viene poi agitato meccanicamente per 2 minuti e sonicato 1 ora in bagno a ultrasuoni con frequenza pari a 35 kHz. Successivamente si centrifuga il campione per separare il terreno dal surnatante che viene poi analizzato.

I campioni preparati seguendo le metodologie appena descritte sono stati sottoposti ad una caratterizzazione continua, secondo la seguente "time schedule": 0, 3, 7, 14 e 28 giorni.



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

#### 4.3.2 Valutazioni preliminari di carattere chimico ed ecotossicologico

A seguito dei risultati ottenuti delle prove geotecniche descritte nei capitoli precedenti, è stato possibile definire i dosaggi ottimali per ciascuna combinazione prodotto/formazione (Tabella 23). Dai valori di *TR* così ottenuti, e noto il range del dosaggio di ciascuna sostanza componente il prodotto commerciale, è stato possibile individuare i range di concentrazione di prodotto nel suolo attesi, riportati nella seguente Tabella 25.

Come si osserva dalla tabella, i valori di *TR* emersi dallo studio ricadono tutti all'interno del range definito nell'ambito delle valutazioni preliminari sviluppate nelle precedenti fasi di questo stesso studio, confermando l'utilità di tali valutazioni e la validità dei presupposti su cui sono basate (si sottolinea che non si hanno informazioni riguardanti la composizione del prodotto Basf ACP214).

Tabella 25. Range di concentrazioni di prodotto nel suolo attese.

| formazione | produttore | prodotto                             | TR<br>(L/m <sup>3</sup> ) | CAS<br>(n°) | dosaggio   |            | concentrazione attesa |              |
|------------|------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------|------------|------------|-----------------------|--------------|
|            |            |                                      |                           |             | min<br>(%) | max<br>(%) | da<br>(mg/kg)         | a<br>(mg/kg) |
| ASP        | BASF       | MasterRoc SLF 32                     | 1.75                      | 68891-38-3  | 10         | 20         | 92.59                 | 185.19       |
|            | BASF       | MasterRoc SLF 32 + MasterRoc ACP 214 | 1.75                      | 68891-38-3  | 10         | 20         | 92.59                 | 185.19       |
|            |            |                                      | 1.60                      | 107-41-5    | 5          | 10         | 42.33                 | 84.66        |
|            | CONDAT     | CLB F5/AC                            | 1.60                      | 68891-38-3  | 5          | 10         | 42.33                 | 84.66        |
|            |            |                                      | 1.60                      | 65585-47-7  | 5          | 10         | 42.33                 | 84.66        |
|            |            |                                      | 1.60                      | 85711-71-3  | 0          | 1          | 0.00                  | 8.47         |
| SID        | BASF       | MasterRoc SLF 32                     | 2.00                      | 68891-38-3  | 10         | 20         | 105.82                | 211.64       |
| FAE        | BASF       | MasterRoc SLF 32                     | 1.75                      | 68891-38-3  | 10         | 20         | 92.59                 | 185.19       |
|            | BASF       | MasterRoc SLF 32 + MasterRoc ACP 214 | 1.75                      | 68891-38-3  | 10         | 20         | 92.59                 | 185.19       |
|            |            |                                      | 1.60                      | 107-41-5    | 5          | 10         | 42.33                 | 84.66        |
|            | CONDAT     | CLB F5/AC                            | 1.60                      | 68891-38-3  | 5          | 10         | 42.33                 | 84.66        |
|            |            |                                      | 1.60                      | 65585-47-7  | 5          | 10         | 42.33                 | 84.66        |
|            |            |                                      | 1.60                      | 85711-71-3  | 0          | 1          | 0.00                  | 8.47         |
|            | LAMBERTI   | FOAMEX SNG-AC                        | 1.60                      | 68891-38-3  | 10         | 20         | 84.66                 | 169.31       |
|            | MAPEI      | Polyfoamer ECO/100 PLUS              | 1.75                      | 9004-82-4   | 5          | 10         | 46.30                 | 92.59        |

\* per dosaggio si intende la concentrazione del singolo composto, identificato con il singolo CAS, presente all'interno di ciascun prodotto tal quale.

Il rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui all'articolo 184-bis, comma 1, lettera d), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti, è

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

garantito quando il contenuto di sostanze inquinanti all'interno delle terre e rocce da scavo, comprendenti anche gli additivi utilizzati per lo scavo, sia inferiore alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC), di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica, o ai valori di fondo naturali.

Qualora per consentire le operazioni di scavo sia previsto l'utilizzo di additivi che contengono sostanze inquinanti non comprese nella citata tabella, il soggetto proponente fornisce all'Istituto Superiore di Sanità (ISS) e all'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) la documentazione tecnica necessaria a valutare il rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui all'articolo 4. Per verificare che siano garantiti i requisiti di protezione della salute dell'uomo e dell'ambiente, ISS e ISPRA prendono in considerazione il contenuto negli additivi delle sostanze classificate pericolose ai sensi del regolamento (CE) n. 1272/2008, relativo alla classificazione, etichettatura ed imballaggio delle sostanze e delle miscele (CLP), al fine di appurare che tale contenuto sia inferiore al "valore soglia" di cui all'articolo 11 del citato regolamento per i siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale e al "limite di concentrazione" di cui all'articolo 10 del medesimo regolamento per i siti ad uso commerciale e industriale. L'ISS si esprime entro 60 giorni dal ricevimento della documentazione, previo parere dell'ISPRA. Il parere dell'Istituto Superiore di Sanità è allegato al piano di utilizzo.

In funzione di tale regolamento e di detti articoli vengono definiti il valore soglia (VS) riportati nella Tabella 28, Tabella 29, Tabella 30 e Tabella 31, la concentrazione limite specifica (LCS) e la concentrazione limite generica (LCG) per diverse classi di pericolosità (Tabella 1.1 allegato I parte 1 del CE 1272, riportata in Tabella 26), cioè per:

- tossicità acuta, categorie 1-3 e 4;
- pericolosità per corrosione/pericolo da contatto;
- pericolosità da contatto con occhi;
- tossicità acquatica, acuta categoria 1 e cronica categoria 1 e categoria 2-4.

Tabella 26. Tabella 1.1 allegato I parte 1 del CE 1272.

| <i>valori di soglia generici</i> |                                                                |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <b>classe di pericolo</b>        | <b>valori di soglia generici da prendere in considerazione</b> |
| tossicità acuta:                 |                                                                |
| - categoria 1-3                  | 0.1%                                                           |
| - categoria 4                    | 1%                                                             |

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

|                                         |                                        |
|-----------------------------------------|----------------------------------------|
| corrosione/irritazione della pelle      | 1% <sup>(1)</sup>                      |
| gravi danni oculari/irritazione oculare | 1% <sup>(2)</sup>                      |
| nocivo per l'ambiente acquatico         |                                        |
| - tossicità acuta 1, categoria 1        | 0.1% <sup>(3)</sup>                    |
| - tossicità cronica, categoria 1        | 0.1% <sup>(3)</sup>                    |
| - tossicità cronica, categorie 2-4      | 1%                                     |
| <sup>(1)</sup>                          | o < 1 % se pertinente, cfr. 3.2.3.3.1. |
| <sup>(2)</sup>                          | o < 1 % se pertinente, cfr. 3.3.3.3.1. |
| <sup>(3)</sup>                          | o < 0.1 % se pertinente, cfr. 4.1.3.1. |

nota: i valori soglia generici sono espressi in percentuale in peso, tranne che per le miscele gassose, per le quali sono espressi in percentuale in volume.

Secondo l'allegato I parte 1, punto 1.1.2.2 del CE 1272, il VS è uguale al valore più basso fra LCS e LCG. I valori di LCS per le diverse classi di pericolo si può reperire per i composti considerati, nelle tabelle 3.1 e 3.2 dell'allegato VI parte 3 del CE 1272, o nel database ECHA delle sostanze chimica. Qualora non fosse reperibile da nessuna di queste fonti è possibile assumere VS=LCG. Qualora la classe di pericolo della sostanza non fosse presente nelle voci della Tabella 1.1, è necessario riferirsi ad altri limiti di concentrazione generici, che possono reperirsi attraverso le metodiche riportate nell'allegato I parti da 3 a 5.

Nel caso di tossicità acuta o cronica acquatica di categoria 1, il valore di LCG deve tenere conto di un fattore M, che viene definito o nelle tabelle 3.1 e 3.2 allegato VI parte 3 o riportato nel database ECHA. Nel caso in cui non fosse definito nei suddetti, è necessario rifarsi alla tabella 4.1.3 allegato I parte 1 (Tabella 27).

Tabella 27. Fattori moltiplicatori per i componenti altamente tossici delle miscele (tabella 4.1.3 allegato I parte 1 del CE 1272).

| valore della C(E)L <sub>50</sub>       | fattore moltiplicatore (M) |
|----------------------------------------|----------------------------|
| 0.1 < C(E)L <sub>50</sub> ≤ 1          | 1                          |
| 0.01 < C(E)L <sub>50</sub> ≤ 0.1       | 10                         |
| 0.001 < C(E)L <sub>50</sub> ≤ 0.01     | 100                        |
| 0.0001 < C(E)L <sub>50</sub> ≤ 0.001   | 1000                       |
| 0.00001 < C(E)L <sub>50</sub> ≤ 0.0001 | 10000                      |

(segue per intervalli corrispondenti a un fattore 10)

Si riportano quindi nella Tabella 28, Tabella 29, Tabella 30 e Tabella 31 i valori attesi di concentrazione delle singole classi di composti per ogni prodotto e dei relativi VS (per il CAS n. 85711-71-3 non è

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

stato possibile reperire le classi di tossicità dai database, per cui sono state riportate in via cautelativa tutte le classi di tossicità del CLP con i rispettivi VS).

Tabella 28. Classi di tossicità ricavate dalle schede di sicurezza del prodotto MasterRoc SLF 32.

| BASF MasterRoc SLF 32 |                |                               |                                                  |                                                                         |
|-----------------------|----------------|-------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| CAS                   | % nel prodotto | concentrazione attesa max (%) | classe tossicità                                 | VS (% in massa)                                                         |
| 68891-38-3            | 10 - 20        | 0.0185                        | Skin Irrit. 2<br>Eye Irrit. 2<br>Aquatic Chron 3 | Skin Irrit. 2: C > 1%<br>Eye Irrit. 2: C ≥ 5 %<br>Aquatic Chron 3: C>1% |

Tabella 29. Classi di tossicità ricavate dalle schede di sicurezza del prodotto CLB F5/AC.

| CONDAT CLB F5/AC |                |                               |                                                                |                                                                                            |
|------------------|----------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS              | % nel prodotto | concentrazione attesa max (%) | classe tossicità                                               | VS (% in massa)                                                                            |
| 107-41-5         | 5 - 10         | 0.0085                        | Skin Irrit. 2<br>Eye Irrit. 2                                  | Skin Irrit. 2: C > 1%<br>Eye Irrit. 2: C ≥ 5 %                                             |
| 68891-38-3       | 5 - 10         | 0.0085                        | Skin Irrit. 2<br>Eye Dam. 1<br>Aquatic Chron 3                 | Skin Irrit. 2: C > 1%<br>Eye Dam. 1: C> 1%<br>Aquatic Chron 3: C>1%                        |
| 65585-47-7       | 5 - 10         | 0.0085                        | Acute Tox. 4<br>Skin Irrit. 2<br>Eye Dam. 1<br>Aquatic Chron 3 | Acute Tox. 4: C >1%<br>Skin Irrit. 2: C > 1%<br>Eye Dam. 1: C> 1%<br>Aquatic Chron 3: C>1% |
| 68551-07-5       | <1             | 0.00085                       | Eye Irrit. 2<br>Aquatic Acute 1                                | Skin Irrit. 2: C > 1%<br>Aquatic Acute 1: C > 1%                                           |

Tabella 30. Classi di tossicità ricavate dalle schede di sicurezza del prodotto Foamex SNG-AC.

| LAMBERTI Foamex SNG-AC |                |                               |                             |                                            |
|------------------------|----------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------|
| CAS                    | % nel prodotto | concentrazione attesa max (%) | classe tossicità            | VS (% in massa)                            |
| 9004-82-4              | >7 - <10       | 0.0169                        | Skin Irrit. 2<br>Eye Dam. 1 | Skin Irrit. 2: C > 1%<br>Eye Dam. 1: C> 1% |

Tabella 31. Classi di tossicità ricavate dalle schede di sicurezza del prodotto Polyfoamer ECO/100 PLUS.

MAPEI Polyfoamer ECO/100 PLUS

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

| CAS       | % nel prodotto | concentrazione attesa max (%) | classe tossicità | VS (% in massa)       |
|-----------|----------------|-------------------------------|------------------|-----------------------|
| 9004-82-4 | >=5            | 0.0092                        | Eye Irrit. 2     | Eye Irrit. 2: C ≥ 5 % |

In base ai dati riportati nelle tabelle di cui sopra, è possibile affermare che per qualsiasi prodotto le concentrazioni massime attese delle singole classi di composti si trovano al di sotto dei rispettivi VS. Tale comparazione non è possibile per il prodotto MasterRoc ACP 214 per il quale non è possibile fare alcuna valutazione.

#### 4.3.3 Metodi di prova

Nel presente paragrafo vengono illustrate nel dettaglio le metodologie di prova di ciascun test eseguito sia sui prodotti schiumogeni puri sia su tutte le combinazioni terreno condizionato/prodotto testate nella sperimentazione geotecnica.

##### Metodo di prova dell'MBAS

L'MBAS (*Methylene Blue Active Substance*) è la metodologia standard riconosciuta a livello internazionale per la misura dei tensioattivi anionici, che formano con il Blu di Metilene un sale di colore blu, estratto in modo quantitativo con cloroformio. L'assorbanza della fase organica è proporzionale alla concentrazione del tensioattivo anionico e può essere misurata mediante spettrofotometro UV-Vis nella regione del visibile a una lunghezza d'onda pari a 650 nm. I test saranno eseguiti in base alla metodica APAT CNR IRSA 5170 Man 29 2003.

##### Metodo di prova del TOC

Il TOC (Total Organic Carbon, espresso in mgC/L) è una misura quantitativa del carbonio organico presente in una soluzione in acquosa. La misura del TOC può essere indiretta, come differenza tra il carbonio totale (TC=TOC+IC) e quello inorganico (IC) misurati direttamente, oppure può essere diretta valutando il carbonio organico residuo dopo eliminazione del carbonio inorganico (NPOC, carbonio organico non purgabile). Per la misura del TOC si applica la tecnica NPOC, con riferimento al metodo UNI EN 1434:1999 ed utilizza l'analizzatore Shimadzu TOC-V csh (Figura 45).



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---



Figura 45. Apparecchiatura di misura per TOC.

### **Metodo di prova del COD**

Il valore di Chemical Oxygen Demand (COD) rappresenta la quantità totale di ossigeno necessaria per ossidare i composti ossidabili (organici e inorganici) presenti nel campione. La determinazione del COD mediante test in cuvetta prevede, come riportato nel Manuale e Linea Guida APAT-IRSA n. 29/2003 “Metodi analitici per le acque”, una fase di digestione, di norma per un tempo pari a 2 ore alla temperatura di 148 °C, ed una successiva determinazione spettrofotometrica.

### **Principio del metodo di tossicità acuta con *Daphnia Magna***

Il test OECD 202 (*Daphnia sp. Acute Immobilisation Test*, test acuto di immobilizzazione di *Daphnia sp.*) prevede l’utilizzo del crostaceo cladocero della specie *Daphnia magna Straus* (Figura 46). Per lo svolgimento di tutti i test si utilizzano “efippi” della MicroBiotest che garantisce per la qualità degli organismi forniti, per le condizioni di allevamento e produzione degli efippi, poiché aderisce strettamente ai protocolli standardizzati prescritti dalla norma. Gli efippi sono forniti in un kit insieme alle soluzioni concentrate necessarie per il mezzo di crescita degli organismi e di un sistema multipozzetto comprendente quattro repliche, in accordo con le normative standard internazionali (OECD, ISO, USEPA, ASTM). Il saggio con *Daphnia* risulta essere molto sensibile soprattutto all’inquinamento da metalli pesanti (piombo, cadmio, zinco, rame ecc.). I neonati di meno di 24 ore vengono immessi nel campione da analizzare e dopo un periodo di tempo prestabilito di 24 ore si osserva la percentuale di individui sopravvissuti. I risultati possono essere espressi come percentuale di individui morti/immobilizzati o come valore di *EC50*, cioè come concentrazione della sostanza tossica che determina la morte/immobilizzazione del 50% degli individui impiegati nel test.

### **Modalità di esecuzione del test con *Daphnia magna***

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

Prima dell'inizio del saggio è prevista l'incubazione degli efippi per circa 80 ore a  $21\pm 2^{\circ}\text{C}$  e con illuminazione di 6000 lux, al termine di tale periodo si ottengono organismi giovani detti "dafnidi" da utilizzare nell'allestimento delle prove di tossicità. In ogni pozzetto, contenente 10 mL di soluzione, vengono trasferiti mediante micropipetta Pasteur e l'utilizzo di un microscopio stereoscopico, cinque neonati di *Daphnia*. Il sistema multi-pozzetto è quindi posto in frigo termostato e incubato a  $21\pm 2^{\circ}\text{C}$  al buio. L'esecuzione del saggio prevede l'impiego di 20 dafnidi con età inferiore alle 24 ore, esposti in quattro repliche a ciascun campione di elutriato, per un periodo di 24 ore. I risultati (in termini di immobilità degli organismi) registrati a 24 ore vengono confrontati con il controllo negativo (mezzo di crescita per l'organismo) e con un controllo positivo, preparato con il tossico di riferimento (bicromato di potassio) a conferma dell'idoneità del mezzo di crescita e degli organismi utilizzati. Affinché il test sia considerato valido, devono essere rispettati i seguenti criteri di validità:

- nel controllo negativo non più del 10% degli individui devono essere immobilizzati;
- la concentrazione di ossigeno disciolto alla fine del test dovrebbe essere  $> 3\text{ mg/L}$  nel controllo e nei pozzetti del test.

Poiché non esiste in letteratura una scala di tossicità riconosciuta e standardizzata per *Daphnia magna*, al fine di fornire un giudizio di tossicità per tale test, i risultati ottenuti vengono confrontati con le soglie proposte nella scala di tossicità per tale saggio dai Laboratori ARPAL, riportata nel Manuale e Linee Guida ISPRA 67/2011.



Figura 46. *Daphnia Magna*.

**Principio del metodo per la determinazione dell'inibizione della germinazione e dell'allungamento radicale di *Lepidium sativum* e *Sorghum saccharatum***

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

Utilizzando come organismi bioindicatori le specie vegetali *Lepidium sativum* e sorgo (*Sorghum saccharatum*) si eseguono test di germinazione, i quali valutano l'effetto di matrici acquose contenenti il campione in esame. Il saggio, della durata di 96 ore, consente di rilevare contemporaneamente l'effetto sulla germinazione e sull'allungamento radicale, combinandoli in Indice di Germinazione (IG%).

Il metodo di prova, sviluppato per verificare la tossicità di campioni liquidi (campioni ambientali; soluzioni di prodotti puri, estratti) e solidi (sedimenti, suoli, fanghi), risulta di facile esecuzione dal momento che gli organismi del saggio sono facilmente disponibili e l'esecuzione della prova non richiede una strumentazione dedicata (APAT, 2004) e rispetto ad altri, è sensibile a una più vasta gamma di contaminanti organici e inorganici.

#### **Modalità di esecuzione del test con *Lepidium sativum* e *Sorghum saccharatum***

Il test di germinazione viene eseguito utilizzando come organismi bioindicatori il *Lepidium sativum* e il *Sorghum saccharatum* seguendo i metodi ufficiali ISO 11357:2010 allo scopo di valutare l'effetto del terreno additivato con il prodotto schiumogeno sulla germinazione dei semi e sull'allungamento della radice, dell'ipocotile e dell'epicotile.

In Figura 47 sono mostrati rispettivamente i semi di sorgo, crescita e cetriolo prima e dopo la germinazione.

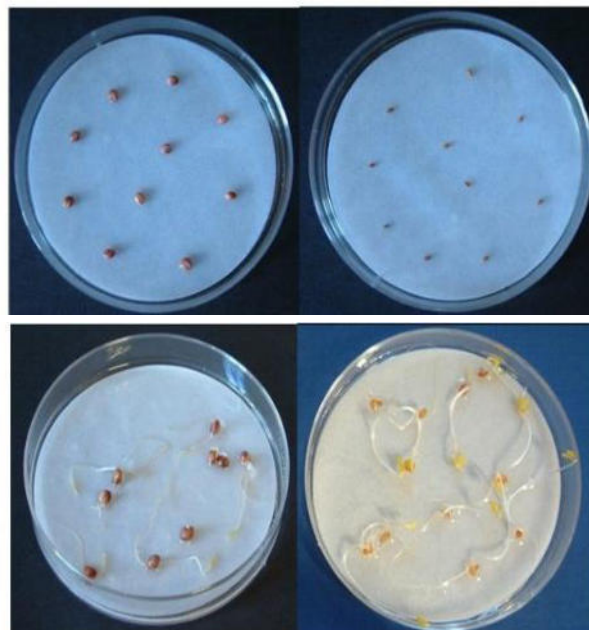


Figura 47. Semi di *Lepidium sativum* e *Sorghum saccharatum* prima e dopo la germinazione.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

È importante per la riuscita della prova che le specie vegetali testate non siano trattate con insetticidi e/o fungicidi e che vengano tenute al buio e in frigorifero per la vernalizzazione. Il test viene effettuato in capsule Petri contenenti un dischetto di carta bibula. Ad ogni capsula si aggiungono 5 mL di campione e 10 semi di ciascuna specie e si pone questa in incubatore a  $25 \pm 1$  °C per 96 ore. Al termine della prova si contano i semi germinati e si misura l'allungamento radicale dei semi esposti al campione testato confrontandoli con i risultati del terreno di controllo. Ciò permette di poter apprezzare l'effetto di eventuali composti presenti nel campione testato che possano esplicare un'azione fitotossica nei confronti delle specie vegetali.

#### 4.3.4 Risultati prove chimiche ed ecotossicologiche sul prodotto puro

La Tabella 32 e la Tabella 33 riportano rispettivamente, i risultati delle prove chimiche ed ecotossicologiche condotte sui 5 prodotti commerciali.

Tabella 32. Risultati delle prove chimiche sui prodotti commerciali.

| produttore<br>(-) | prodotto<br>(-)         | TOC<br>(mg/L) | COD<br>(mg/L)   | MBAS<br>(mg/L) |
|-------------------|-------------------------|---------------|-----------------|----------------|
| BASF              | MasterRoc SLF 32        | 31700 ± 6300  | 266000 ± 67000  | 158000 ± 39000 |
| BASF              | MasterRoc ACP 214       | 64200 ± 13000 | 132000 ±        | 0.42 ± 0.10    |
| CONDAT            | CLB F5/AC               | 84500 ± 17000 | 403000 ± 100000 | 185000 ± 46000 |
| LAMBERTI          | FOAMEX SNG-AC           | 52100 ± 10000 | 198000 ±        | 76000 ± 19000  |
| MAPEI             | Polyfoamer ECO/100 PLUS | 54500 ± 11000 | 201000 ± 50000  | 72000 ± 18000  |

Tabella 33. Risultati delle prove ecotossicologiche sui prodotti commerciali.

| produttore<br>(-) | prodotto<br>(-)         | EC50 <i>Daphnia magna</i> 24h<br>(mg/L) | intervallo di confidenza al 95%<br>(mg/L) | EC50 <i>Lepidium sativum</i> 72h<br>(mg/L) | intervallo di confidenza al 95%<br>(mg/L) |
|-------------------|-------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|
| BASF              | MasterRoc SLF 32        | 94                                      | 74 - 119                                  | 357                                        | 152 - 641                                 |
| BASF              | MasterRoc ACP 214       | >10000                                  | -                                         | 9900                                       | 5570 - 33200                              |
| CONDAT            | CLB F5/AC               | 48                                      | 38 - 61                                   | 1220                                       | 830 - 1790                                |
| LAMBERTI          | FOAMEX SNG-AC           | 1149                                    | 887 - 1482                                | >10000                                     | -                                         |
| MAPEI             | Polyfoamer ECO/100 PLUS | 2523                                    | 2084 - 3061                               | 3690                                       | 1990 - 9203                               |

I dati della caratterizzazione preliminare sono in linea con le aspettative: il prodotto CONDAT risulta essere caratterizzato da una maggiore concentrazione di tensioattivi anionici espressa come MBAS,

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

a seguire lo schiumogeno BASF e infine LAMBERTI e MAPEI. I dati del TOC e del COD confermano in generale questo trend. I dati di EC50 sul *Daphnia magna* indicano che l'additivo BASF non esplica alcun effetto ecotossico sulla specie acquatica (valore maggiore di 10 g/L), molto probabilmente poiché non risulta biodisponibile e per questo non viene assimilato dagli organismi target. Per poter confermare tale ipotesi sarebbe però necessario conoscere il profilo chimico industriale del prodotto. Seguono poi gli agenti schiumogeni MAPEI, LAMBERTI, BASF e per ultimo CONDAT. I dati ottenuti dai test EC50 eseguiti sul *Lepidium sativum* confermano che l'additivo BASF MasterRoc ACP214 e i prodotti LAMBERTI e MAPEI non esplicano una azione fitotossica di rilievo. Il dato relativo al prodotto CONDAT risulta dello stesso ordine di grandezza rispetto a quello degli altri schiumogeni (all'infuori di quello BASF). In generale, i dati relativi alla fitotossicità mostrano come tutti i prodotti selezionati non esplicano degli effetti quantificabili rilevanti.

#### 4.3.5 Risultati prove chimiche sul terreno condizionato

Come ampiamente discusso in precedenza, sono state effettuate prove volte alla determinazione della concentrazione dei tensioattivi anionici nel tempo al fine di valutare la degradazione del tensioattivo presente nel terreno condizionato. Le tabelle e le figure seguenti riportano i risultati ottenuti per ciascuna combinazione terreno/prodotto al tempo 0, 3, 7, 14 e 28 giorni.

Tabella 34. Concentrazione tensioattivi anionici per la formazione ASP.

| tempo<br>(giorni) | ASP bianco<br>(mg/kg) | BASF MasterRoc SLF<br>32<br>(mg/kg) | BASF MasterRoc SLF<br>32 + BASF MasterRoc<br>ACP 214<br>(mg/kg) | CONDAT CLB<br>F5/AC<br>(mg/kg) |
|-------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 0                 | 12.6 ± 5.2            | 138.5 ± 35                          | 83.9 ± 12                                                       | 48.4 ± 1.1                     |
| 3                 | 25.2 ± 6.9            | 40.4 ± 12                           | 36.5 ± 3.5                                                      | 11.7 ± 2.6                     |
| 7                 | 11.8 ± 1.1            | 16.3 ± 2.0                          | 18.5 ± 1.9                                                      | 14.3 ± 0.6                     |
| 14                | 20.3 ± 1.5            | 21.2 ± 0.2                          | 24.0 ± 1.4                                                      | 21.0 ± 0.6                     |
| 28                | 24.9 ± 1.3            | 17.0 ± 7.4                          | 25.5 ± 6.3                                                      | 28.2 ± 9.6                     |

Tabella 35. Concentrazione tensioattivi anionici per la formazione SID.

| tempo<br>(giorni) | SID<br>bianco<br>(mg/kg) | BASF MasterRoc<br>SLF 32<br>(mg/kg) |
|-------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| 0                 | 12.8 ± 11                | 100.8 ± 32                          |
| 3                 | 21.9 ± 5.3               | 103.0 ± 1.0                         |
| 7                 | 12.1 ± 0.5               | 38.0 ± 6.8                          |

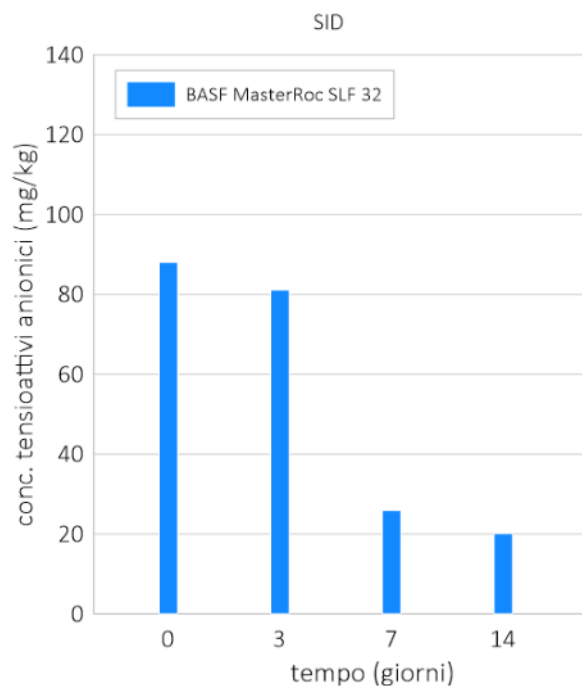
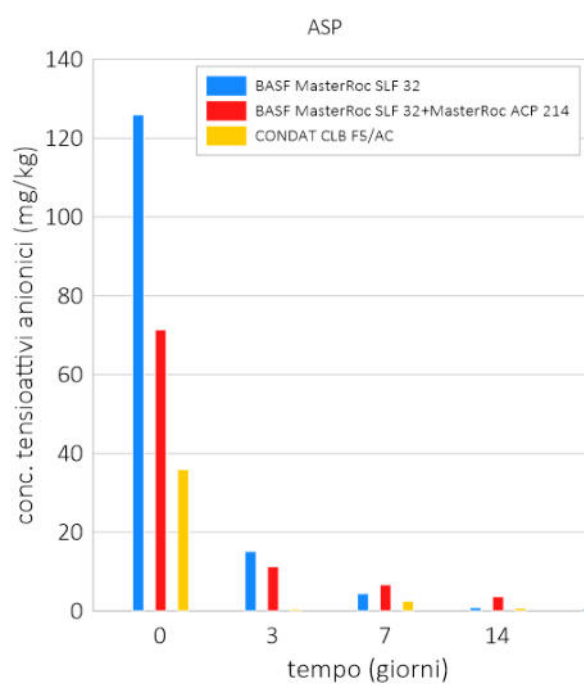


Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

|    |            |            |
|----|------------|------------|
| 14 | 19.5 ± 0.3 | 39.6 ± 6.1 |
| 28 | 27.6 ± 2.7 | 39.2 ± 1.4 |

Tabella 36. Concentrazione tensioattivi anionici per la formazione FAE.

| tempo<br>(giorni) | FAE bianco<br>(mg/kg) | BASF MasterRoc SLF 32<br>(mg/kg) | BASF MasterRoc SLF 32<br>+ BASF MasterRoc ACP 214<br>(mg/kg) | CONDAT CLB F5/AC<br>(mg/kg) | LAMBERTI<br>Foamex SNG<br>(mg/kg) | MAPEI Polyfoamer<br>ECO 100/PLUS<br>(mg/kg) |
|-------------------|-----------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|
| 0                 | 19.0 ± 0.5            | 68.5 ± 14                        | 87.5 ± 14                                                    | 73.3 ± 0.1                  | 17.6 ± 6.8                        | 24.6 ± 1.8                                  |
| 3                 | 13.4 ± 2.4            | 91.0 ± 16.9                      | 46.0 ± 35                                                    | 112.1 ± 34                  | 61.1 ± 6.4                        | 70.8 ± 8.1                                  |
| 7                 | 10.5 ± 0.1            | 39.2 ± 0.4                       | 36.5 ± 1.4                                                   | 35.1 ± 9.2                  | 19.1 ± 3.3                        | 27.1 ± 1.7                                  |
| 14                | 19.6 ± 1.7            | 32.5 ± 2.4                       | 35.3 ± 6.9                                                   | 34.3 ± 4.3                  | 23.0 ± 1.4                        | 21.5 ± 1.3                                  |
| 28                | 21.4 ± 2.7            | 47.7 ± 0.8                       | 25.7 ± 1.4                                                   | 37.8 ± 5.1                  | 23.7 ± 0.1                        | 24.6 ± 0.1                                  |



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

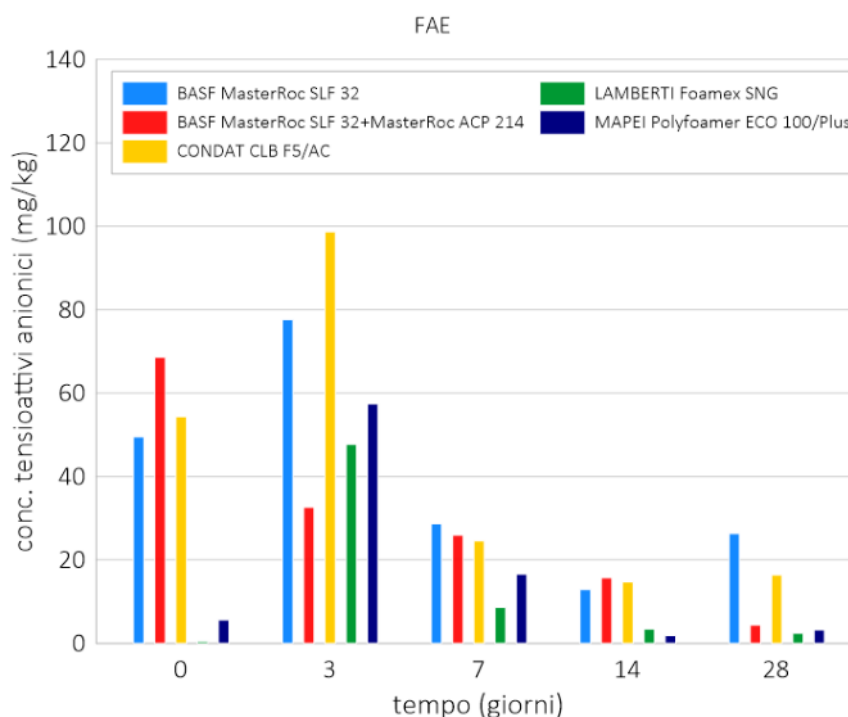


Figura 48. Andamento nel tempo della concentrazione dei tensioattivi anionici per le tre formazioni ASP, SID e FAE normalizzato rispetto al bianco.

Dai risultati riportati in Figura 48, si può osservare come per le formazioni ASP e SID l'andamento della concentrazione dei tensioattivi anionici, espressa come MBAS, sia decrescente con il tempo di stoccaggio del materiale condizionato, confermando quindi la tendenza alla biodegradazione da parte delle comunità batteriche e di microrganismi presenti nel mezzo a ossidare i composti organici attivi alla metodica. Analogo comportamento può osservarsi per la formazione FAE, all'infuori del giorno 3 e 28, in cui è possibile notare un incremento della concentrazione di tensioattivi anionici misurata. Tale comportamento, nel primo caso, può essere dovuto alla diversa granulometria e mineralogia della formazione FAE rispetto alle altre due in esame, che può aver causato una diversa (in particolare minore) disponibilità dei composti organici nel solvente impiegato durante l'estrazione al tempo 0 giorni rispetto al tempo 3 giorni. Comunque, l'andamento temporale continua a essere decrescente nei giorni 7 e 14 giorni. Mentre nel caso dei 28 giorni si nota un incremento del valore misurato per il solo prodotto schiumogeno BASF MasterRoc SLF 32 senza additivo MasterRoc ACP 214 (per gli altri condizionamenti i valori decrescono o rimangono circa costanti), probabilmente dovuto nuovamente a una minore disponibilità dei composti organici come visto al tempo 3 giorni e legato in parte anche alla intrinseca eterogeneità del materiale condizionato.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

#### 4.3.6 Risultati prove ecotossicologiche sul terreno condizionato

##### Risultati del saggio con *Daphnia magna*

Dalle prove di tossicità condotte per tempi pari a 0, 3, 7, 14 e 28 giorni non sono stati rilevati effetti ecotossici nei confronti dell'organismo *Daphnia magna* già dal tempo 0 dal condizionamento dei terreni. Infatti, ogni combinazione formazione/prodotto testata non ha avuto effetti ecotossici sull'organismo come riportato nelle seguenti tabelle.

Tabella 37. Immobilizzazione *Daphnia magna* per la formazione ASP.

| tempo<br>(giorni) | ASP bianco<br>(%) | BASF MasterRoc SLF<br>32<br>(%) | BASF MasterRoc SLF<br>32 + BASF MasterRoc<br>ACP 214<br>(%) | CONDAT CLB<br>F5/AC<br>(%) |
|-------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 0                 | 0                 | 0                               | 0                                                           | 0                          |
| 3                 | 0                 | 0                               | 0                                                           | 0                          |
| 7                 | 0                 | 0                               | 0                                                           | 0                          |
| 14                | 0                 | 0                               | 0                                                           | 0                          |
| 28                | 0                 | 0                               | 0                                                           | 0                          |

Tabella 38. Immobilizzazione *Daphnia magna* per la formazione SID.

| tempo<br>(giorni) | SID<br>bianco<br>(%) | BASF MasterRoc SLF<br>32<br>(%) |
|-------------------|----------------------|---------------------------------|
| 0                 | 0                    | 0                               |
| 3                 | 0                    | 0                               |
| 7                 | 0                    | 0                               |
| 14                | 0                    | 0                               |
| 28                | 0                    | 0                               |

Tabella 39. Immobilizzazione *Daphnia magna* per la formazione FAE.

| tempo<br>(giorni) | FAE<br>bianco<br>(%) | BASF MasterRoc SLF<br>32<br>(%) | BASF MasterRoc SLF<br>32 + BASF MasterRoc<br>ACP 214<br>(%) | CONDAT<br>CLB F5/AC<br>(%) | LAMBERTI<br>Foamex SNG<br>(%) | MAPEI Polyfoamer<br>ECO 100/PLUS<br>(%) |
|-------------------|----------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------|
| 0                 | 0                    | 0                               | 0                                                           | 0                          | 0                             | 0                                       |

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

|    |   |   |   |   |   |   |
|----|---|---|---|---|---|---|
| 3  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

### Risultati del saggio con le specie vegetali *Lepidium sativum* e *Sorghum saccharatum*

Per entrambe le specie vegetali *Lepidium sativum* e *Sorghum saccharatum* si è avuta completa germinazione di tutti i semi. I risultati dei test con specie vegetali vengono espressi attraverso l'indice di germinazione percentuale (*IG%*), che tiene conto sia della germinazione che dell'allungamento radicale, ed è calcolato come:

$$IG\% = \frac{G \cdot L}{G_c \cdot L_c} \cdot 100$$

dove *G* e *G<sub>c</sub>* sono rispettivamente il numero medio dei semi germinati nel campione sottoposto al test e nel campione di controllo e *L* e *L<sub>c</sub>* è la lunghezza radicale media nel campione testato e nel campione di controllo misurata a fine prova, ovvero dopo 96 ore.

Per campione di controllo si intende nel caso specifico, il terreno non condizionato (bianco) esposto alle stesse specie del campione testato. Valori superiori al 100% indicano una biostimolazione e quindi, entro certi limiti e in funzione della correlazione con altre specie, un possibile "stress" per la specie bersaglio. L'effetto fitotossico degli agenti condizionanti viene valutato nel caso di *IG%* < 80% rispetto al terreno bianco. In particolare, per valori di *IG%* < 50% l'effetto fitotossico è da considerarsi severo.

I risultati riportati nelle tabelle e nelle figure seguenti sono stati ottenuti in termini di percentuale di inibizione della germinazione su un numero medio di semi germinati pari a 10:

Tabella 40. Indice di germinazione percentuale per la formazione ASP.

| specie                      | tempo<br>(giorni) | controllo<br>(IG%) | BASF MasterRoc SLF 32<br>(IG%) | BASF MasterRoc SLF 32<br>+ BASF MasterRoc ACP<br>214 | CONDAT CLB<br>F5/AC |
|-----------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------|
|                             |                   |                    |                                | (IG%)                                                | (IG%)               |
| <i>Lepidium<br/>sativum</i> | 0                 | 100.0              | 95.7                           | 99.4                                                 | 98.4                |
|                             | 3                 | 100.0              | 109.4                          | 115.1                                                | 103.0               |
|                             | 7                 | 100.0              | 90.9                           | 92.1                                                 | 93.0                |
|                             | 14                | 100.0              | 125.0                          | 128.5                                                | 112                 |
|                             | 28                | 100.0              | 144.5                          | 138.0                                                | 136.1               |
|                             | 0                 | 100.0              | 100.5                          | 108.5                                                | 113.4               |

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

|                    |    |       |       |       |       |
|--------------------|----|-------|-------|-------|-------|
| <i>Sorghum</i>     | 3  | 100.0 | 99.4  | 104.7 | 123.5 |
| <i>saccharatum</i> | 7  | 100.0 | 91.0  | 104.0 | 123.0 |
|                    | 14 | 100.0 | 123.5 | 95.0  | 102.5 |
|                    | 28 | 100.0 | 94.6  | 125.6 | 118.6 |

Tabella 41. Indice di germinazione percentuale per la formazione SID.

| specie                         | tempo<br>(giorni) | controllo<br>(IG%) | BASF MasterRoc<br>SLF 32<br>(IG%) |
|--------------------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------------|
| <i>Lepidium<br/>sativum</i>    | 0                 | 100.0              | 96.8                              |
|                                | 3                 | 100.0              | 72.4                              |
|                                | 7                 | 100.0              | 89.7                              |
|                                | 14                | 100.0              | 89.5                              |
|                                | 28                | 100.0              | 96.3                              |
| <i>Sorghum<br/>saccharatum</i> | 0                 | 100.0              | 88.6                              |
|                                | 3                 | 100.0              | 99.9                              |
|                                | 7                 | 100.0              | 104.9                             |
|                                | 14                | 100.0              | 117.5                             |
|                                | 28                | 100.0              | 87.3                              |

Tabella 42. I

Indice di germinazione percentuale per la formazione FAE.

| specie                         | tempo<br>(giorni) | controllo<br>(IG%) | BASF MasterRoc SLF<br>32<br>(IG%) | BASF MasterRoc SLF 32<br>+ BASF MasterRoc ACP<br>214<br>(IG%) | CONDAT CLB<br>F5/AC<br>(IG%) | LAMBERTI Foamex<br>SNG<br>(IG%) | MAPEI<br>Polyfoamer ECO<br>100/PLUS<br>(IG%) |
|--------------------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------|
| <i>Lepidium<br/>sativum</i>    | 0                 | 100.0              | 104.4                             | 111.3                                                         | 107.9                        | 111.5                           | 107.2                                        |
|                                | 3                 | 100.0              | 94.6                              | 102.2                                                         | 105.0                        | 94.3                            | 101.8                                        |
|                                | 7                 | 100.0              | 82.8                              | 101.3                                                         | 100.7                        | 99.4                            | 98.7                                         |
|                                | 14                | 100.0              | 104.0                             | 110.0                                                         | 108.0                        | 117.0                           | 108.5                                        |
|                                | 28                | 100.0              | 92.6                              | 98.1                                                          | 106.6                        | 95.2                            | 96.4                                         |
| <i>Sorghum<br/>saccharatum</i> | 0                 | 100.0              | 89.9                              | 83.3                                                          | 80.4                         | 88.7                            | 78.6                                         |
|                                | 3                 | 100.0              | 91.9                              | 80.9                                                          | 92.5                         | 113.4                           | 98.2                                         |
|                                | 7                 | 100.0              | 93.3                              | 114.0                                                         | 104.5                        | 126.1                           | 111.4                                        |
|                                | 14                | 100.0              | 130.0                             | 166.0                                                         | 110.0                        | 123.5                           | 115.5                                        |
|                                | 28                | 100.0              | 59.8                              | 90.7                                                          | 84.1                         | 92.6                            | 96.5                                         |



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

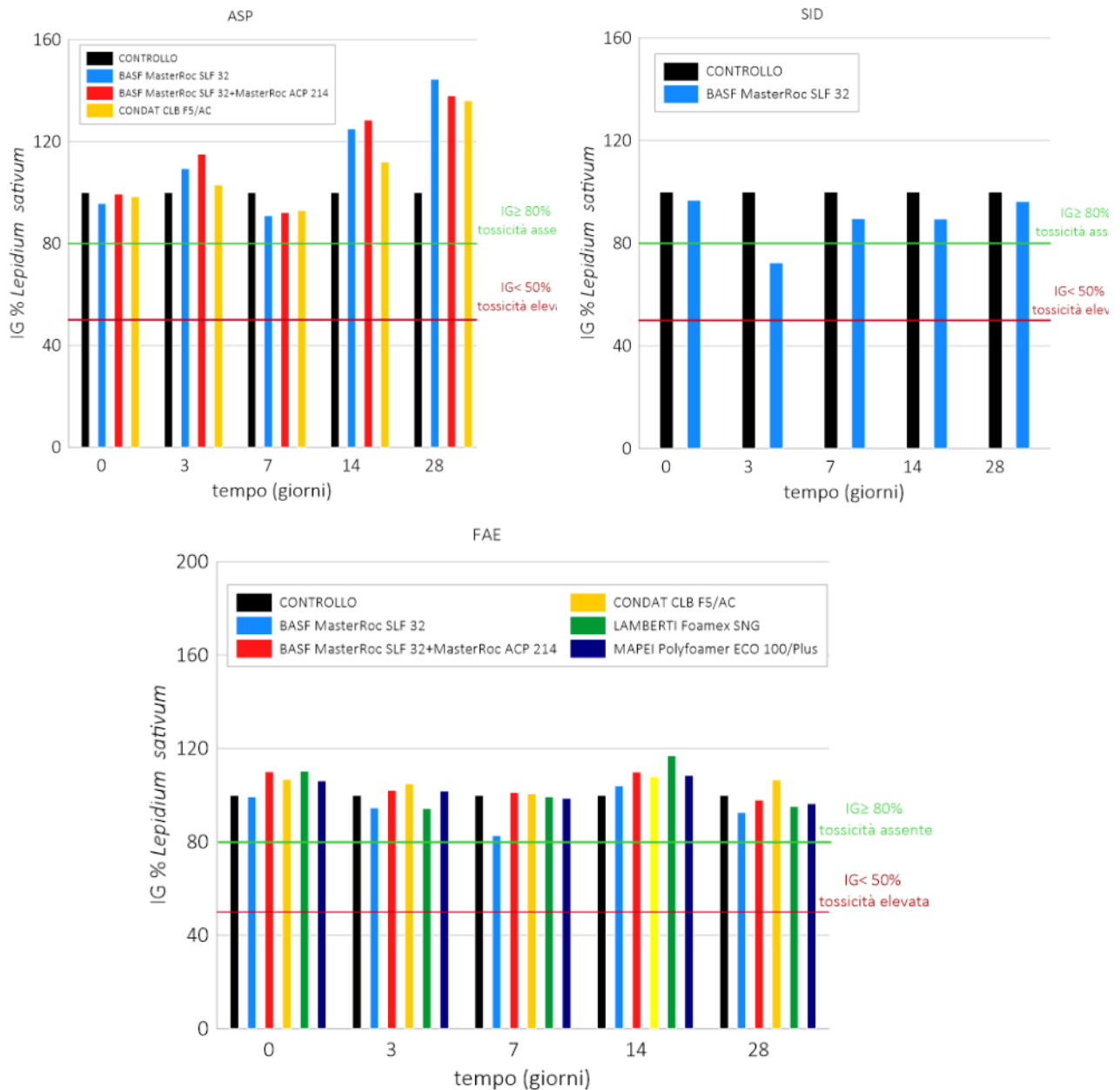


Figura 49. Indice di germinazione percentuale per la specie *Lepidium sativum* per le tre formazioni ASP, SID e FAE.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

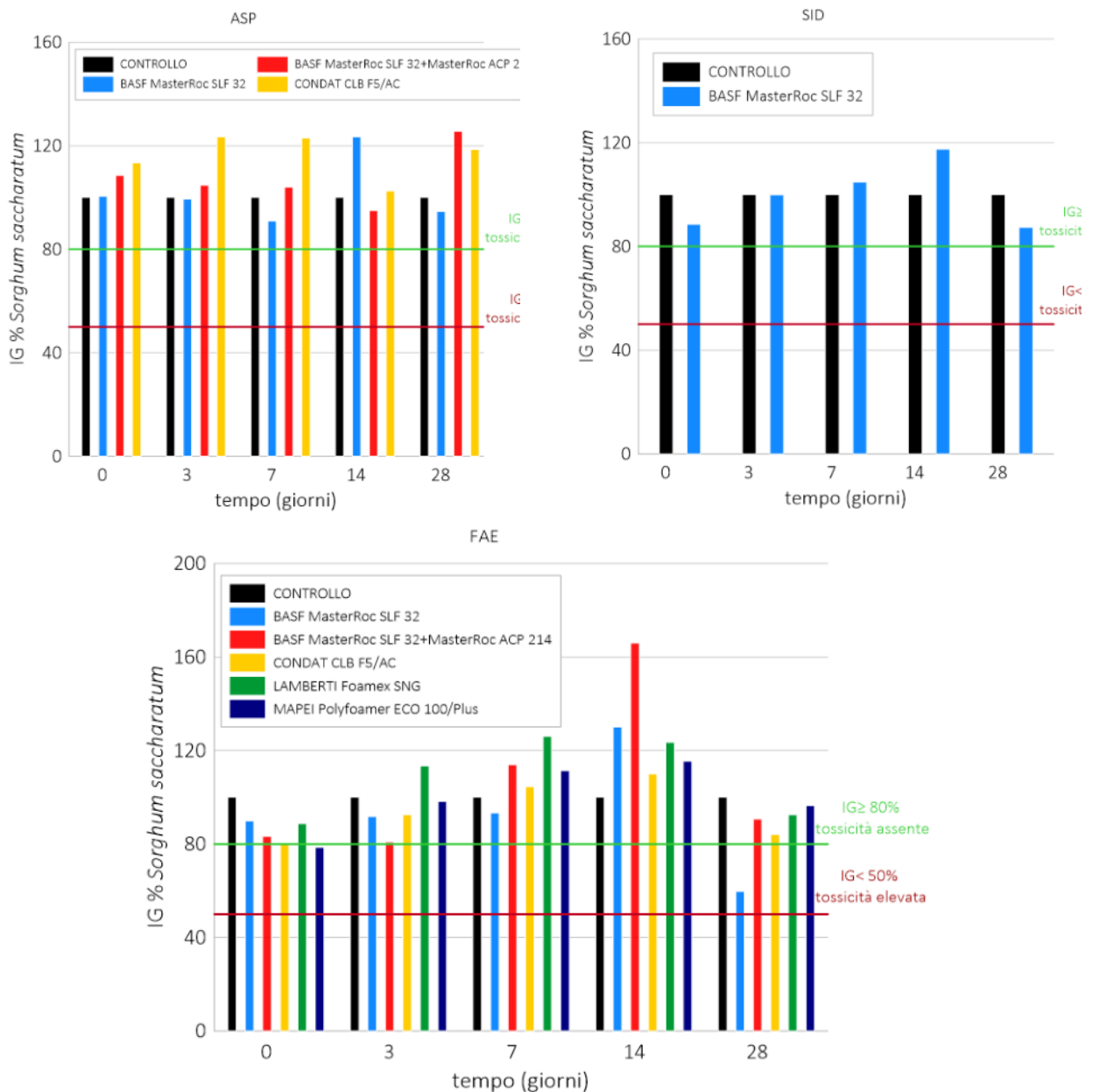


Figura 50. Indice di germinazione percentuale per la specie *Sorghum saccharatum* per le tre formazioni ASP, SID e FAE.

Come riportato dai grafici della Figura 49 e della Figura 50, per quanto riguarda la formazione ASP, già al tempo 0 i tre agenti condizionanti non esplicano alcuna azione fitotossica nei confronti di entrambe le specie vegetali testali, le quali restituiscono sempre valori dell'indice di germinazione

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

superiori all'80%. Tale andamento viene confermato nel tempo. Per ciò che concerne la formazione SID invece, si può notare un lieve effetto fitotossico al tempo 3 giorni relativo al prodotto BASF MasterRoc SLF32, in quanto il valore medio dell'*IG%* è risultato essere 72.4%, quindi di poco più di 7 punti percentuali al di sotto della soglia di assenza di fitotossicità. Si sottolinea però che tale comportamento non viene confermato dall'andamento temporale, che anzi mostra come tale valore rientri nel campo dell'assenza di fitotossicità già a 7 giorni, con lo stesso valore appunto pari 89.7%. Inoltre, la specie monocotiledone, i.e. il *Sorghum*, non ha confermato questo effetto di lieve fitotossicità al tempo 3, restituendo di fatto valori dell'*IG%* pari a 99.9%, quindi del tutto analoghi a quelli del controllo. Infine, per quanto riguarda la formazione FAE, all'infuori del solo caso del prodotto MAPEI Polyfoamer ECO/100 PLUS che ha restituito un valore di *IG%* lievemente inferiore all'80% (78.6%) al tempo 0, e del prodotto BASF MasterRoc SLF 32 senza additivo MasterRoc ACP 214 che ha restituito un valore di *IG%* pari a circa 60%, il comportamento è analogo a quanto visto per la formazione ASP. Il lieve effetto di biostimolazione che può osservarsi per alcuni casi (prodotto LAMBERTI Foamex SNG-AC per la formazione FAE e prodotto CONDAT CLB F5/AC per la formazione ASP) non è da ritenersi uno stress fitotossico poiché di valore contenuto (*IG%* < 150%, in particolare < 130%) e osservabile esclusivamente nella specie monocotiledone, i.e. il *Sorghum*. A 7, 14 e 28 giorni i valori di *IG%* risultano essere sempre al di sopra della soglia dell'80% (all'infuori del caso isolato del prodotto BASF senza additivo ACP 214 e solo per il *Sorghum*), indipendentemente dal terreno e dall'agente condizionante. Si può notare infine un maggiore effetto biostimolante a 14 giorni per la sola formazione FAE e per il solo condizionamento con BASF e aggiunta del prodotto ACP 214 (valore di *IG%* pari a 166%) e per la sola specie monocotiledone, i.e. il *Sorghum*. Tale effetto non è però da considerarsi un effetto di stress fitotossico considerando che non viene confermato dalla specie dicotiledone, i.e. il *Lepidium*, e non è correlato ad alcun effetto ecotossico della specie acquatica target *Daphnia magna*.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

#### 4.4 Conclusioni

Nella sperimentazione qui presentata:

- sono state individuate le formazioni più rilevanti ai fini dello studio del condizionamento per caratteristiche geotecniche ed estensione lungo il tracciato, nello specifico le Argille subappennine (ASP), la formazione di monte Sidone (SID) e il flysch di Faeto (FAE). Tali formazioni sono state caratterizzate dal punto di vista geotecnico al fine di determinarne alcune caratteristiche utili a prevederne il comportamento in fase di scavo;
- le formazioni ASP e SID presentano una percentuale di fini (limi e argille) estremamente elevata e una plasticità significativa, entrambe caratteristiche di un materiale in grado di presentare rilevanti problemi di clogging;
- i prodotti schiumogeni, individuati dall'impresa sulla base di valutazioni tecnico-economiche, sono stati caratterizzati dal punto di vista fisico in termini di densità, viscosità e tempo di semivita della schiuma generata;
- sono state eseguite prove geotecniche dedicate per individuare i dosaggi ottimali necessari per il raggiungimento di consistenze del terreno condizionato adatte all'applicazione della pressione al fronte e per la riduzione del rischio clogging; in merito lo studio ha evidenziato anche la differente efficacia di prodotti e dosaggi nella riduzione di tale fenomeno;
- i dosaggi emersi dalle prove di laboratorio di condizionamento di carattere geotecnico, differenti per ciascuna combinazione di prodotto (agente condizionante) e formazione, sembrano essere in linea con i range suggeriti in letteratura e con i consumi reali evidenziati in diversi progetti di scavo meccanizzato di gallerie in Italia e all'estero su formazioni dalle caratteristiche geotecniche analoghe;
- le concentrazioni massime attese delle singole classi di composti per tutti gli agenti condizionanti e per ogni formazione si trovano al di sotto dei rispettivi Valori Soglia, per cui in base al DPR 120/2017 e al CLP sono rispettati i requisiti di qualità ambientale;
- in base ai risultati preliminari delle prove chimiche ed ecotossicologiche sui terreni condizionati è possibile affermare quanto segue: (i) tutti gli agenti condizionanti mostrano un andamento temporale della concentrazione nel terreno condizionato generalmente decrescente fino a 28 giorni (all'infuori dei soli campioni relativi al giorno 3 e al giorno 28 per la sola formazione FAE), dimostrando quindi che i microrganismi presenti nel materiale sono in grado di biodegradare i composti organici (tensioattivi anionici) presenti nei diversi additivi di scavo, per tutte e tre le formazioni e per tutti i prodotti impiegati; (ii) i risultati delle prove di ecotossicità sull'organismo acquatico *Daphnia magna* hanno mostrato come non vi sia alcun effetto ecotossico su tale specie bersaglio già dal tempo 0, indipendentemente dalla

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

tipologia di formazione e dal prodotto condizionante considerato; (iii) il trend osservato per la *Daphnia magna* è stato confermato dai risultati delle prove di fitotossicità, che mostrano, all'infuori di due casi (prodotto MAPEI Polyfoamer ECO/100 PLUS al tempo 0 per la sola specie *Sorghum saccharatum* per la formazione FAE e prodotto BASF MasterRoc SLF 32 al tempo 3 per la sola specie *Lepidium sativum* per la formazione SID) una completa assenza di un effetto fitotossico sulle due specie vegetali testate, indipendentemente dalla tipologia di formazione e dal prodotto condizionante considerato. Si sottolinea inoltre che, negli unici due casi in cui si è osservato un effetto fitotossico, questo fosse di lieve entità, in quanto i valori di IG% risultavano leggermente inferiori alla soglia di assenza di effetto fitotossico pari all'80% (in particolare il prodotto BASF MasterRoc SLF 32 ha restituito un valore pari a 72.4% al giorno 3, mentre MAPEI Polyfoamer ECO/100 PLUS pari a 78.6% al giorno 0). A 14 e 28 giorni i risultati continuano a confermare l'andamento osservato fino a 7 giorni, con i valori di IG sempre superiori all'80%, all'infuori del caso isolato del prodotto BASF MasterRoc SLF 32 senza additivo MasterRoc ACP 214 e solo per il *Sorghum saccharatum*;

- tali risultati sono coerenti con quanto evidenziato dagli studi pregressi sviluppati per questo stesso progetto in fase di Progettazione Definitiva e agli studi sviluppati in fase di progettazione Definitiva ed Esecutiva nel Progetto del limitrofo Lotto Apice-Hirpinia eseguiti secondo metodologie del tutto analoghe al presente;
- in base ai risultati sperimentali ottenuti è possibile affermare, per le formazioni SID e ASP e indipendentemente dal prodotto condizionante impiegato, che già dal giorno 3 non si sono osservati effetti fitotossici. Per quanto riguarda la formazione FAE, è possibile affermare che già dal giorno 3 non si sono osservati effetti fitotossici (all'infuori del caso isolato del condizionamento con il prodotto BASF MasterRoc SLF 32 senza additivo ACP 214 e solo per la specie monocotiledone). Di conseguenza, si ritiene una scelta conservativa quella di mantenere il materiale condizionato in piazzola per 3 giorni nel caso di tutte e 3 le formazioni, considerando che già dopo 1 giorno dal condizionamento (giorno 0 sperimentale) non si hanno effetti ecotossici sull'organismo *Daphnia magna*, generalmente considerato un organismo particolarmente sensibile alla eventuale presenza di composti a potenziale effetto tossico. Tali considerazioni saranno integrate in un protocollo operativo di monitoraggio in corso d'opera redatto sulla base dei risultati emersi dal presente studio e dagli studi sviluppati nelle precedenti fasi progettuali dettagliati nel capitolo 3.



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

## **5 Note sull'integrazione dei protocolli sperimentali e dei controlli operativi in corso d'opera sulle terre e rocce da scavo**

### **5.1 Generalità**

Il presente capitolo contiene una serie di indicazioni di carattere generale in merito all'integrazione dei protocolli sperimentali e dei controlli operativi in corso d'opera sulle terre e rocce da scavo per la corretta caratterizzazione delle terre e rocce da scavo.

Coerentemente con lo sviluppo della Progettazione, dell'iter autorizzativo del Progetto e delle interlocuzioni con gli enti nazionali e regionali preposti ai controlli in materia di salute e ambiente, le indicazioni presenti in questo capitolo verranno integrate con i dettagli in merito al campionamento, ai controlli operativi in sito e in laboratorio da eseguirsi in corso d'opera.

### **5.2 Studi di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico sul condizionamento per lo scavo meccanizzato delle gallerie**

Per acquisire tutti gli elementi necessari all'integrazione del Piano di Utilizzo delle terre e rocce da scavo, in fase di Progettazione Esecutiva è stato sviluppato un approfondimento degli studi sugli agenti condizionanti e sulle terre e rocce da scavo condizionate allegato al Progetto Definitivo.

L'integrazione di tali studi è stata ritenuta necessaria alla luce di una serie di approfondimenti di carattere geologico/geotecnico sulle formazioni interessate dallo scavo e di una serie di modifiche alle tecnologie di scavo meccanizzato sopraggiunte in questa fase progettuale.

Questi approfondimenti hanno permesso di acquisire informazioni di dettaglio sulle modalità di conduzione dello scavo più efficaci, di ottimizzare la gestione del condizionamento in fase di scavo e della gestione delle terre e rocce da scavo in cantiere prevedendo con maggiore precisione i dosaggi e includendo la possibilità di disporre di nuovi prodotti (agenti condizionanti) sviluppati nel tempo con formulazioni specifiche al fine di migliorarne il profilo ambientale.

Il tutto allo scopo di:

- garantire la possibilità di massimizzare il riutilizzo delle terre e rocce da scavo, obiettivo primario legato alla circolarità dei processi di gestione di una risorsa naturale non rinnovabile;
- fornire, durante tutta la durata delle attività di realizzazione della galleria, ogni garanzia in merito al rispetto delle normative nazionali e regionali in materia di impatto ambientale con specifico riferimento alla gestione delle terre e rocce da scavo;
- ridurre le tempistiche legate allo stazionamento dei materiali di scavo in cantiere e, conseguentemente, ridurre il numero e l'ingombro delle aree di stoccaggio dedicate, l'impatto legato alla loro realizzazione e alle opere accessorie;

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

- garantire al contempo la piena operatività delle Tunnel Boring Machine (TBM), ottimizzando il condizionamento al fine di ridurre i rischi in fase di scavo per gli operatori e le maestranze, minimizzando i potenziali danni e conseguentemente i fermi macchina necessari alle attività di manutenzione e riparazione.

Nei paragrafi seguenti si riassume brevemente, per sommi capi, le conclusioni degli studi di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico sviluppati in fase di progettazione esecutiva rimandando comunque, per ogni ulteriore approfondimento, alla lettura degli specifici elaborati.

### **5.2.1 Studi sul condizionamento di carattere geotecnico**

Gli studi e le attività sperimentali di carattere geotecnico sul condizionamento consistono generalmente in:

- individuazione e caratterizzazione dei litotipi rappresentativi, ovvero l'individuazione, sulla base del profilo geologico/geotecnico di scavo delle formazioni che per tratti più lunghi verranno interessate dallo scavo insieme alle formazioni che, in base alle conoscenze pregresse e alle informazioni di letteratura, risulteranno verosimilmente più critiche ai fini dello scavo;
- selezione degli agenti condizionanti da testare, generalmente un sottoinsieme dei prodotti più comunemente utilizzati definito sulla base di considerazioni tecnico/economiche anche in relazione alle specificità del progetto;
- caratterizzazione preliminare degli agenti chimici e della schiuma generata, ovvero l'esecuzione di prove di laboratorio relativamente semplici e speditive per acquisire informazioni di dettaglio sulle caratteristiche di ciascun prodotto e della schiuma da esso generata;
- esecuzione di prove di laboratorio specificatamente sviluppate per verificare l'efficacia di una specifica combinazione dei parametri caratteristici del condizionamento (*WIR*, *C<sub>f</sub>*, *FER* e *FIR*) e identificazione dei range di dosaggi idonei allo scavo;
- scelta, all'interno del range di dosaggi ottimali dei parametri del condizionamento da utilizzare per la preparazione dei campioni di terreno da sottoporre a prove di carattere chimico ed ecotossicologico.

Per lo studio di carattere geotecnico sono state selezionate le seguenti formazioni:

- Argille subappennine (ASP);
- Formazione di monte Sidone (SID);

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

- Flysch di Faeto (FAE);

Nello studio sono stati testati i seguenti agenti condizionanti:

- MAPEI Polyfoamer ECO/100 PLUS;
- LAMBERTI Foamex SNG-AC;
- CONDAT CLB F5/AC;
- BASF MasterRoc SLF 32 eventualmente con MasterRoc ACP 214.

Lo studio ha prodotto alcune considerazioni di carattere generale:

- I valori di *WIR* (ovvero di acqua da aggiungere a parte durante lo scavo) dipendono dal contenuto d'acqua iniziale dei campioni e sono differenti in base alle formazioni: per FAE tale contenuto è relativamente basso (tra l'8% e il 10%), per ASP è il 40% mentre per formazioni come SID invece arriva anche all'85%.

*Questo significa che, durante lo scavo, il quantitativo di acqua aggiunta a parte dovrà essere attentamente modificato sulla base delle condizioni con cui le varie formazioni si presenteranno.*

- I valori di *FER* necessari ad eseguire il condizionamento in modo appropriato, come ben noto in letteratura, crescono con la dimensione media dei grani delle formazioni (da SID a ASP e FAE) e influenzano la stabilità nel tempo della schiuma generata, contestualmente decrescono i valori di *TR* necessari, con valori massimi pari a 2.00 L/m<sup>3</sup> per SID e minimi nel range 1.60-1.75 L/m<sup>3</sup> per ASP e FAE; tali valori sembrano essere in linea con i valori teorici previsti in letteratura e con i valori utilizzati in differenti progetti di scavo reali.

*Questo porta a concludere che alcune formazioni, come SID, richiederanno maggiore attenzione e un maggiore utilizzo di agenti condizionanti mentre formazioni con percentuali di fini (argille e limi) inferiori porteranno alla necessità di ridurre il dosaggio di agenti condizionanti. In merito a SID, presentando una frazione argillosa superiore al 70% e una plasticità significativa, sarà opportuno monitorare la variabilità delle caratteristiche geologico/geotecniche con cui questa formazione si presenterà durante lo scavo e prendere le opportune contromisure consapevoli del potenziale rischio clogging di tale formazione.*

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

- Valori di consistenza accettabili associati a un rischio clogging non elevato per ciascuna formazione sono stati ottenuti con dosaggi differenti dei 3 prodotti secondo quanto riportato nella seguente Tabella 43.
- Per quanto riguarda la formazione FAE, da una valutazione di carattere generale comparativa dell'efficacia dei differenti agenti condizionanti testati, si può notare come i prodotti CONDAT CLB F5/AC e LAMBERTI Foamex SNG-AC e MAPEI Polyfoamer ECO/100 PLUS sono mediamente associati a valori di riduzione del potenziale rischio clogging superiore all'altro prodotto testato (BASF MasterRoc SLF 32) che comunque manifesta un effetto benefico rispetto alle caratteristiche del terreno naturale.

*Questo porta a concludere che tutti i prodotti sono idonei all'utilizzo durante lo scavo con dosaggi in linea con quanto suggerito dalla letteratura e che, in generale, i primi 3 prodotti citati risultano essere più efficaci del prodotto BASF MasterRoc SLF 32, per il quale pertanto è verosimile attendersi dosaggi leggermente più elevati.*

- Per quanto riguarda la formazione ASP, da una valutazione di carattere generale comparativa dell'efficacia dei differenti agenti condizionanti testati, si può notare come il prodotto CONDAT CLB F5/AC sia mediamente associato a valori di riduzione del potenziale rischio clogging superiore all'altro prodotto testato (BASF MasterRoc SLF 32) che comunque manifesta un effetto benefico rispetto alle caratteristiche del terreno naturale.

*Questo porta a concludere che tutti i prodotti sono idonei all'utilizzo durante lo scavo con dosaggi in linea con quanto suggerito dalla letteratura e che, in generale il prodotto CONDAT CLB F5/AC risulta essere più efficace del prodotto BASF MasterRoc SLF 32, per il quale pertanto è verosimile attendersi dosaggi leggermente più elevati.*

- L'utilizzo del polimero MasterRoc APC 214 in combinazione con l'agente schiumogeno BASF MasterRoc SLF 32 per le formazioni ASP e FAE risulta decisamente efficace nella riduzione del rischio clogging e tale efficacia aumenta all'aumentare della concentrazione di tale prodotto.

*In merito, l'utilizzo di tale polimero può rappresentare un'opzione utile per la gestione di criticità legate all'eventuale manifestarsi di fenomeni di clogging marcato coincidente con formazioni o facies a grana fine particolarmente plastiche. Anche in questo caso è bene ricordare che non si ritiene necessario un utilizzo costante e continuo su tutta la tratta di tale prodotto e che quindi la*

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

*combinazione agente condizionante + polimero è stata analizzata nell’ottica di studiare il profilo chimico ed ecotossicologico del terreno condizionato nelle condizioni meno favorevoli.*

Nella seguente Tabella 43 sono riportati i parametri scelti per il condizionamento dei campioni di ciascun materiale da sottoporre alle prove ecotossicologiche. A questo proposito è necessario ribadire quanto già esplicitato più volte all’interno di questo stesso documento in merito alla necessità di considerare tali parametri come cautelativi rispetto alle finalità del presente studio ovvero rappresentativi non tanto delle condizioni “ordinarie” di scavo quanto più di condizioni “limite” nelle quali ci si potrebbe ritrovare in virtù di peculiari combinazioni di litologia e condizioni operative di avanzamento della TBM. È quindi lecito attendersi che durante lo scavo il terreno possa essere efficacemente condizionato con dosaggi di agenti condizionanti anche inferiori rispetto a quelli elencati nella seguente tabella.



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

Tabella 43. Parametri scelti per il condizionamento dei campioni da sottoporre alle prove ecotossicologiche.

| produttore | prodotto                                | formazione | WIR<br>(L/m <sup>3</sup> ) | TR <sub>pol</sub><br>(L/m <sup>3</sup> ) | C <sub>f</sub><br>(%) | FER<br>(xx:1) | FIR<br>(%) | TR<br>(L/m <sup>3</sup> ) |
|------------|-----------------------------------------|------------|----------------------------|------------------------------------------|-----------------------|---------------|------------|---------------------------|
| BASF       | MasterRoc SLF 32                        | ASP        | 400                        | -                                        | 2.0                   | 8             | 70         | 1.75                      |
|            |                                         | SID        | 850                        | -                                        | 2.0                   | 8             | 80         | 2.00                      |
|            |                                         | FAE        | 80                         | -                                        | 2.0                   | 8             | 70         | 1.75                      |
|            | MasterRoc SLF 32 + MasterRoc ACP<br>214 | ASP        | 400                        | 0.40                                     | 2.0                   | 8             | 70         | 1.75                      |
|            |                                         | FAE        | 80                         | 0.25                                     | 2.0                   | 8             | 70         | 1.75                      |
| CONDAT     | CLB F5/AC                               | ASP        | 400                        | -                                        | 2.0                   | 10            | 80         | 1.60                      |
|            |                                         | FAE        | 100                        | -                                        | 2.0                   | 10            | 80         | 1.60                      |
| LAMBERTI   | Foamex SNG-AC                           | FAE        | 100                        | -                                        | 2.0                   | 10            | 80         | 1.60                      |
| MAPEI      | Polyfoamer ECO/100 PLUS                 | FAE        | 80                         | -                                        | 2.0                   | 8             | 70         | 1.75                      |

### 5.2.2 Studi sul condizionamento di carattere chimico ed ecotossicologico

Gli studi di carattere chimico ed ecotossicologico sono stati effettuati su campioni di terre e rocce condizionate come riportato in Tabella 43 al fine di eseguire le analisi su campioni rappresentativi del terreno così come verrà verosimilmente estratto dalla camera di scavo mediante coclea e trasportato all'esterno della galleria mediante nastro di trasporto della TBM.

Gli studi hanno incluso l'esecuzione di prove di carattere chimico (essenzialmente costituite dalla misura del quantitativo di tensioattivi anionici totali presenti nel campione) e di carattere ecotossicologico (essenzialmente costituiti dai saggi di tossicità sull'organismo acquatico *Daphnia magna*, particolarmente sensibile e già spesso utilizzato in studi analoghi, e prove di fitotossicità attraverso la misura della germinazione della specie *Lepidium sativum* (crescione) e *Sorghum saccharatum* (sorgo) misurati agli intervalli di tempo 0, 3, 7, 14 e 28 giorni.

Dai risultati degli studi è emerso che:

- dai risultati dei saggi di tossicità acuta su *Daphnia magna* è emerso che la condizione di “non tossicità” viene raggiunta sin dal tempo 0 e per tutti i tempi per ciascuna formazione, come riportato Tabella 44.

Tabella 44. Giorni di degradazione necessari a raggiungere la condizione di non tossicità attraverso il saggio di tossicità acuta su *Daphnia magna*.

| produttore | prodotto         | ASP | SID | FAE |
|------------|------------------|-----|-----|-----|
| BASF       | MasterRoc SLF 32 | 0   | 0   | 0   |

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

|          |                                      |   |   |   |
|----------|--------------------------------------|---|---|---|
|          | MasterRoc SLF 32 + MasterRoc ACP 214 | 0 | - | 0 |
| CONDAT   | CLB F5/AC                            | 0 | - | 0 |
| LAMBERTI | Foamex SNG-AC                        | - | - | 0 |
| MAPEI    | Polyfoamer ECO/100 PLUS              | - | - | 0 |

*Questo permette di concludere che, in generale, il saggio di tossicità acuta con Daphnia magna per gli elutriati delle formazioni ASP, SID e FAE in combinazione con i differenti agenti condizionanti e con il polimero ha un effetto sempre inferiore al 20% già dopo zero giorni di maturazione della formazione condizionata.*

- I test di fitotossicità mostrano una completa assenza di un effetto fitotossico sulle due specie vegetali testate, indipendentemente dalla tipologia di formazione e dal prodotto condizionante considerato, all'infuori di tre casi (prodotto MAPEI Polyfoamer ECO/100 PLUS al tempo 0 e prodotto BASF MasterRoc SLF 32 al tempo 28 per la sola specie *Sorghum saccharatum* per la formazione FAE e prodotto BASF MasterRoc SLF32 al tempo 3 per la sola specie *Lepidium sativum* per la formazione SID).

*Da questo risultato emerge la buona correlazione tra i risultati delle analisi eseguite su diversi organismi bersaglio. Si sottolinea inoltre che in due casi si è osservato un effetto fitotossico di lieve entità, in quanto i valori di IG% risultavano leggermente inferiori alla soglia di assenza di effetto fitotossico pari all'80% (in particolare il prodotto BASF MasterRoc SLF 32 ha restituito un valore pari a 72.4% al giorno 3 e MAPEI Polyfoamer ECO/100 PLUS pari a 78.6% al giorno 0), mentre il prodotto BASF MasterRoc SLF 32 per la formazione FAE ha restituito un valore di IG% pari a circa 60% e quindi comunque superiore alla soglia di elevata tossicità pari al 50%.*

- In congruenza con i dati ecotossicologici, tutti gli agenti condizionanti mostrano un andamento temporale della concentrazione dei tensioattivi anionici, espressa come MBAS, nel terreno condizionato generalmente decrescente fino a 28 giorni (all'infuori del giorno 3 e del giorno 28 per la sola formazione FAE).

*Questo dimostra che i microrganismi presenti nel materiale sono in grado di biodegradare i composti organici (tensioattivi anionici) presenti nei diversi additivi di scavo, per tutte e tre le formazioni e per tutti i prodotti impiegati. Si specifica che le eccezioni costituite dai giorni 3 e 28 per la formazione FAE possono essere dovute alla diversa granulometria e mineralogia della formazione FAE rispetto alle*

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

*altre due, che può aver causato una diversa (in particolare minore) disponibilità dei composti organici nel solvente impiegato durante l'estrazione a tempi diversi, e all'intrinseca eterogeneità del materiale condizionato.*

- Il polimero BASF MasterRoc ACP 214, nel range di concentrazioni testate, risulta non ecotossico come evidenziato dagli esiti dei saggi su *Daphnia magna* e sulla germinazione di *Sorghum saccharatum* e *Lepidium sativum*.

### **5.3 Caratterizzazioni in corso d'opera dei materiali di scavo**

#### **5.3.1 Generalità**

Coerentemente con i principi generali di economia circolare, le attività di Progettazione in corso sono finalizzate a massimizzare il volume di terre e rocce proveniente dallo scavo delle gallerie da riutilizzare nell'ambito della disciplina dei sottoprodotti.

Questo, come descritto nei paragrafi precedenti, ha richiesto una serie di studi in ogni fase di progettazione e, coerentemente con i risultati emersi da tali studi, richiederà una attenta attività di caratterizzazione dei materiali in corso d'opera.

Dagli studi è emersa la piena compatibilità delle terre e rocce da scavo di risulta dalle attività di scavo meccanizzato con tecnologia TBM-EPB e quindi anche nel caso in cui il materiale debba essere condizionato durante lo scavo.

È pertanto necessario, oltre al completamento delle indagini ambientali, prevedere lo sviluppo di una serie di controlli e caratterizzazioni dei materiali di scavo in corso d'opera secondo quanto previsto negli Allegati 4 e 9 al DPR n. 120/2017.

Questo capitolo contiene una serie di elementi utili ad integrare il piano di indagini per la caratterizzazione in corso d'opera dei materiali di scavo, con specifico riferimento ai materiali condizionati durante il processo di scavo delle gallerie con Tunnel Boring Machine (TBM) e tecnologia Earth Pressure Balance (EPB).

#### **5.3.2 Modalità di caratterizzazione ambientale**

Come previsto dalla stessa norma precedentemente citata, le attività di campionamento durante l'esecuzione dell'opera potranno essere condotte a cura dell'esecutore, in base alle specifiche esigenze operative e logistiche della cantierizzazione, secondo una delle seguenti modalità:

- mediante sondaggi o trincee nell'area ove sono previsti gli interventi di scavo;

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

- direttamente sul fronte di avanzamento degli scavi delle gallerie;
- su cumuli di materiali da scavo depositati in opportune aree di caratterizzazione.

Le prime due modalità si riferiscono a materiali per i quali non è prevista l'aggiunta di agenti condizionanti e che pertanto sono soggetti a verifica soltanto sulle determinazioni degli analiti secondo la Tabella 4.1 dell'Allegato 4 al DPR n. 120/2017. Nel seguente paragrafo vengono approfonditi gli aspetti di carattere metodologico relativi alle attività di caratterizzazione da eseguirsi sui materiali condizionati, campionati su cumuli nelle aree di stoccaggio.

#### **5.3.2.1 Caratterizzazione su cumuli di materiali da scavo depositati in opportune aree di stoccaggio**

L'attività di campionamento sarà condotta presso le "aree di stoccaggio" ubicate, per quanto possibile, in prossimità delle zone di scavo all'interno delle aree di cantiere.

Tali aree saranno predisposte al fine di contenere il materiale di scavo e saranno dotate di un pacchetto di impermeabilizzazione e di un sistema di drenaggio al fine di evitare qualsiasi tipo di potenziale contaminazione del suolo da parte dei materiali non ancora caratterizzati.

La gestione dei cumuli e delle modalità di riempimento e svuotamento dovranno essere organizzate al fine di impedire la fuoriuscita o dispersione del materiale all'esterno o nell'aria (polveri) anche in riferimento alla salvaguardia dell'igiene, della salute umana e della sicurezza sui luoghi di lavoro ai sensi del D.Lgs. 81/2008.

Le dimensioni di tali aree e i volumi massimi di materiale che verranno inseriti in ciascuna delle aree di stoccaggio dovranno essere dettagliata coerentemente con lo sviluppo delle attività di Progettazione e con l'approfondimento della caratterizzazione geologico/ambientale in corso.

Da ciascuna di queste aree verranno prelevati campioni da sottoporre ad analisi chimiche e/o ecotossicologiche secondo quanto previsto nell'Allegato 9 al DPR n. 120/2017 "Procedure di campionamento in fase esecutiva e per i controlli e le ispezioni".

#### **5.3.2.2 Modalità di realizzazione dei campioni per analisi chimiche e/o ecotossicologiche**

La preparazione dei campioni dovrà essere effettuata nel rigoroso rispetto di quanto riportato nell'Allegato 4 "Procedure di caratterizzazione chimico-fisiche e accertamento delle qualità ambientali" del DPR n. 120/2017.

Le modalità di prelievo, le procedure per il confezionamento dei campioni in corso d'opera, le determinazioni analitiche e i valori di soglia per ciascuna di esse verranno dettagliate nel protocollo operativo di campionamento in corso d'opera che verrà redatto secondo le indicazioni inserite nel

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

Progetto Definitivo coerentemente con i risultati degli studi di carattere chimico ed ecotossicologico relativi al Lotto Hirpinia-Orsara dello stesso progetto.

Le analisi chimico-ambientali sui campioni saranno eseguite, da laboratori autorizzati e certificati UNI CEI EN 17025 "Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura", adottando metodologie e procedure ufficialmente riconosciute.

Di seguito gli step per le verifiche in corso d'opera:

1) il terreno di scavo dovrà essere opportunamente stoccato nelle vasche/piazzole dell'area di caratterizzazione. Ciascuna area di stoccaggio dovrà essere univocamente nominata e chiaramente identificabile in ogni momento in relazione alle date di inizio e di fine deposito, in relazione al valore medio del dosaggio di agenti condizionanti utilizzato in fase di scavo definito attraverso il parametro Treatment Ratio (*TR*) e in relazione allo stato della caratterizzazione ambientale;

2) dovrà essere prelevato un campione composito, rappresentativo del cumulo di deposito nel suo complesso, secondo quanto riportato nell'Allegato 9 del DPR n. 120/2017;

3) per ogni cumulo dovranno essere prelevati un numero di incrementi rappresentativi del cumulo stesso. I vari incrementi dovranno essere raccolti per formare un unico campione che, dopo opportuna omogeneizzazione, dovranno essere oggetto di riduzione dimensionale mediante successive quartature, onde formare il campione di laboratorio composito. I sub-campioni di laboratorio, in caso di non immediata caratterizzazione, dovranno essere opportunamente conservati, onde evitare ulteriore biodegradazione dei prodotti aggiunti o rilasciati in fase di scavo.

In merito ai giorni di stazionamento del materiale nelle aree di stoccaggio è utile sottolineare che:

- nel presente studio, per la gran parte delle combinazioni di prodotti e formazioni studiate si è ottenuto un risultato non tossico già al primo giorno di maturazione con riduzione della concentrazione di tensioattivo (MBAS) tra il giorno 1 e il giorno 3; sembra quindi lecito attendersi che, nei primissimi giorni di permanenza del materiale nelle piazzole, la tossicità intrinseca dei prodotti e la rapida biodegradazione permettano di ottenere risultati positivi dai test di controllo e la conseguente possibilità di movimentare il materiale verso la destinazione finale così come previsto dal PUT; si ritiene una scelta conservativa quella di mantenere il materiale condizionato in piazzola per almeno 3 giorni nel caso di tutte e 3 le formazioni (tempistica peraltro dettata dalla durata delle valutazioni di carattere chimico e/o ecotossicologico da eseguire in corso d'opera prima di poter movimentare il materiale),



Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

considerando anche che già dopo 1 giorno dal condizionamento (giorno 0 sperimentale) non si hanno effetti ecotossici sull'organismo *Daphnia magna* (organismo comunque sensibile alla eventuale presenza di composti a potenziale effetto ecotossico);

- questi risultati sono stati ottenuti su campioni di terreno/rocce condizionati con dosaggi leggermente cautelativi, sembra quindi lecito attendersi di riuscire ad eseguire lo scavo in modo adeguato utilizzando combinazioni di parametri del condizionamento che diano luogo a dosaggi inferiori rispetto a quelli considerati e, di conseguenza, a effetti tossici in generale inferiori e a cinetiche di biodegradazioni più rapide di quelle mostrate negli studi di carattere chimico ed ecotossicologico;
- lo studio, per evidenti ragioni tecniche, non ha potuto tenere in considerazione una serie di fattori ambientali (quali ad esempio la temperatura, la ventilazione, ...) che in sito potrebbero favorire o sfavorire la biodegradazione degli agenti condizionanti; a questo proposito il protocollo operativo in corso d'opera prevedrà una serie di analisi preliminari da eseguirsi nei primi giorni di scavo necessari a valutare accuratamente questi fattori;
- non è possibile escludere comunque la possibilità che, per alcune combinazioni di prodotti/formazioni, i tempi necessari a ridurre il quantitativo di agenti condizionanti all'interno delle terre e rocce da scavo necessari a ottenere risultati positivi dai test di controllo in corso d'opera siano più lunghi di quelli stimati in fase progettuale; in tal caso il materiale sarà comunque lasciato all'interno delle vasche fino al verificato raggiungimento dei requisiti richiesti dal protocollo operativo di controlli in corso d'opera;
- è bene comunque ricordare che una volta eseguito il campionamento dalle vasche, il materiale rimarrà comunque all'interno delle stesse per il tempo necessario ad eseguire le prove ed emettere i relativi certificati continuando comunque il processo di naturale biodegradazione.

Per quanto riguarda quindi le tempistiche, il protocollo di controlli potrebbe prevedere prelievi già dopo 3 giorni (o nel caso di risultati, condizioni ambientali, utilizzo di agenti condizionanti relativamente meno tossici e dosaggi inferiori a quelli stimati, anche prima) dallo sversamento del materiale condizionato in ciascuna area di stoccaggio.

I campioni di materiale da scavo condizionato, in aggiunta a quanto già previsto dalla Tabella 4.1 dell'Allegato 4 al DPR n. 120/2017 per confermare la qualifica di sottoprodotto, dovranno essere quindi sottoposti alle seguenti verifiche di carattere chimico e/o ecotossicologico.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

#### Analisi chimiche e/o ecotossicologiche

Questa verifica dovrà essere eseguita solo per i materiali provenienti dallo scavo meccanizzato con tecnologia Earth Pressure Balance (EPB), ovvero per i materiali che saranno sottoposti al processo di condizionamento, per le note finalità operative.

In merito, come sarà meglio dettagliato nel protocollo di campionamento in corso d'opera, dovranno essere eseguite prove chimiche ed ecotossicologiche per la caratterizzazione delle terre e rocce da scavo utilizzando gli stessi standard di prova menzionati nel presente studio.

A tal proposito le promettenti correlazioni fin qui ottenute tra risultati delle analisi chimiche (MBAS) e di carattere ecotossicologico (*Daphnia magna* in particolar modo) sembrano permettere di definire, con soddisfacente accuratezza, una serie di valori di soglia rispetto al quantitativo totale di tensioattivi presenti nel terreno ragionevolmente associabili a tossicità limitate. I valori di tali limiti saranno definiti tenendo eventualmente conto delle differenze esistenti tra gli agenti condizionanti, tra le formazioni e le differenti destinazioni d'uso del materiale.

Per i materiali di scavo i cui campioni dovessero evidenziare, dalle prove di caratterizzazione chimiche e/o ecotossicologiche, valori superiori ai limiti che verranno definiti dagli studi in corso precedentemente citati, dovranno essere sottoposti nuovamente ad analoga caratterizzazione a distanza di alcuni giorni al fine di verificare l'avvenuta biodegradazione secondo quanto previsto in fase di Progettazione.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

## **Bibliografia**

- Alberto-Hernandez, Y., Kang, C., Yi, Y., & Bayat, A. 2018. Clogging potential of tunnel boring machine (TBM): a review. *International Journal of Geotechnical Engineering*, 12(3), 316-323.
- Anagnostou, G., & Kovári, K. (1996). Face stability conditions with earth-pressure-balanced shields. *Tunnelling and underground space technology*, 11(2), 165-173.
- APAT CNR IRSA 5170 Man 29 2003
- Avunduk E, Tumac D, Tolouei S, Copur H, Balci C, Bilgin N. (2017). Effect of conditioning on soil workability determined by mini slump and flow table test. In: *Proceedings of world tunnel congress*, pp 1081–1090.
- Bezuijen A. & Gerheim Souza Dias T. 2017. EPB, chamber pressure dissipation during standstill. In *Proceeding IV International Conference on Computational methods in tunneling and subsurface engineering* (Vol. 1, pp. 225-231).
- Bezuijen A., Schaminee P.E.L., Kleinjan J.A., 1999. “Additive testing for EPB shields.” *Proc. of 12th conference on Soil mechanics and Geotechnical Engineering*, Amsterdam, June, Vol. 3, pp. 1991-1996.
- Bezuijen, A. (2012). Foam used during EPB tunnelling in saturated sand, parameters determining foam consumption. In *World Tunnel Congress 2012 (WTC-2012)* (pp. 267-269). Ghent University, Department of Civil engineering.
- Chapman, D. N. 1992. *Ground movements associated with trenchless pipelaying operations* (Doctoral dissertation, © David Neil Chapman).
- de Oliveira, D. G. G. (2018). *EPB excavation and conditioning of cohesive mixed soils: clogging and flow evaluation* (Doctoral dissertation, Queen's University (Canada)).
- Di Giulio, A., Sebastiani, D. & Miliziano, S. (2018). Effect of Chemicals in Clogging Risk Reduction for TBM-EPB Application. *Proceedings of the World Tunnel Congress 2018 - The Role of Underground Space in Building Future Sustainable Cities*. Dubai, EAU.
- Feinendegen, M., Ziegler, M., Spagnoli, G., Fernández-Steeger, T., & Stanjek, H. (2010). A new laboratory test to evaluate the problem of clogging in mechanical tunnel driving with EPB-shields. *Rock mechanics in civil and environmental engineering*, 429-432.
- Galli, M. (2016). *Rheological characterisation of earth-pressure-balance (EPB) support medium composed of non-cohesive soils and foam*.
- ISO 11357:2010.
- ISO 15705:2002.
- Maidl U., 1999. “Design features of the Botlek rail tunnel in the Betuweroute”. *Tunnelling and Underground Space Technology*. Vol 14, No 2, April – June, pp. 135-140.
-

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

- Maidl U., Herrenknecht M., Anheuser L., 1996. “Mechanised shield tunnelling”. Ernst & Sohn, Berlin.
- Merritt A. and Mair R.J., 2006, “Mechanics of tunnelling machine screw conveyor: model tests.” *Geotechnique*, 56(9), pp. 605-615.
- Milligan, G. 2000. Lubrication and soil conditioning in tunnelling, pipe jacking and microtunnelling: A state-of-the-art review. Geotechnical Consulting Group, London, UK.
- Peña, M., 2003. Soil conditioning for sands. *Tunnels and Tunnelling International* (July), 40–42.
- Pirone, M., Sebastiani, D., Carriero, F., Sorge, R., Miliziano, S., Foti, V., ... & D’Angelo, M. (2020). The management of the soil conditioning process for the excavation of the Rome Metro C line. *Tunnels and Underground Cities: Engineering and Innovation Meet Archaeology, Architecture and Art: Volume 6: Innovation in Underground Engineering, Materials and Equipment-Part 2*, 2870.
- Pirone, M., Vilardi, G., Bavasso, I., Sebastiani, D., Di Giulio, A., Di Palma, L., Carriero, F., Sorge, R. & Miliziano, S. (2018). Studi sulla compatibilità ambientale degli agenti condizionanti per il riutilizzo del terreno prodotto dallo scavo meccanizzato di gallerie. *Gallerie e Grandi Opere Sotterranee*, 127.
- Quebaud S., 1996. “Contributions a l’étude du percement de galeries par boucliers a pression de terre: Amelioration du creusement par l’utilisation de produits moussants” PhD thesis, University of Sciences and Technologies of Lille, France.
- Quebaud, S., Sibai, M. and Henry, J-P. 1998. “Use of chemical foam for improvements in drilling by earth pressure balanced shields in granular soils”. *Tunnelling and Underground Space Technology*, Vol.13, No.2, pp.173-180.
- Rostami, J., Gharahbagh, E.A., Palomino, A.M., Mosleh, M., 2012a. Development of soil abrasivity testing for soft ground tunneling using shield machines. *Tunnelling and Underground Space Technology* 28, 245–256.
- Sadjadi, F., & Khalkhali, A. B. (2018). Geotechnical Challenges of Tehran Metro Line 7 (South Northern Route). *Civil Engineering Journal*, 4(5), 1117-1126.
- Sebastiani, D., Di Giulio, A. (2021). The Design of Conditioning Process for EPB-TBM Tunnelling. *Gallerie e grandi opere sotterranee* n.139.
- Sebastiani, D., Guida, G., Casini, F. & Miliziano S. (2018). Studio dell’abrasione nello scavo meccanizzato di gallerie. *Incontro annuale dei Ricercatori di Geotecnica*.
- Sebastiani, D., Miliziano, S., Bezuijen, A., (2021) Front-face pressure drop during the standstill phase for EPB mechanized tunnelling in coarse-grained soils. *Proceedings of the 10th International Symposium on Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground*.
- Sebastiani, D., Miliziano, S., Campa, E., and Umiliaco, C., 2015. Condizionamento di terreni a grana grossa nello scavo di gallerie con TBM-EPB: il caso della linea metropolitana M5 di Milano.

Attività di Ricerca di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB – Tratta Orsara-Bovino

---

- Sebastiani, D., Passeri, D., Belardi, G., & Miliziano, S. (2016). Experimental study of coarse soil properties influencing soil abrasivity. *Procedia Engineering*, 158, 9-14.
- Sebastiani, D., Vilardi, G., Bavasso, I., Di Palma, L., & Miliziano, S. (2019). Classification of foam and foaming products for EPB mechanized tunnelling based on half-life time. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 92, 103044.
- Spagnoli, G., Feinendegen, M., & Ziegler, M. (2019). Assessing the clogging potential of clay/additive mixtures by cone pull-out tests. *Geomechanics and Tunnelling*, 12(4), 362-371.
- Spagnoli, G., Feinendegen, M., Stanjek, H., & Azzam, R. (2011). Soil conditioning for clays in EPBMs. *Tunnels & Tunnelling International*, 43(10), 56-58.
- Thewes, M., Budach, C., & Bezuijen, A. (2012). Foam conditioning in EPB tunnelling. *Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground*, 127.
- UNI EN 1484:1999.
- UNI EN ISO 6341:2013.
- Wu, Y., Mooney, M. A., & Cha, M. (2018). An experimental examination of foam stability under pressure for EPB TBM tunneling. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 77, 80-93.
- Yu, H., Mooney, M., & Bezuijen, A. (2020). A simplified excavation chamber pressure model for EPBM tunneling. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 103, 103457.
- Zumsteg, R., Plötze, M., and Puzrin, A. (2013). Reduction of the clogging potential of clays: new chemical applications and novel quantification approaches. *Géotechnique* 6 (4), pp. 276–286, <http://dx.doi.org/10.1680/geot.SIP13.P.005>.



# Scheda dei dati di Sicurezza

Pagina: 1/12

---

BASF Profilo di Sicurezza secondo Regolamento 1907/2006/CE, e successive modifiche.

Data / rielaborata il: 13.02.2017

Versione: 2.0

Prodotto: **MasterRoc ACP 214**

(ID.Nr. 30645091/SDS\_GEN\_IT/IT)

Data di stampa 14.02.2017

---

## SEZIONE 1: Identificazione della sostanza/della miscela e della società/impresa.

### 1.1. Identificatore del prodotto

## MasterRoc ACP 214

### 1.2. Usi pertinenti identificati della sostanza o miscela e usi sconsigliati

Usi pertinenti identificati: Prodotto per edilizia

### 1.3. Informazioni sul fornitore della scheda di dati di sicurezza

Ditta:

BASF Construction Chemicals Italia Spa

Via Vicinale delle Corti, 21

31100 Treviso, ITALY

Telefono: +39 0422 304-251

Indirizzo E-mail: [sicurezzaprodotti.basfcc-italia@basf.com](mailto:sicurezzaprodotti.basfcc-italia@basf.com)

### 1.4. Numero telefonico di emergenza

International emergency number:

Telefono: +49 180 2273-112

---

## SEZIONE 2: Identificazione dei pericoli

### 2.1. Classificazione della sostanza o della miscela

In accordo al Regolamento 1272/2008/CE (CLP)

Il prodotto non é soggetto a classificazione in base ai criteri GHS.

### 2.2. Informazioni da indicare sull'etichetta

| In accordo al Regolamento 1272/2008/CE (CLP)

| Il prodotto non é soggetto ad etichettatura in base ai criteri GHS.

### 2.3. Altri pericoli

In accordo al Regolamento 1272/2008/CE (CLP)

Se previsto, sono riportati all'interno di questa sezione dati su altri pericoli che non risultano in una classificazione, ma che possono contribuire ai pericoli globali della sostanza o della miscela.

---

## SEZIONE 3: Composizione/Informazioni sugli ingredienti

### 3.1. Sostanze

Non applicabile

### 3.2. Miscele

Carattere chimico

Soluzione acquosa a base di: Polimero, solfonato(i)

Componenti pericolosi (GHS)

In conformità al Regolamento (CE) Nr. 1272/2008

Non sono noti pericoli particolari.

---

## SEZIONE 4: Misure di primo soccorso

### 4.1. Descrizione delle misure di pronto soccorso

I soccorritori devono preoccuparsi per la propria protezione. Sostituire immediatamente gli indumenti contaminati.

In caso d'inalazione:

Nel caso di inalazione di vapori, aerosoli: aria fresca, soccorso medico.

In caso di contatto con la pelle:

In caso di contatto con la pelle lavarsi immediatamente ed abbondantemente con acqua e sapone.

Non utilizzare in nessun caso solventi. Consultare il medico in caso di irritazione.

In caso di contatto con gli occhi:

sciacquare a fondo per 15 minuti sotto acqua corrente tenendo le palpebre aperte, successivo controllo del medico oculista

In caso di ingestione:

Sciacquare immediatamente la bocca e bere abbondante acqua, soccorso medico. Non provocare il vomito.

#### **4.2. Principali sintomi ed effetti, sia acuti e che ritardati**

sintomi: I sintomi e gli effetti noti più importanti sono descritti in etichetta (vedi sezione 2) e/o nella sezione 11.

#### **4.3. Indicazione della eventuale necessità di consultare immediatamente un medico oppure di trattamenti speciali**

Trattamento: nel trattamento sintomatico (decontaminazione, funzioni vitali) non sono noti antidoti specifici.

---

### **SEZIONE 5: Misure antincendio**

#### **5.1. Mezzi di estinzione**

Estinguenti adatti:

schiuma, acqua nebulizzata, polvere di estinzione, diossido di carbonio

Mezzi di estinzione non adatti per ragioni di sicurezza:

ampio getto d'acqua

#### **5.2. Pericoli speciali derivanti dalla sostanza o dalla miscela**

diossido di carbonio, monossido di carbonio; carbonio ossido, vapori nocivi, ossidi d'azoto, fumi, nero fumo

#### **5.3. Raccomandazioni per gli addetti all'estinzione degli incendi**

Misure particolari di protezione:

Usare un apparecchio respiratorio integrato.

Ulteriori informazioni:

Il pericolo dipende dalle sostanze infiammabili e dalle condizioni dell'incendio. Raffreddare con acqua i contenitori in pericolo per il calore. Raccogliere separatamente le acque di estinzione contaminate e non immettere nelle fognature o nelle acque reflue. L'acqua contaminata usata per lo spegnimento deve essere eliminata in conformità con le disposizioni legislative locali.

---

### **SEZIONE 6: Misure in caso di fuoriuscita accidentale**

#### **6.1. Precauzioni personali, dispositivi di protezione e procedure in caso di emergenza**

Non respirare vapori/aerosoli/nebbia nebulizzata. Proteggersi gli occhi/la faccia. Evacuare immediatamente l'area, in caso di esposizione a concentrazioni elevate di vapore. Utilizzare indumenti protettivi personali. Osservare le buone norme di impiego e di sicurezza durante l'uso dei materiali da costruzione.

#### **6.2. Precauzioni ambientali**

Contenere l'acqua inquinata e/o l'acqua di estinzione inquinata. Non immettere nelle fognature, nelle acque di superficie e nelle acque sotterranee.

### **6.3. Metodi e materiali per il contenimento e per la bonifica**

Piccole quantità: Raccogliere con materiale assorbente inerte (ad es. sabbia, terra, etc.) Smaltire il materiale contaminato nel rispetto della normativa vigente in materia.

Grandi quantità: Aspirare meccanicamente il prodotto.

### **6.4. Riferimenti ad altre sezioni**

Le informazioni relative al controllo dell'esposizione/protezione personale e le considerazioni sullo smaltimento sono riportate alle Sezioni 8 e 13

---

## **SEZIONE 7: Manipolazione e stoccaggio**

### **7.1. Precauzioni per la manipolazione sicura**

Evitare la formazione di aerosoli. Evitare l'inalazione di nebbie/vapori. Evitare il contatto con la pelle. Con un impiego appropriato, non sono necessarie particolari misure.

### **7.2. Condizioni per lo stoccaggio sicuro, comprese eventuali incompatibilità**

Tenere lontano da agenti ossidanti. Separare da alimenti, mangimi e bevande.

Materiali idonei: Polietilene ad alta densità (PEHD)

Ulteriori informazioni sulle condizioni di stoccaggio: Conservare soltanto nel contenitore originale in luogo fresco e ben ventilato lontano da sorgente di ignizione, calore o fuma. Proteggere dall'azione diretta dei raggi solari.

### **7.3. Usi finali particolari**

Per gli usi identificati elencati nella Sezione 1 devono essere osservate le raccomandazioni della Sezione 7

---

## **SEZIONE 8: Controllo dell'esposizione/Protezione individuale**

### **8.1. Parametri di controllo**

Componenti con valori limite da rispettare sul posto di lavoro

Non è noto alcun limite di esposizione professionale.

### **8.2. Controlli dell'esposizione**

Equipaggiamento di protezione personale

Protezione delle vie respiratorie:

in caso di insufficiente ventilazione. Filtro combinato per gas/vapori di composti organici, inorganici, acidi e basici (ad es. EN 14387 Tipo ABEK).

Protezione delle mani:

guanti impermeabili

guanti di gomma sintetica

A causa della grande molteplicità dei tipi, è opportuno osservare le istruzioni d'uso dei produttori.

Protezione degli occhi:

Occhiali di sicurezza con protezioni laterali (occhiali a gabbia) ( ad es. EN 166)

Protezione del corpo:

indumento di protezione leggero

#### Misure generali di protezione ed igiene

non respirare gas/vapori/aerosol Evitare il contatto con la pelle, gli occhi e gli indumenti. Evitare l'esposizione - procurarsi speciali istruzioni prima dell'uso. Osservare le buone norme di impiego e di sicurezza durante l'uso dei materiali da costruzione. Si raccomanda di indossare indumenti da lavoro chiusi. Durante l'utilizzo, non mangiare, bere o fumare. Prima della pausa ed al termine del lavoro lavarsi le mani e la faccia. Al termine del turno di lavoro detergere la pelle ed applicare una crema protettiva. Controllare regolarmente i guanti prima dell'uso. Sostituirli in caso di necessità (in caso di piccoli fori).

#### Controllo dell'esposizione ambientale

Per informazioni sul controllo dell'esposizione ambientale, vedi sezione 6.

---

## **SEZIONE 9: Proprietà fisiche e chimiche**

### **9.1. Informazioni sulle proprietà fisiche e chimiche fondamentali**

|                                     |                                                                                                           |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Stato fisico:                       | liquido                                                                                                   |
| Colore:                             | bruno scuro                                                                                               |
| Odore:                              | caratteristico                                                                                            |
| Soglia odore:                       |                                                                                                           |
| Valore del pH:                      | Nessun dato applicabile disponibile.<br>6 - 8<br>(20 °C)                                                  |
| :                                   |                                                                                                           |
| Temperatura di ebollizione:         | Il prodotto non è stato esaminato.<br>> 100 °C                                                            |
| Punto di infiammabilità:            | Il prodotto non è stato esaminato.                                                                        |
| Velocità di evaporazione:           |                                                                                                           |
| Infiammabilità:                     | non determinato                                                                                           |
| Tensione di vapore:                 | non si accende<br>23 hPa<br>(20 °C)                                                                       |
| Densità:                            | 1,113 - 1,119 g/cm <sup>3</sup><br>(20 °C)                                                                |
| Densità relativa del vapore (aria): | non determinato                                                                                           |
| Solubilità in acqua:                | miscibile<br>(20 °C)                                                                                      |
| Decomposizione termica:             | Nessuna decomposizione se si rispettano le prescrizioni/indicazioni per lo stoccaggio e la manipolazione. |
| Viscosità dinamica:                 | ca. < 65 mPa.s<br>(20 °C)                                                                                 |



## 9.2. Altre informazioni

Densità apparente:

non applicabile

Altre informazioni:

Se necessario, ulteriori informazioni sui parametri chimico-fisici sono riportate in questa sezione.

---

## SEZIONE 10: Stabilità e reattività

### 10.1. Reattività

Nessuna reazione pericolosa se si rispettano le prescrizioni/indicazioni per lo stoccaggio e la manipolazione.

Corrosione dei metalli:

Non corrosivo per il metallo.

### 10.2. Stabilità chimica

Il prodotto è stabile se si rispettano le prescrizioni/indicazioni per la manipolazione e lo stoccaggio.

### 10.3. Possibilità di reazioni pericolose

Il prodotto è stabile se si rispettano le prescrizioni/indicazioni per la manipolazione e lo stoccaggio.

### 10.4. Condizioni da evitare

Vedi SDS Sezione 7 - Manipolazione e Stoccaggio.

### 10.5. Materiali incompatibili

Materie da evitare:

acidi forti, basi forti, ossidanti forti, forti agenti riducenti

### 10.6. Prodotti di decomposizione pericolosi

Nessun prodotto di decomposizione pericoloso se si rispettano le prescrizioni per il magazzinaggio e la manipolazione.

---

## SEZIONE 11: Informazioni tossicologiche

### 11.1. Informazioni sugli effetti tossicologici

#### Tossicità acuta

Valutazione di tossicità acuta:

Praticamente non tossico per una singola ingestione. Praticamente non tossico per una singola inalazione. Praticamente non tossico per un singolo contatto cutaneo. Sulla base dei dati disponibili, i criteri per la classificazione non sono soddisfatti.

Dati sperimentali/calcolati:

DL50 ratto (orale): > 5.000 mg/kg

DL50 coniglio (dermale): > 2.000 mg/kg

#### Irritazione

Valutazione dell'effetto irritante:

Con l'uso inteso e una manipolazione appropriata, non é attesa alcun'irritazione. Sulla base dei dati disponibili, i criteri per la classificazione non sono soddisfatti.

Dati sperimentali/calcolati:

Corrosione/irritazione della pelle coniglio: non irritante.

Gravi danni oculari/irritazione oculare coniglio: non irritante.

#### Sensibilizzazione delle vie respiratorie/della pelle

Valutazione dell'effetto sensibilizzante:

Non si hanno prove di un potenziale effetto di sensibilizzazione sulla pelle. Sulla base dei dati disponibili, i criteri per la classificazione non sono soddisfatti. Il prodotto non è stato testato. L'indicazione è dedotta dalle proprietà dei singoli componenti.

#### Mutagenicità sulle cellule germinali

Valutazione di mutagenicità:

La struttura chimica non determina particolari sospetti di un tale effetto. Sulla base dei dati disponibili, i criteri per la classificazione non sono soddisfatti.

#### Cangerogenicità

Valutazione di cancerogenicità:

La struttura chimica non determina particolari sospetti di un tale effetto. Sulla base dei dati disponibili, i criteri per la classificazione non sono soddisfatti.

#### tossicità riproduttiva

Valutazione di tossicità per la riproduzione:

La struttura chimica non determina particolari sospetti di un tale effetto. Sulla base dei dati disponibili, i criteri per la classificazione non sono soddisfatti.

#### Tossico per lo sviluppo.

Valutazione della teratogenità:

La struttura chimica non determina particolari sospetti di un tale effetto. Sulla base dei dati disponibili, i criteri per la classificazione non sono soddisfatti.

#### Tossicità specifica per organi bersaglio (esposizione singola)

Nessun dato disponibile.

#### Tossicità di dose ripetuta e tossicità specifica per organi bersaglio (esposizione ripetuta)

Valutazione della tossicità in seguito a somministrazione ripetuta:

Non sono disponibili dati attendibili sulla tossicità riguardanti la somministrazione ripetuta. Sulla base dei dati disponibili, i criteri per la classificazione non sono soddisfatti.

#### Pericolo in caso di aspirazione

Nessun dato disponibile.

#### Altre indicazioni sulla tossicità

Nel caso di un corretto uso e di una manipolazione secondo le prescrizioni, in base alle nostre esperienze ed informazioni, il prodotto non provoca effetti nocivi. Il prodotto non è stato testato. I dati tossicologici sono stati dedotti dalle proprietà dei singoli componenti.

---

## **SEZIONE 12: Informazioni ecologiche**

### **12.1. Tossicità**

Valutazione della tossicità acquatica:

Con buona probabilità il prodotto non è nocivo per gli organismi acquatici.

Ittiotossicità:

CL50 ca. 480 mg/l, varie specie

### **12.2. Persistenza e degradabilità**

Valutazione di biodegradabilità ed eliminazione (H<sub>2</sub>O):

Moderatamente o parzialmente biodegradabile.

### **12.3. Potenziale di bioaccumulo**

Valutazione del potenziale di bioaccumulo:

Nessun dato disponibile.

Si deve evitare la dispersione nell'ambiente.

### **12.4. Mobilità nel suolo**

Valutazione trasporto tra reparti ambientali:

Volatilità: Nessun dato disponibile.

### **12.5. Risultati della valutazione PBT e vPvB**

Il prodotto non soddisfa i requisiti per la classificazione come PBT

(persistente/bioaccumulativo/tossico) e vPvB(molto persistente/molto bioaccumulativo).

### **12.6. Altri effetti nocivi**

Il prodotto non contiene sostanze incluse nell'Allegato I del Regolamento 2037/2000/EC sulle sostanze che danneggiano lo strato di ozono.

## 12.7. Indicazioni supplementari

Ulteriori informazioni di ecotossicità:

Non lasciar penetrare la sostanza/il prodotto nelle acque reflue. Non far pervenire il prodotto nell'ambiente in modo incontrollato. Il prodotto non è stato testato. Le indicazioni ecotossicologiche sono state dedotte dalle proprietà dei singoli componenti.

## SEZIONE 13: Considerazioni sullo smaltimento

### 13.1. Metodi di trattamento dei rifiuti

Osservare le disposizioni legali nazionali e locali.  
Smaltire le quantità residue come la sostanza/prodotto.

Indici di rifiuto:

16 03 06 rifiuti organici, diversi da quelli di cui alla voce 16 03 05

Imballaggi contaminati:

Gli imballi contaminati devono essere svuotati in modo ottimale e poi, dopo un adeguato lavaggio, possono essere destinati al riutilizzo.

## SEZIONE 14: Informazioni sul trasporto

### Trasporto via terra

ADR

|                                           |                                                                |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|                                           | Merce non pericolosa ai sensi della normativa per il trasporto |
| Numero ONU:                               | Non applicabile                                                |
| Nome di spedizione appropriato ONU:       | Non applicabile                                                |
| Classi di pericolo connesso al trasporto: | Non applicabile                                                |
| Gruppo d'imballaggio:                     | Non applicabile                                                |
| Pericoli per l'ambiente:                  | Non applicabile                                                |
| Precauzioni speciali per gli utilizzatori | Nessuno noto                                                   |

RID

|                                           |                                                                |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|                                           | Merce non pericolosa ai sensi della normativa per il trasporto |
| Numero ONU:                               | Non applicabile                                                |
| Nome di spedizione appropriato ONU:       | Non applicabile                                                |
| Classi di pericolo connesso al trasporto: | Non applicabile                                                |
| Gruppo d'imballaggio:                     | Non applicabile                                                |

|                                           |                 |
|-------------------------------------------|-----------------|
| Pericoli per l'ambiente:                  | Non applicabile |
| Precauzioni speciali per gli utilizzatori | Nessuno noto    |

**Trasporto navale interno**

ADN

|                                            |                                                                |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|                                            | Merce non pericolosa ai sensi della normativa per il trasporto |
| Numero ONU:                                | Non applicabile                                                |
| Nome di spedizione appropriato ONU:        | Non applicabile                                                |
| Classi di pericolo connesso al trasporto:  | Non applicabile                                                |
| Gruppo d'imballaggio:                      | Non applicabile                                                |
| Pericoli per l'ambiente:                   | Non applicabile                                                |
| Precauzioni speciali per gli utilizzatori: | Nessuno noto                                                   |

**Trasporto in navi da navigazione interna**

Non valutato

**Trasporto via mare**

IMDG

|                                                                |                 |
|----------------------------------------------------------------|-----------------|
| Merce non pericolosa ai sensi della normativa per il trasporto |                 |
| Numero ONU:                                                    | Non applicabile |
| Nome di spedizione appropriato ONU:                            | Non applicabile |
| Classi di pericolo connesso al trasporto:                      | Non applicabile |
| Gruppo d'imballaggio:                                          | Non applicabile |
| Pericoli per l'ambiente:                                       | Non applicabile |
| Precauzioni speciali per gli utilizzatori                      | Nessuno noto    |

**Sea transport**

IMDG

|                                                                |                |
|----------------------------------------------------------------|----------------|
| Not classified as a dangerous good under transport regulations |                |
| UN number:                                                     | Not applicable |
| UN proper shipping name:                                       | Not applicable |
| Transport hazard class(es):                                    | Not applicable |
| Packing group:                                                 | Not applicable |
| Environmental hazards:                                         | Not applicable |
| Special precautions for user                                   | None known     |

**Trasporto aereo**

IATA/ICAO

|                                                                |                 |
|----------------------------------------------------------------|-----------------|
| Merce non pericolosa ai sensi della normativa per il trasporto |                 |
| Numero ONU:                                                    | Non applicabile |
| Nome di spedizione appropriato ONU:                            | Non applicabile |

**Air transport**

IATA/ICAO

|                                                                |                |
|----------------------------------------------------------------|----------------|
| Not classified as a dangerous good under transport regulations |                |
| UN number:                                                     | Not applicable |
| UN proper shipping name:                                       | Not applicable |



|                                           |                 |                              |                |
|-------------------------------------------|-----------------|------------------------------|----------------|
| Classi di pericolo connesso al trasporto: | Non applicabile | Transport hazard class(es):  | Not applicable |
| Gruppo d'imballaggio:                     | Non applicabile | Packing group:               | Not applicable |
| Pericoli per l'ambiente:                  | Non applicabile | Environmental hazards:       | Not applicable |
| Precauzioni speciali per gli utilizzatori | Nessuno noto    | Special precautions for user | None known     |

**14.1. Numero ONU**

Si vedano nella tabella sopra i valori di "Numero UN" per le rispettive regolamentazioni.

**14.2. Nome di spedizione appropriato ONU**

Si vedano nella tabella sopra i valori di "Nome di spedizione appropriato UN" per le rispettive regolamentazioni.

**14.3. Classi di pericolo connesso al trasporto**

Si vedano nella tabella sopra i valori di "Classe(i) di pericolo connesso al trasporto" per le rispettive regolamentazioni.

**14.4. Gruppo d'imballaggio**

Si vedano nella tabella sopra i valori di "Gruppo di imballaggio" per le rispettive regolamentazioni.

**14.5. Pericoli per l'ambiente**

Si vedano nella tabella sopra i valori di "Pericoli per l'ambiente" per le rispettive regolamentazioni.

**14.6. Precauzioni speciali per gli utilizzatori**

Si vedano nella tabella sopra i valori di "Precauzioni speciali per gli utilizzatori" per le rispettive regolamentazioni.

**14.7. Trasporto alla rinfusa secondo l'allegato II di MARPOL ed il codice IBC****Transport in bulk according to Annex II of MARPOL and the IBC Code**

|                           |              |                     |               |
|---------------------------|--------------|---------------------|---------------|
| regolamento:              | Non valutato | Regulation:         | Not evaluated |
| Spedizione approvata:     | Non valutato | Shipment approved:  | Not evaluated |
| sostanza inquinante:      | Non valutato | Pollution name:     | Not evaluated |
| Categoria d'inquinamento: | Non valutato | Pollution category: | Not evaluated |
| Tipo di nave cisterna:    | Non valutato | Ship Type:          | Not evaluated |

**SEZIONE 15: Informazioni sulla regolamentazione****15.1. Norme e legislazione su salute, sicurezza e ambiente specifiche per la sostanza o la miscela**

Riferimenti normativi (Italia): Legge nr. 52 del 03/02/97, D.M. 28/04/97, D.M. 04/04/97, Decr. 07/09/02, (Attuazione della Direttiva 2001/58/CE), D.Lgs. nr. 65 del 14/03/03, (Attuazione delle

---

BASF Profilo di Sicurezza secondo Regolamento 1907/2006/CE, e successive modifiche.

Data / rielaborata il: 13.02.2017

Versione: 2.0

Prodotto: **MasterRoc ACP 214**

(ID.Nr. 30645091/SDS\_GEN\_IT/IT)

Data di stampa 14.02.2017

Direttive 1999/45/CE e 2001/60/CE); Direttiva 2006/8/CE (D.M. 03/04/07). Direttiva 67/548/CEE e successivi adeguamenti.

## **15.2. Valutazione della sicurezza chimica**

Valutazione della Sicurezza Chimica (CSA) non richiesta.

---

## **SEZIONE 16: Altre informazioni**

I dati contenuti all'interno della presente Scheda dei Dati di Sicurezza si basano sulle nostre attuali conoscenze e danno informazioni relative ad una sicura gestione e manipolazione del prodotto. Il presente documento non é un Certificato di Analisi (CdA), né una scheda tecnica e non costituisce un accordo sulle specifiche del prodotto. Gli usi identificati ivi indicati non costituiscono un accordo sulla qualità contrattuale del prodotto della sostanza/miscela, né tantomeno uno specifico uso accordato. E' responsabilità di chi riceve il prodotto garantire che qualsiasi diritto proprietario e legislazioni vigenti siano osservati.

---

Sul margine sinistro i punti esclamativi indicano le variazioni rispetto la versione precedente.

# MasterRoc ACP 214

## Disperdente liquido per terreni fini.

### DESCRIZIONE E CAMPI D'APPLICAZIONE

MasterRoc ACP 214 è una soluzione liquida a base di acidi policarbossilici, formulata per essere utilizzata come agente disperdente nei terreni fini.

MasterRoc ACP 214 è particolarmente efficace come disperdente negli impasti liquidi a base d'argilla e bentonite.

Non è sensibile alla durezza dell'acqua ed a forti escursioni termiche.

MasterRoc ACP 214 può essere utilizzato:

- negli scavi con TBM per disperdere terreni argillosi ben consolidati e coesivi. Consente di ridurre il quantitativo d'acqua da iniettare al fronte ed a diminuire la tenacità e la viscosità del suolo senza ridurne la consistenza;
- nella ripresa degli scavi con TBM in terreni argillosi, dopo prolungati fermi di cantiere;
- nella mescolazione in genere dei terreni fini;
- nella stabilizzazione di slurries bentonitiche in deposito.

### CARATTERISTICHE E BENEFICI

- Prodotto pronto all'uso.
- Sistema efficace ed economico per disgregare terreni argillosi.

### MODALITA' APPLICATIVE

MasterRoc ACP 214 può essere aggiunto alla soluzione schiumosa o direttamente all'acqua d'iniezione, nella testa di taglio o nella camera d'accumulo.

### DOSAGGIO

Il dosaggio d'applicazione dipende da vari fattori quali la consistenza del suolo o il quantitativo di acqua aggiunta.

In generale il dosaggio richiesto è il seguente:

- aggiunto alla soluzione schiumosa, fra 0,3 e 3% del volume di terreno scavato;
- aggiunto alla sola acqua, fra 0,5 e 1,5% del volume di terreno scavato;
- nelle slurries bentonitiche fra 0,05 e 0,1% del volume della miscela.

| Dati tecnici                          |                           |
|---------------------------------------|---------------------------|
| Forma                                 | Liquido chiaro giallastro |
| Densità, g/cc (20°C)                  | 1,27                      |
| pH                                    | 7,3 ± 0,3                 |
| Contenuto in solidi, % (1ora, 130°C)  | 44 ± 1                    |
| Viscosità secondo, mPa*s (Brookfield) | 250 ± 100                 |
| Disperdibilità in acqua               | totale                    |

### PRECAUZIONI DI SICUREZZA

MasterRoc ACP 214 non è pericoloso e non richiede etichettatura di trasporto. Si raccomanda in ogni caso le abituali precauzioni al momento della manipolazione ovvero l'uso di guanti ed occhiali di protezione.

### CONFEZIONE E STOCCAGGIO

MasterRoc ACP 214 viene fornito in fusti di plastica da 250 kg.

Il prodotto deve essere mantenuto nella confezione originale a temperature comprese tra +5°C e + 50°C.

Nell'eventualità di un congelamento del prodotto consultare il tecnico locale della BASF Construction Chemicals Italia.

# MasterRoc ACP 214

---

Disperdente liquido per terreni fini.

---

Dal 16/12/1992 BASF Construction Chemicals Italia Spa opera in regime di Sistema Qualità Certificato conforme alla Norma UNI-EN ISO 9001. Il Sistema di Gestione Ambientale è inoltre certificato secondo la Norma UNI EN ISO 14001.

**BASF Construction Chemicals Italia Spa**  
Via Vicinale delle Corti, 21 – 31100 Treviso – Italy  
T +39 0422 429200 F +39 0422 421802  
<http://www.master-builders-solutions.basf.it>  
e-mail: [infomac@basf.com](mailto:infomac@basf.com)

Per maggiori informazioni si consulti il Tecnico di zona della BASF Construction Chemicals Italia Spa.

I consigli tecnici eventualmente forniti, verbalmente o per iscritto, circa le modalità d'uso o di impiego dei nostri prodotti, corrispondono allo stato attuale delle nostre conoscenze scientifiche e pratiche e non comportano l'assunzione di alcuna nostra garanzia e/o responsabilità sul risultato finale delle lavorazioni con impiego dei nostri prodotti. Non dispensano, quindi, il cliente dall'onere e responsabilità esclusivi di verificare l'idoneità dei nostri prodotti per l'uso e gli scopi che si prefigge.

La presente edizione annulla e sostituisce ogni altra precedente.  
Agosto 2018

# Scheda dei dati di Sicurezza

Pagina: 1/13

---

BASF Profilo di Sicurezza secondo Regolamento 1907/2006/CE, e successive modifiche.

Data / di revisione: 24.05.2019

Versione: 2.0

Prodotto: **MasterRoc SLF 32**

(ID.Nr. 30694558/SDS\_GEN\_IT/IT)

Data di stampa 25.05.2019

---

## SEZIONE 1: Identificazione della sostanza/della miscela e della società/impresa.

### 1.1. Identificatore del prodotto

## MasterRoc SLF 32

### 1.2. Usi identificati pertinenti della sostanza o della miscela e usi sconsigliati

Usi pertinenti identificati: Prodotto per edilizia

### 1.3. Informazioni sul fornitore della scheda di dati di sicurezza

Ditta:

BASF Construction Chemicals Italia Spa

Via Vicinale delle Corti, 21

31100 Treviso, ITALY

Telefono: +39 0422 304-251

Indirizzo E-mail: sicurezzaprodotti.basfcc-italia@basf.com

### 1.4. Numero telefonico di emergenza

International emergency number:

Telefono: +49 180 2273-112

---

## SEZIONE 2: Identificazione dei pericoli

### 2.1. Classificazione della sostanza o della miscela

In accordo al Regolamento 1272/2008/CE (CLP)

Skin Corr./Irrit. 2

Eye Dam./Irrit. 1

H318, H315



Per il testo completo della classificazione non riportata per esteso in questa sezione, si consulti il paragrafo 16.

## 2.2. Elementi dell'etichetta

Globally Harmonized System, EU (GHS)

Pittogramma:



Avvertenza:

Pericolo

Indicazione di pericolo:

H318 Provoca gravi lesioni oculari.

H315 Provoca irritazione cutanea.

Consigli di prudenza (prevenzione):

P280 Indossare guanti protettivi e proteggere gli occhi/il viso.

P264 Lavare accuratamente con acqua abbondante e sapone dopo l'uso.

Consigli di prudenza (reazione):

P305 + P351 + P338 IN CASO DI CONTATTO CON GLI OCCHI: Sciacquare accuratamente per parecchi minuti. Togliere le eventuali lenti a contatto se è agevole farlo. Continuare a sciacquare.

P310 Contattare immediatamente un CENTRO ANTIVELENI o un medico.

P303 + P352 IN CASO DI CONTATTO CON LA PELLE (o con i capelli): lavare abbondantemente con acqua e sapone.

P362 + P364 Togliersi di dosso gli indumenti contaminati e lavarli prima di indossarli nuovamente.

In accordo al Regolamento 1272/2008/CE (CLP)

Componente(i) determinante(i) il pericolo per l'etichettatura: (OLIGOMER) Alcohols, C12-14, ethoxylated, sulfates, sodium salts (> 1 < 2.5 mol EO)

## 2.3. Altri pericoli

In accordo al Regolamento 1272/2008/CE (CLP)

Se previsto, sono riportati all'interno di questa sezione dati su altri pericoli che non risultano in una classificazione, ma che possono contribuire ai pericoli globali della sostanza o della miscela.

---

## SEZIONE 3: Composizione/Informazioni sugli ingredienti

### 3.1. Sostanze

Non applicabile

### 3.2. Miscele

#### Carattere chimico

Soluzione acquosa a base di: Alcohols, C12-14, ethoxylated, sulfates, sodium salts (> 1 < 2.5 mol EO)

#### Componenti pericolosi (GHS)

In conformità al Regolamento (CE) Nr. 1272/2008

(OLIGOMER) Alcohols, C12-14, ethoxylated, sulfates, sodium salts (> 1 < 2.5 mol EO)

contenuto (W/W):  $\geq 10\%$  -  $< 20\%$

Numero CAS: 68891-38-3

Numero CE: 500-234-8

Numero di registrazione REACH:

01-2119488639-16

Skin Corr./Irrit. 2

Eye Dam./Irrit. 1

Aquatic Chronic 3

H318, H315, H412

Limite di concentrazione specifico:

Eye Dam./Irrit. 2A: 5 - 10 %

Eye Dam./Irrit. 1:  $> 10\%$

Nel caso in cui siano contenuti componenti pericolosi, il testo integrale delle classi di pericolo e delle frasi H, è riportato in sezione 16.

---

## SEZIONE 4: Misure di primo soccorso

### 4.1. Descrizione delle misure di pronto soccorso

I soccorritori devono preoccuparsi per la propria protezione. Sostituire immediatamente gli indumenti contaminati.

In caso d'inalazione:

Riposo, aria fresca. Se l'irritazione persiste consultare il medico.

In caso di contatto con la pelle:

In caso di contatto con la pelle lavarsi immediatamente ed abbondantemente con acqua e sapone.

Non utilizzare in nessun caso solventi. Consultare il medico in caso di irritazione.

In caso di contatto con gli occhi:

sciacquare a fondo per 15 minuti sotto acqua corrente tenendo le palpebre aperte, successivo controllo del medico oculista

In caso di ingestione:

Risciacquare la bocca immediatamente e bere 200-300 ml d'acqua, rivolgersi al medico. Provocare il vomito solo su consiglio di un centro antiveleni o di un medico.

#### **4.2. Principali sintomi ed effetti, sia acuti e che ritardati**

sintomi: I sintomi e gli effetti noti più importanti sono descritti in etichetta (vedi sezione 2) e/o nella sezione 11.

#### **4.3. Indicazione della eventuale necessità di consultare immediatamente un medico e di trattamenti speciali**

Trattamento: nel trattamento sintomatico (decontaminazione, funzioni vitali) non sono noti antidoti specifici.

---

### **SEZIONE 5: Misure antincendio**

#### **5.1. Mezzi di estinzione**

Estinguenti adatti:

schiuma, acqua nebulizzata, polvere di estinzione, diossido di carbonio

Mezzi di estinzione non adatti per ragioni di sicurezza:

ampio getto d'acqua

#### **5.2. Pericoli speciali derivanti dalla sostanza o dalla miscela**

diossido di carbonio, monossido di carbonio, vapori nocivi, ossidi d'azoto, fumi, nero fumo

#### **5.3. Raccomandazioni per gli addetti all'estinzione degli incendi**

Misure particolari di protezione:

Usare un apparecchio respiratorio integrato.

Ulteriori informazioni:

Il pericolo dipende dalle sostanze infiammabili e dalle condizioni dell'incendio. Raffreddare con acqua i contenitori in pericolo per il calore. Raccogliere separatamente le acque di estinzione contaminate e non immettere nelle fognature o nelle acque reflue. L'acqua contaminata usata per lo spegnimento deve essere eliminata in conformità con le disposizioni legislative locali.

---

### **SEZIONE 6: Misure in caso di rilascio accidentale**

#### **6.1. Precauzioni personali, dispositivi di protezione e procedure in caso di emergenza**

Evitare di respirare la polvere/i fumi/i gas/la nebbia/i vapori/gli aerosol. Proteggersi gli occhi/la faccia. Utilizzare indumenti protettivi personali. Osservare le buone norme di impiego e di sicurezza durante l'uso dei materiali da costruzione.

#### **6.2. Precauzioni ambientali**

Contenere l'acqua inquinata e/o l'acqua di estinzione inquinata. Non immettere nelle fognature, nelle acque di superficie e nelle acque sotterranee.

### **6.3. Metodi e materiali per il contenimento e per la bonifica**

Piccole quantità: Raccogliere con mezzi idonei ed eliminare. Smaltire il materiale raccolto secondo la normativa vigente in materia.

Grandi quantità: Raccogliere con mezzi idonei ed eliminare. Smaltire il materiale raccolto secondo la normativa vigente in materia.

### **6.4. Riferimenti ad altre sezioni**

Le informazioni relative al controllo dell'esposizione/protezione personale e le considerazioni sullo smaltimento sono riportate alle Sezioni 8 e 13

---

## **SEZIONE 7: Manipolazione e immagazzinamento**

### **7.1. Precauzioni per la manipolazione sicura**

Evitare l'inalazione di polveri/nebbie/vapori. Evitare il contatto con la pelle. Prevedere una ventilazione adeguata. Con un impiego appropriato, non sono necessarie particolari misure.

Protezione antincendio ed antiesplorazione:

Il prodotto non è autoinfiammabile, ne comburente e neppure esplosivo.

### **7.2. Condizioni per lo stoccaggio sicuro, comprese eventuali incompatibilità**

Ulteriori informazioni sulle condizioni di stoccaggio: Conservare soltanto nel contenitore originale in luogo fresco e ben ventilato lontano da sorgente di ignizione, calore o fuma. Proteggere dall'azione diretta dei raggi solari.

### **7.3. Usi finali particolari**

Per gli usi identificati elencati nella Sezione 1 devono essere osservate le raccomandazioni della Sezione 7

---

## **SEZIONE 8: Controllo dell'esposizione/Protezione individuale**

### **8.1. Parametri di controllo**

Componenti con valori limite da rispettare sul posto di lavoro

Non è noto alcun limite di esposizione professionale.

### **8.2. Controlli dell'esposizione**

Equipaggiamento di protezione personale

Protezione delle vie respiratorie:

in caso di insufficiente ventilazione. Filtro combinato per gas/vapori di composti organici, inorganici, acidi e basici (ad es. EN 14387 Tipo ABEK).

Protezione delle mani:

guanti impermeabili

guanti di gomma sintetica

A causa della grande molteplicità dei tipi, è opportuno osservare le istruzioni d'uso dei produttori.

Protezione degli occhi:

Occhiali di sicurezza con protezioni laterali (occhiali a gabbia) ( ad es. EN 166)

Protezione del corpo:

I dispositivi di protezione individuale devono essere scelti sulla base dell' esposizione e del tipo di attività svolta.

#### Misure generali di protezione ed igiene

Non respirare polveri/fumi/aerosol. Evitare il contatto con la pelle, gli occhi e gli indumenti. Evitare l'esposizione - procurarsi speciali istruzioni prima dell'uso. Osservare le buone norme di impiego e di sicurezza durante l'uso dei materiali da costruzione. Si raccomanda di indossare indumenti da lavoro chiusi. Durante l'utilizzo, non mangiare, bere o fumare. Prima della pausa ed al termine del lavoro lavarsi le mani e la faccia. Al termine del turno di lavoro detergere la pelle ed applicare una crema protettiva. Controllare regolarmente i guanti prima dell'uso. Sostituirli in caso di necessità (in caso di piccoli fori). Non mangiare né bere durante l'impiego.

---

## **SEZIONE 9: Proprietà fisiche e chimiche**

### **9.1. Informazioni sulle proprietà fisiche e chimiche fondamentali**

|                                                          |                                                               |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Stato fisico:                                            | liquido                                                       |
| Colore:                                                  | da incolore a lievemente giallognolo                          |
| Odore:                                                   | specifico del prodotto                                        |
| Soglia olfattiva:                                        | non applicabile                                               |
| Valore del pH:                                           | 10,5<br>(20 °C)                                               |
| Temperatura di ebollizione:                              | > 100 °C                                                      |
| Punto di infiammabilità:                                 | > 101 °C                                                      |
| Preparazione acquosa                                     |                                                               |
| Infiammabilità:                                          | non si accende                                                |
| Infiammabilità di prodotti aerosol:                      | non applicabile, il prodotto non genera aerosol infiammabili. |
| Tensione di vapore:                                      | non determinato                                               |
| Densità:                                                 | 1,008 - 1,028 g/cm <sup>3</sup><br>(20 °C)                    |
| Densità relativa del vapore (aria):                      | non applicabile                                               |
| Coefficiente di ripartizione n-ottanolo/acqua (log Kow): | non applicabile alle miscele                                  |
| Autoaccensione:                                          | non autoinfiammabile                                          |

Decomposizione termica: Nessuna decomposizione se si rispettano le prescrizioni/indicazioni per lo stoccaggio e la manipolazione.

Viscosità dinamica: non determinato  
Viscosità, cinematica: non determinato  
Pericolo di esplosione: non esplosivo  
Caratteristiche di comportamento al fuoco: non comburente

## 9.2. Altre informazioni

Altre informazioni:

Se necessario,ulteriori informazioni sui parametri chimico-fisici sono riportate in questa sezione.

---

## SEZIONE 10: Stabilità e reattività

### 10.1. Reattività

Nessuna reazione pericolosa se si rispettano le prescrizioni/indicazioni per lo stoccaggio e la manipolazione.

Corrosione dei metalli: Non è da prevedere un effetto corrosivo del metallo.

### 10.2. Stabilità chimica

Il prodotto è stabile se si rispettano le prescrizioni/indicazioni per la manipolazione e lo stoccaggio.

### 10.3. Possibilità di reazioni pericolose

Il prodotto è stabile se si rispettano le prescrizioni/indicazioni per la manipolazione e lo stoccaggio.

### 10.4. Condizioni da evitare

Vedi SDS Sezione 7 - Manipolazione e Stoccaggio.

### 10.5. Materiali incompatibili

Materie da evitare:  
acidi forti, basi forti, ossidanti forti, forti agenti riducenti

### 10.6. Prodotti di decomposizione pericolosi

Prodotti di decomposizione pericolosi:

Nessun prodotto di decomposizione pericoloso se si rispettano le prescrizioni per il magazzinaggio e la manipolazione.

---

## SEZIONE 11: Informazioni tossicologiche

### 11.1. Informazioni sugli effetti tossicologici

#### Tossicità acuta

Valutazione di tossicità acuta:



Praticamente non tossico per una singola ingestione. Praticamente non tossico per una singola inalazione. Praticamente non tossico per un singolo contatto cutaneo. Sulla base dei dati disponibili, i criteri per la classificazione non sono soddisfatti.

#### Irritazione

Valutazione dell'effetto irritante:

Irritante a contatto con la pelle. Rischio di gravi lesioni oculari.

#### Sensibilizzazione delle vie respiratorie/della pelle

Valutazione dell'effetto sensibilizzante:

Sulla base degli ingredienti, non c'è il sospetto di una potenziale sensibilizzazione cutanea. Sulla base dei dati disponibili, i criteri per la classificazione non sono soddisfatti.

#### Mutagenicità sulle cellule germinali

Valutazione di mutagenicità:

La struttura chimica non determina particolari sospetti di un tale effetto. Sulla base dei dati disponibili, i criteri per la classificazione non sono soddisfatti.

#### Cancerogenicità

Valutazione di cancerogenicità:

La struttura chimica non determina particolari sospetti di un tale effetto. Sulla base dei dati disponibili, i criteri per la classificazione non sono soddisfatti.

#### tossicità riproduttiva

Valutazione di tossicità per la riproduzione:

La struttura chimica non determina particolari sospetti di un tale effetto. Sulla base dei dati disponibili, i criteri per la classificazione non sono soddisfatti.

#### Tossico per lo sviluppo.

Valutazione della teratogenicità:

La struttura chimica non determina particolari sospetti di un tale effetto. Sulla base dei dati disponibili, i criteri per la classificazione non sono soddisfatti.

#### Tossicità specifica per organi bersaglio (esposizione singola)

Valutazione STOT singola:

Sulla base dei dati disponibili, i criteri per la classificazione non sono soddisfatti.

#### Tossicità di dose ripetuta e tossicità specifica per organi bersaglio (esposizione ripetuta)

Valutazione della tossicità in seguito a somministrazione ripetuta:

Non sono disponibili dati attendibili sulla tossicità riguardanti la somministrazione ripetuta. Sulla base dei dati disponibili, i criteri per la classificazione non sono soddisfatti.

#### Pericolo in caso di aspirazione

Non é atteso alcun rischio di aspirazione.

#### Altre indicazioni sulla tossicità

Il prodotto non è stato testato. L'indicazione è dedotta dalle proprietà dei singoli componenti.

---

## **SEZIONE 12: Informazioni ecologiche**

### **12.1. Tossicità**

Valutazione della tossicità acquatica:

Nocivo per la vita acquatica.

Il prodotto non è stato testato. L'indicazione è dedotta dalle proprietà dei singoli componenti.

### **12.2. Persistenza e degradabilità**

Valutazione di biodegradabilità ed eliminazione (H<sub>2</sub>O):

Difficilmente biodegradabile (secondo criteri OECD).

### **12.3. Potenziale di bioaccumulo**

Valutazione del potenziale di bioaccumulo:

Nessun dato disponibile.

Si deve evitare la dispersione nell'ambiente.

### **12.4. Mobilità nel suolo**

Valutazione trasporto tra reparti ambientali:

Volatilità: Nessun dato disponibile.

### **12.5. Risultati della valutazione PBT e vPvB**

Il prodotto non soddisfa i requisiti per la classificazione come PBT

(persistente/bioaccumulabile/tossico) e vPvB(molto persistente/molto bioaccumulabile).

### **12.6. Altri effetti nocivi**

Il prodotto non contiene sostanze elencate nel Regolamento 1005/2009/CE sulle sostanze che riducono lo strato di ozono.

### **12.7. Indicazioni supplementari**

Ulteriori informazioni di ecotossicità:

Non far pervenire il prodotto nell'ambiente in modo incontrollato. Il prodotto non è stato testato. Le indicazioni ecotossicologiche sono state dedotte dalle proprietà dei singoli componenti.

---

## SEZIONE 13: Considerazioni sullo smaltimento

### 13.1. Metodi di trattamento dei rifiuti

Osservare le disposizioni legali nazionali e locali.

In conformità con il catalogo Europeo dei rifiuti, il codice rifiuto deve essere specificato sulla base di un accordo tra lo smaltitore, il produttore e l' autorità.

Smaltire le quantità residue come la sostanza/prodotto.

Imballaggi contaminati:

Gli imballi contaminati devono essere svuotati in modo ottimale e poi, dopo un adeguato lavaggio, possono essere destinati al riutilizzo.

Gli imballi non bonificabili devono essere eliminati come la sostanza.

---

## SEZIONE 14: Informazioni sul trasporto

### Trasporto via terra

ADR

|                                             |                                                                |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|                                             | Merce non pericolosa ai sensi della normativa per il trasporto |
| Numero ONU:                                 | Non applicabile                                                |
| Nome di spedizione dell'ONU:                | Non applicabile                                                |
| Classe/i di pericolo connesse al trasporto: | Non applicabile                                                |
| Gruppo d'imballaggio:                       | Non applicabile                                                |
| Pericoli per l'ambiente:                    | Non applicabile                                                |
| Precauzioni speciali per gli utilizzatori   | Nessuno noto                                                   |

RID

|                                             |                                                                |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|                                             | Merce non pericolosa ai sensi della normativa per il trasporto |
| Numero ONU:                                 | Non applicabile                                                |
| Nome di spedizione dell'ONU:                | Non applicabile                                                |
| Classe/i di pericolo connesse al trasporto: | Non applicabile                                                |
| Gruppo d'imballaggio:                       | Non applicabile                                                |
| Pericoli per l'ambiente:                    | Non applicabile                                                |
| Precauzioni speciali per gli utilizzatori   | Nessuno noto                                                   |

### Trasporto navale interno

ADN

|                                             |                                                                |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|                                             | Merce non pericolosa ai sensi della normativa per il trasporto |
| Numero ONU:                                 | Non applicabile                                                |
| Nome di spedizione dell'ONU:                | Non applicabile                                                |
| Classe/i di pericolo connesse al trasporto: | Non applicabile                                                |
| Gruppo d'imballaggio:                       | Non applicabile                                                |
| Pericoli per l'ambiente:                    | Non applicabile                                                |
| Precauzioni speciali per gli utilizzatori:  | Nessuno noto                                                   |

Trasporto in navi da navigazione interna

Non valutato

**Trasporto via mare****Sea transport**

IMDG

IMDG

Merce non pericolosa ai sensi della normativa per il trasporto

|                                             |                 |
|---------------------------------------------|-----------------|
| Numero ONU:                                 | Non applicabile |
| Nome di spedizione dell'ONU:                | Non applicabile |
| Classe/i di pericolo connesse al trasporto: | Non applicabile |
| Gruppo d'imballaggio:                       | Non applicabile |
| Pericoli per l'ambiente:                    | Non applicabile |

|                              |                |
|------------------------------|----------------|
| UN number:                   | Not applicable |
| UN proper shipping name:     | Not applicable |
| Transport hazard class(es):  | Not applicable |
| Packing group:               | Not applicable |
| Environmental hazards:       | Not applicable |
| Special precautions for user | None known     |

Precauzioni speciali per gli utilizzatori Nessuno noto

**Trasporto aereo****Air transport**

IATA/ICAO

IATA/ICAO

Merce non pericolosa ai sensi della normativa per il trasporto

|                                             |                 |
|---------------------------------------------|-----------------|
| Numero ONU:                                 | Non applicabile |
| Nome di spedizione dell'ONU:                | Non applicabile |
| Classe/i di pericolo connesse al trasporto: | Non applicabile |
| Gruppo d'imballaggio:                       | Non applicabile |
| Pericoli per l'ambiente:                    | Non applicabile |

|                              |                |
|------------------------------|----------------|
| UN number:                   | Not applicable |
| UN proper shipping name:     | Not applicable |
| Transport hazard class(es):  | Not applicable |
| Packing group:               | Not applicable |
| Environmental hazards:       | Not applicable |
| Special precautions for user | None known     |

Precauzioni speciali per gli utilizzatori Nessuno noto

**14.1. Numero ONU**

Si vedano nella tabella sopra i valori di "Numero UN" per le rispettive regolamentazioni.

**14.2. Nome di spedizione dell'ONU**

Si vedano nella tabella sopra i valori di "Nome di spedizione appropriato UN" per le rispettive regolamentazioni.

**14.3. Classe/i di pericolo connesse al trasporto**

Si vedano nella tabella sopra i valori di "Classe(i) di pericolo connesso al trasporto" per le rispettive regolamentazioni.

**14.4. Gruppo d'imballaggio**

Si vedano nella tabella sopra i valori di "Gruppo di imballaggio" per le rispettive regolamentazioni.

**14.5. Pericoli per l'ambiente**

Si vedano nella tabella sopra i valori di "Pericoli per l'ambiente" per le rispettive regolamentazioni.

**14.6. Precauzioni speciali per gli utilizzatori**

Si vedano nella tabella sopra i valori di "Precauzioni speciali per gli utilizzatori" per le rispettive regolamentazioni.

**14.7. Trasporto di rifiuti secondo l'allegato II di MARPOL e il codice IBC**

|                           |              |
|---------------------------|--------------|
| regolamento:              | Non valutato |
| Spedizione approvata:     | Non valutato |
| sostanza inquinante:      | Non valutato |
| Categoria d'inquinamento: | Non valutato |
| Tipo di nave cisterna:    | Non valutato |

**Transport in bulk according to Annex II of MARPOL and the IBC Code**

|                     |               |
|---------------------|---------------|
| Regulation:         | Not evaluated |
| Shipment approved:  | Not evaluated |
| Pollution name:     | Not evaluated |
| Pollution category: | Not evaluated |
| Ship Type:          | Not evaluated |

**SEZIONE 15: Informazioni sulla regolamentazione****15.1. Disposizioni legislative e regolamentari su salute, sicurezza e ambiente specifiche per la sostanza o la miscela**Divieti, restrizioni e autorizzazioni

Allegato XVII del Regolamento 1907/2006/CE: Numero in lista: 3

Riferimenti normativi (Italia): 1) Regolamento 1272/2008/CE e successivi adeguamenti; 2) Direttiva 2012/18/UE (Seveso III) e D.Lgs 105/2015; 3) D.Lgs. 81/2008 e D.Lgs 152/2006.

**15.2. Valutazione della sicurezza chimica**

Valutazione della Sicurezza Chimica (CSA) non richiesta.

---

## SEZIONE 16: Altre informazioni

Valutazione delle classi di pericolo in base ai criteri GHS (versione più recente).

Skin Corr./Irrit. 2  
Eye Dam./Irrit. 1  
Aquatic Acute 3

Testo integrale dei simboli di pericolo, indicazioni di pericolo e delle frasi H se menzionato come componente pericoloso al capitolo 3:

|                   |                                                                 |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Skin Corr./Irrit. | Corrosione/irritazione della pelle                              |
| Eye Dam./Irrit.   | Gravi danni oculari/irritazione oculare                         |
| Aquatic Chronic   | Tossicità cronica per l'ambiente acquatico.                     |
| H318              | Provoca gravi lesioni oculari.                                  |
| H315              | Provoca irritazione cutanea.                                    |
| H412              | Nocivo per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata. |

I dati contenuti all'interno della presente Scheda dei Dati di Sicurezza si basano sulle nostre attuali conoscenze e danno informazioni relative ad una sicura gestione e manipolazione del prodotto. Il presente documento non é un Certificato di Analisi (CdA), né una scheda tecnica e non costituisce un accordo sulle specifiche del prodotto. Gli usi identificati ivi indicati non costituiscono un accordo sulla qualità contrattuale del prodotto della sostanza/miscela, né tantomeno uno specifico uso accordato. E' responsabilità di chi riceve il prodotto garantire che qualsiasi diritto proprietario e legislazioni vigenti siano osservati.

---

Sul margine sinistro le linee verticali indicano le variazioni rispetto alla versione precedente.



# MasterRoc SLF 32

## Additivo schiumogeno per il trattamento dei terreni scavati con TBM.

### DESCRIZIONE E CAMPI DI APPLICAZIONE

MasterRoc SLF 32 è un agente schiumogeno specificatamente progettato per il condizionamento dei terreni scavati con fresa meccanica TBM scudata.

### CAMPI D'APPLICAZIONE

- Scavo di terreni sciolti, poco consistenti

### CARATTERISTICHE E BENEFICI

- Migliora il comportamento del terreno al fronte
- Facilita l'estrazione del terreno di scavo
- E' un prodotto ecocompatibile

MasterRoc SLF 32 è stato formulato specificatamente per il trattamento dei terreni in gallerie scavate con fresa meccanica scudata. Generalmente il prodotto, una volta mescolato col terreno, provvede a:

- ridurre la permeabilità ed aumentare la coesione del suolo a fronte scavo
- migliorare le proprietà di deformazione plastica del terreno, esercitando sul supporto una pressione uniforme e regolare che favorisce il sostegno del fronte stesso
- ridurre l'attrito interno e l'abrasività dei terreni in prossimità della testa di scavo, della coclea di carico del materiale scavato o nello stesso nastro. Ciò determina una riduzione nei consumi d'energia, facilita l'estrazione e il trasporto del materiale scavato e riduce i costi derivanti dall'usura
- ridurre la collosità e la tenacità di certi suoli evitando possibili bloccaggi del sistema di scavo
- eliminare o ridurre la polvere durante lo scavo di rocce dure in galleria o in miniera

| Dati tecnici           |                  |
|------------------------|------------------|
| Forma                  | Liquido          |
| Colore                 | Incolore, chiaro |
| Densità, kg/ mc        | 1035 – 1045      |
| Viscosità a 20°C, mPas | 100              |
| pH a 20°C              | 6,5 – 7,5        |
| Solubilità in acqua    | totale           |

### PROCEDURA D'APPLICAZIONE

La schiuma viene sempre prodotta mediante immissione d'aria nella soluzione acquosa, contenente il MasterRoc SLF 32, per dare origine ad una schiuma stabile.

La concentrazione dell'additivo schiumogeno nella soluzione, il fattore d'espansione (FER) della schiuma ed il fattore d'iniezione (FIR) della stessa al fronte, nella camera di scavo o nella coclea dipenderanno dalla natura e dalle condizioni dei suoli intercettati.

### CONSUMO

L'impiego tipico di MasterRoc SLF 32 in soluzione acquosa è in percentuale variabile da 1.5% a 4 % (esempio : 1,5 parti di prodotto + 98,5 parti d'acqua rappresenta la soluzione all'1,5%). In genere l'impiego tipico varia fra il 2 ed il 3%.

Il polimero MasterRoc SLP 1 o P2 può essere aggiunto al MasterRoc SLF 32 al fine di rafforzare l'azione della schiuma nel trattamento di terreni particolarmente difficoltosi, facilitandone lo scavo e l'estrazione.

### CONFEZIONE E STOCCAGGIO

MasterRoc SLF 32 è disponibile in cisternette di polietilene da 1000 litri. Su specifica richiesta è disponibile sfuso o in fusti da 200 litri.

La temperatura di stoccaggio del MasterRoc SLF 32 è compresa fra 5°e 35°C.

Se chiuso nei propri contenitori originali alle condizioni di cui sopra il prodotto ha una scadenza minima di 12 mesi. Non far gelare il prodotto.

### PRECAUZIONI DI SICUREZZA

MasterRoc SLF 32 non contiene sostanze pericolose che richiedano etichettatura particolare. Si consiglia in ogni caso di osservare le tipiche precauzioni standard per il maneggio di sostanze chimiche. Utilizzare guanti ed occhiali di protezione. Se avviene contatto con la pelle, lavare abbondantemente con acqua. Nel caso di contatto con gli occhi consultare il medico. Per ulteriori informazioni consultare la scheda di sicurezza.



We create chemistry

# MasterRoc SLF 32

---

**Additivo schiumogeno per il trattamento dei terreni scavati con TBM.**

---

Dal 16/12/1992 BASF Construction Chemicals Italia Spa opera in regime di Sistema Qualità Certificato conforme alla Norma UNI-EN ISO 9001. Il Sistema di Gestione Ambientale è inoltre certificato secondo la Norma UNI EN ISO 14001 ed il Sistema di Gestione Sicurezza è certificato secondo la norma OHSAS 18001. Sostenibilità ambientale: Socio Green Building Council dal 2009.

#### **BASF Construction Chemicals Italia Spa**

Via Vicinale delle Corti, 21 – 31100 Treviso – Italy

T +39 0422 429200 F +39 0422 421802

<http://www.master-builders-solutions.basf.it>

e-mail: [infomac@basf.com](mailto:infomac@basf.com)

Per maggiori informazioni si consulti il Tecnico di zona della BASF Construction Chemicals Italia Spa.

I consigli tecnici eventualmente forniti, verbalmente o per iscritto, circa le modalità d'uso o di impiego dei nostri prodotti, corrispondono allo stato attuale delle nostre conoscenze scientifiche e pratiche e non comportano l'assunzione di alcuna nostra garanzia e/o responsabilità sul risultato finale delle lavorazioni con impiego dei nostri prodotti. Non dispensano, quindi, il cliente dall'onere e responsabilità esclusivi di verificare l'idoneità dei nostri prodotti per l'uso e gli scopi che si prefigge.

La presente edizione annulla e sostituisce ogni altra precedente.

Gennaio 2018

---

|                 |                  |                            |
|-----------------|------------------|----------------------------|
| Prodotto :      | <b>CLB F5/AC</b> | Revisione : 26-aprile-2016 |
| Codice : C00856 | Versione : 2.2   |                            |

---

**SEZIONE 1: Identificazione della sostanza o della miscela e della società/impresa****1.1. Identificatore del prodotto**

**Nome commerciale o designazione della miscela** CLB F5/AC

**Numero di registrazione** -

**Sinonimi** Nessuno.

**Codice prodotto** C00856

**1.2. Pertinenti usi identificati della sostanza o miscela e usi sconsigliati**

**Usi identificati** Vedere scheda tecnica.

**Usi sconsigliati** Non disponibile.

**1.3. Informazioni sul fornitore della scheda di dati di sicurezza****Fornitore**

**Nome della Società** CONDAT  
**Indirizzo** Avenue Frédéric Mistral - B.P. 16  
38670 CHASSE-SUR-RHONE  
FR

**Divisione** Dipartimento Affari Regolamentari Prodotti

**Numero di telefono** Tel.: 33 (0)4 78.07.38.38  
Fax: 33 (0)4 78.07.38.00

**e-mail** arp@condat.fr

**Contatto** Dipartimento Affari Regolamentari Prodotti

**1.4. Numero telefonico di emergenza** Telefono in caso di emergenza 33 (0) 4 78 07 37 18  
(Orari d'ufficio):  
Emergency Tel. (France) ORFILA (INRS) :  
+ 33 (0)1 45 42 59 59

**Generale nell'UE** 112 (Disponibile 24 ore su 24. Le schede dei dati di sicurezza o le informazioni sul prodotto potrebbero non essere disponibili per il servizio di emergenza).

---

**SEZIONE 2: Identificazione dei pericoli****2.1. Classificazione della sostanza o della miscela**

La miscela è stata valutata e/o sottoposta a test per verificare l'assenza di pericoli fisici, per la salute e per l'ambiente e a essa si applica la seguente classificazione.

**Classificazione ai sensi della direttiva 67/548/EEC o dalla 1999/45/CE modificata**

**Classificazione** Xi;R38-41

I testi completi per tutte le Frasi R sono visualizzati al punto 16.

**Classificazione a norma del regolamento (CE) n. 1272/2008 modificato****Pericoli per la salute**

|                                                  |             |                                       |
|--------------------------------------------------|-------------|---------------------------------------|
| Corrosione/irritazione della pelle               | Categoria 2 | H315 - Provoca irritazione cutanea.   |
| Gravi danni agli occhi o irritazione degli occhi | Categoria 1 | H318 - Provoca gravi lesioni oculari. |

**Riepilogo dei pericoli**

**Rischi specifici** Nelle normali condizioni d'uso previsto: Non noto.

**Sintomi principali** La sostanza causa grave irritazione degli occhi; la lesione può risultare permanente.

**2.2. Elementi dell'etichetta**

Prodotto :

**CLB F5/AC**

Codice : C00856

Versione : 2.2

Revisione : 26-aprile-2016

## Etichettatura secondo il regolamento (CE) n.1272/2008 modificato

**Contiene:** 2-metil-2,4-pentandiolo, Alcool C12-C14 éthoxylés sulfatés, sel de sodium, Mono-C10-16-alkyl, Solfato di sodio

**Pittogrammi di pericolo**



**Avvertenza**

Pericolo

**Indicazioni di pericolo**

H315 Provoca irritazione cutanea.  
H318 Provoca gravi lesioni oculari.

**Consigli di prudenza**

**Prevenzione**

P264 Lavare attentamente dopo l'uso.  
P280 Indossare guanti/indumenti protettivi/Proteggere gli occhi/il viso.

**Reazione**

P302 + P352 SE PRESENTE SULLA PELLE : Lavare con molto sapone e acqua.  
P305 + P351 + P338 IN CASO DI CONTATTO CON GLI OCCHI: Sciacquare accuratamente per parecchi minuti. Togliere le eventuali lenti a contatto se è agevole farlo. Continuare a sciacquare.  
P310 Contattare immediatamente un CENTRO ANTIVELENI o un medico.  
P332 + P313 Se si verifica irritazione della pelle: Ottenere un consiglio medico/visita medica.

**Conservazione**

Conservare lontano da materiali non compatibili.

**Smaltimento**

Non applicabile.

**Informazioni supplementari sulle etichette**

Non applicabile.

**2.3. Altri pericoli**

Non assegnato.

## SEZIONE 3: Composizione/informazioni sugli ingredienti

### 3.2. Miscela

**Informazioni generali**

| Nome chimico                                     | %                                                                                          | Numero CAS /Numero CE   | Numero di Registrazione REACH | Numero della sostanza | Note |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------|------|
| 2-metil-2,4-pentandiolo                          | 5 - < 10                                                                                   | 107-41-5<br>203-489-0   | 01-2119539582-35-XXXX         | 603-053-00-3          |      |
| <b>Classificazione:</b>                          | <b>DSD:</b> Xi;R36/38                                                                      |                         |                               |                       |      |
|                                                  | <b>CLP:</b> Skin Irrit. 2;H315, Eye Irrit. 2;H319                                          |                         |                               |                       |      |
| Alcool C12-C14 éthoxylés sulfatés, sel de sodium | 5 - < 10                                                                                   | 68891-38-3<br>500-234-8 | 01-2119488639-16-XXXX         | -                     |      |
| <b>Classificazione:</b>                          | <b>DSD:</b> Xi;R38-41                                                                      |                         |                               |                       |      |
|                                                  | <b>CLP:</b> Skin Irrit. 2;H315, Eye Dam. 1;H318, Aquatic Chronic 3;H412                    |                         |                               |                       |      |
| Mono-C10-16-alkyl, Solfato di sodio              | 5 - < 10                                                                                   | 68585-47-7<br>271-557-7 | -                             | -                     |      |
| <b>Classificazione:</b>                          | <b>DSD:</b> Xn;R22, Xi;R38-41                                                              |                         |                               |                       |      |
|                                                  | <b>CLP:</b> Acute Tox. 4;H302, Skin Irrit. 2;H315, Eye Dam. 1;H318, Aquatic Chronic 3;H412 |                         |                               |                       |      |

Prodotto :

**CLB F5/AC**

Codice : C00856

Versione : 2.2

Revisione : 26-aprile-2016

| Nome chimico            | %                                                   | Numero CAS /Numero CE   | Numero di Registrazione REACH | Numero della sostanza | Note |
|-------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------|------|
| Alcoli, C10-18          | < 1                                                 | 85711-71-3<br>288-332-4 | -                             | -                     |      |
| <b>Classificazione:</b> | <b>DSD:</b> Xi;R36, N;R50                           |                         |                               |                       |      |
|                         | <b>CLP:</b> Eye Irrit. 2;H319, Aquatic Acute 1;H400 |                         |                               |                       |      |

CLP: Regolamento n. 1272/2008. "-" = Non disponibile o questa sostanza non rispetta i criteri di classificazione a norma del regolamento (CE) 1272/2008 modificato.

Direttiva sostanze pericolose (DSD): Direttiva 67/548/CEE.

M: Fattore moltiplicatore

vPvB: sostanza molto persistente e molto bioaccumulabile.

PBT: sostanza persistente, bioaccumulabile e tossica.

#: A questa sostanza sono stati assegnati limiti comunitari di esposizione sul posto di lavoro.

**Commenti sulla composizione** I limiti di esposizione occupazionali relativi ai costituenti sono elencati nella Sezione 8. I testi completi per tutte le Frasi R e le Frasi H sono visualizzati al punto 16.

## SEZIONE 4: Misure di primo soccorso

**Informazioni generali** Assicurarsi che il personale medico sia al corrente dei materiali coinvolti, e prenda le necessarie precauzioni per proteggersi.

### 4.1. Descrizione delle misure di primo soccorso

**Inalatoria** Portare l'infortunato all'aria fresca. Muovere all'aria fresca. Chiamare un medico se i sintomi compaiono o sono persistenti.

**Contatto cutaneo** Togliersi di dosso gli indumenti contaminati e lavarli prima di indossarli nuovamente. Lavare abbondantemente con acqua e sapone. Se si verifica irritazione della pelle: Ottenere un consiglio medico/visita medica.

**Contatto per gli occhi** Sciacquare immediatamente gli occhi con acqua abbondante per almeno 15 minuti. Togliere le lenti a contatto, se presenti e facili da togliere. Continuare a risciacquare. Consultare immediatamente un medico.

**Ingestione** Sciacquare a fondo la bocca. In caso di ingerimento, NON indurre il vomito. Contattare un medico se si verificano dei sintomi.

**4.2. Principali sintomi ed effetti, sia acuti e che ritardati** Irritazione cutanea. La sostanza causa grave irritazione degli occhi; la lesione può risultare permanente.

**4.3. Indicazione dell'eventuale necessità di consultare immediatamente un medico e trattamenti speciali** Prendere tutte le misure generali di supporto e curare in funzione dei sintomi. Mantenere la vittima sotto osservazione. I sintomi possono essere ritardati.

## SEZIONE 5: Misure antincendio

**Pericolo generale d'incendio** Non sono indicati rischi d'incendio o di esplosione particolari. Non noto.

### 5.1. Mezzi di estinzione

**Mezzi di estinzione idonei** Non applicabile, non combustibile. Utilizzare sistemi estinguenti compatibili con la situazione locale e con l'ambiente circostante.

**Mezzi di estinzione non idonei** Non applicabile, non combustibile.

**5.2. Pericoli speciali derivanti dalla sostanza o dalla miscela** Vedere anche la sezione 10.

Prodotto :

**CLB F5/AC**

Codice : C00856

Versione : 2.2

Revisione : 26-aprile-2016

**5.3. Raccomandazioni per gli addetti all'estinzione degli incendi****Dispositivi di protezione speciali per gli addetti all'estinzione degli incendi**

Nessuno (non combustibile). In caso d'incendio indossare un respiratore autonomo e indumenti di protezione completa.

**Procedure speciali per l'estinzione degli incendi**

In caso di incendio e/o esplosione, non respirare i fumi.

**SEZIONE 6: Misure in caso di rilascio accidentale****6.1. Precauzioni personali, dispositivi di protezione e procedure in caso di emergenza****Per chi non interviene direttamente**

Allontanare il personale non necessario. Tenere le persone lontane dalla perdita, sopravvento. Indossare un equipaggiamento protettivo adeguato e indumenti adeguati durante la rimozione. Non toccare contenitori danneggiati o materiali accidentalmente fuoriusciti se non dopo aver indossato indumenti protettivi appropriati. Prevedere una ventilazione adeguata. Le autorità locali devono essere informate se le perdite non possono essere circoscritte. Per informazioni sulla protezione individuale, consultare il punto 8 del MSDS.

**Per chi interviene direttamente**

Allontanare il personale non necessario. Utilizzare i dispositivi di protezione individuale consigliati nella sezione 8 della scheda dati di sicurezza.

**6.2. Precauzioni ambientali**

Le autorità locali devono essere informate se le perdite non possono essere circoscritte. Evitare sversamenti o perdite supplementari, se questo può essere fatto senza pericolo. Vietato scaricare in fognature, nei corsi d'acqua o nel terreno.

**6.3. Metodi e materiali per il contenimento e per la bonifica**

Questo prodotto è miscibile in acqua.

Versamenti di grandi dimensioni: Fermare il flusso del materiale, se ciò è possibile senza rischio. Arginare il materiale riversato, qualora sia possibile. Coprire con un telo di plastica per prevenire la diffusione. Assorbire in vermiculite, sabbia o terra asciutta e riporre in contenitori. Una volta recuperato il prodotto, sciacquare l'area con acqua.

Versamenti di piccole dimensioni: Asciugare con materiale assorbente (es. panno, strofinaccio). Pulire completamente la superficie per rimuovere completamente la contaminazione residua.

Non immettere prodotti fuoriusciti nei contenitori originali per il loro riutilizzo

**6.4. Riferimento ad altre sezioni**

Per l'equipaggiamento di protezione individuale, vedere la Sezione 8 del MSDS. Per informazioni sullo smaltimento, consultare il punto 13 del SDS.

**SEZIONE 7: Manipolazione e immagazzinamento****7.1. Precauzioni per la manipolazione sicura**

Non respirare il vapore. Non permettere che questo materiale vada a contatto con gli occhi. Evitare il contatto con la pelle. Evitare l'esposizione prolungata. Indossare attrezzature di protezione personale adeguate. Osservare le norme di buona igiene industriale. Lavare le mani accuratamente dopo la manipolazione. Lavarsi le mani dopo l'uso. Manipolare rispettando le buone pratiche di igiene industriale e di sicurezza adeguate. Predisporre una ventilazione adeguata in maniera da non superare i limiti di esposizione.

**7.2. Condizioni per l'immagazzinamento sicuro, comprese eventuali incompatibilità**

Temperatura di stoccaggio: tra 5°C e 50°C. Conservare in un luogo fresco e asciutto, lontano dalla luce diretta del sole. Conservare in luogo asciutto nell'imballaggio originale chiuso. Conservare lontano da materiali incompatibili (vedere la Sezione 10 della scheda dati di sicurezza). Evitare il congelamento.

**7.3. Usi finali particolari**

Non disponibile.

**SEZIONE 8: Controllo dell'esposizione/protezione individuale****8.1. Parametri di controllo**



Prodotto :

**CLB F5/AC**

Codice : C00856

Versione : 2.2

Revisione : 26-aprile-2016

**Limiti di esposizione professionale**
**Valori limite di esposizione professionale.**

| Componenti                                | Tipo      | Valore |
|-------------------------------------------|-----------|--------|
| 2-metil-2,4-pentandiolo<br>(CAS 107-41-5) | Massimale | 25 ppm |

**Suiza.SUVA Valore limite sul posto di lavoro**

| Componenti                                | Tipo          | Valore                                   |
|-------------------------------------------|---------------|------------------------------------------|
| 2-metil-2,4-pentandiolo<br>(CAS 107-41-5) | 8 ore         | 49 mg/m <sup>3</sup>                     |
|                                           | Breve termine | 10 ppm<br>98 mg/m <sup>3</sup><br>20 ppm |

**Valori limite biologici**

Nessun valore limite biologico di esposizione annotato per l'ingrediente/gli ingredienti.

**Procedure di monitoraggio raccomandate**

Seguire le procedure standard di monitoraggio.

**Livello derivato senza effetto (DNEL)**

| Componenti                             | Tipo                 | Via                                                               | Valore                | Forma   |
|----------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------|
| 2-metil-2,4-pentandiolo (CAS 107-41-5) | Artigianato          | Dermico                                                           | 2 mg/kg/giorno        | LT; SE  |
|                                        |                      | Inalatoria                                                        | 98 mg/m <sup>3</sup>  | St; LE  |
|                                        |                      | Inalatoria                                                        | 49 mg/m <sup>3</sup>  | LT; LE  |
|                                        |                      | Inalatoria                                                        | 14 mg/m <sup>3</sup>  | LT; SE  |
|                                        | Consumatore          | Dermico                                                           | 1 mg/kg/giorno        | LT; SE  |
|                                        |                      | Inalatoria                                                        | 49 mg/m <sup>3</sup>  | St; LE  |
|                                        |                      | Inalatoria                                                        | 3,5 mg/m <sup>3</sup> | LT; SE  |
|                                        |                      | Inalatoria                                                        | 25 mg/m <sup>3</sup>  | LT; LE  |
|                                        |                      | Orale                                                             | 1 mg/kg/giorno        | LT; SE  |
|                                        |                      | Alcool C12-C14 éthoxylés sulfatés, sel de sodium (CAS 68891-38-3) | Consumatore           | Dermico |
| Inalatoria                             | 52 mg/m <sup>3</sup> |                                                                   |                       |         |
| Orale                                  | 15 mg/kg/giorno      |                                                                   |                       |         |
| Industry                               | Dermico              |                                                                   | 2750 mg/kg/giorno     |         |
|                                        | Inalatoria           |                                                                   | 175 mg/m <sup>3</sup> |         |
|                                        |                      |                                                                   |                       |         |

**Prevedibili concentrazioni prive di effetti (PNEC)**

| Componenti                             | Tipo            | Via                                                               | Valore             | Forma                    |
|----------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------|
| 2-metil-2,4-pentandiolo (CAS 107-41-5) | Non applicabile | Acqua                                                             | 20 mg/l            | wastewater treatment     |
|                                        |                 | Acqua                                                             | 0,429 mg/l         | Acqua dolce              |
|                                        |                 | Acqua                                                             | 0,0429 mg/l        | Acqua di mare            |
|                                        |                 | Orale                                                             | 100 mg/kg/giorno   | Avvelenamento secondario |
|                                        |                 | Terreno                                                           | 1,79 mg/kg/giorno  | Sediments                |
|                                        |                 | Terreno                                                           | 0,179 mg/kg/giorno | Marine sediments         |
|                                        |                 | Terreno                                                           | 0,11 mg/kg/giorno  |                          |
|                                        |                 | Acqua                                                             | 0,24 mg/kg/giorno  | Fresh water.             |
|                                        |                 | Acqua                                                             | 0,024 mg/kg/giorno | Sea water.               |
|                                        |                 | Alcool C12-C14 éthoxylés sulfatés, sel de sodium (CAS 68891-38-3) | Non applicabile    |                          |
|                                        |                 |                                                                   |                    |                          |

Prodotto :

**CLB F5/AC**

Codice : C00856

Versione : 2.2

Revisione : 26-aprile-2016

| Componenti | Tipo | Via             | Valore              | Forma                 |
|------------|------|-----------------|---------------------|-----------------------|
|            |      | Non applicabile | 10000 mg/kg/giorno  | STP.                  |
|            |      | Non applicabile | 0,9168 mg/kg/giorno | Fresh water sediment. |
|            |      | Non applicabile | 0,0917 mg/kg/giorno | Sea water sediment.   |
|            |      | Terreno         | 7,5 mg/kg/giorno    |                       |

**8.2. Controlli dell'esposizione****Controlli tecnici idonei**

Assicurare un'adeguata areazione, specialmente in zone chiuse. Quando si manipola questo prodotto devono essere a disposizione attrezzature per lavaggio oculare e doccia di emergenza.

**Misure di protezione individuale, quali dispositivi di protezione individuale****Informazioni generali**

Utilizzare il dispositivo di protezione individuale richiesto. L'attrezzatura protettiva personale deve essere scelta conformemente alle norme CEN e insieme al fornitore dell'attrezzatura protettiva personale.

**Protezione per occhi/volto**

Indossare occhiali di protezione con schermi laterali (o occhiali di copertura).

**Protezione della pelle****- Protezione delle mani**

Usare guanti protettivi fatti di: Nitrile. Cloruro di polivinile (PVC).

**- Altro**

Indossare appositi indumenti resistenti agli agenti chimici.

**Protezione respiratoria**

In caso di ventilazione insufficiente, usare un apparecchio respiratorio adatto.

**Pericoli termici**

Indossare opportuni indumenti termoprotettivi, quando necessario.

**Misure d'igiene**

Mantenere lontano da alimenti e bevande. Osservare sempre le misure standard di igiene personale, come per esempio il lavaggio delle mani dopo aver maneggiato il materiale e prima di mangiare, bere e/o fumare. Lavare regolarmente gli indumenti da lavoro e l'equipaggiamento di protezione per rimuovere agenti contaminanti.

**Controlli dell'esposizione ambientale**

Il responsabile ambientale deve essere informato di tutte le emissioni importanti.

**SEZIONE 9: Proprietà fisiche e chimiche****9.1. Informazioni sulle proprietà fisiche e chimiche fondamentali****Aspetto****Stato fisico**

Liquido.

**Forma**

Liquido.

**Colore**

Incolore. - Giallo

**Odore**

Leggero  
Alcolico.

**Soglia olfattiva**

Non disponibile.

**pH**

8 - 9

**Punto di fusione/punto di congelamento.**

0 °C (32 °F)

**Punto di ebollizione iniziale e intervallo di ebollizione**

100 °C (212 °F)

**Punto di infiammabilità.**

Non applicabile.

**Tasso di evaporazione**

Non disponibile.

Prodotto :

**CLB F5/AC**

Codice : C00856

Versione : 2.2

Revisione : 26-aprile-2016

**Limiti superiore/inferiore di infiammabilità o di esplosività****Limite di infiammabilità - inferiore (%)** Non applicabile.**Limite di infiammabilità - superiore (%)** Non applicabile.**Tensione di vapore** Non disponibile.**Densità di vapore** Non disponibile.**Densità relativa** 1,04**Temperatura di rif. per la densità relativa** 20 °C (68 °F)**Solubilità** Solubile**Coefficiente di ripartizione (n-ottanolo/acqua)** Non disponibile.**Temperatura di autoaccensione** Non disponibile.**Temperatura di decomposizione** Non disponibile.**Viscosità** Non disponibile.**Proprietà esplosive** Non disponibile.**Proprietà ossidanti** Non disponibile.**9.2. Altre informazioni****pH in soluzione acquosa** 7 - 8 @5%**SEZIONE 10: Stabilità e reattività****10.2. Stabilità chimica** Il materiale è stabile in condizioni normali.**10.3. Possibilità di reazioni pericolose** Non si conosce nessuna reazione pericolosa se usato in condizioni normali.**10.4. Condizioni da evitare** Contatto con materiali non compatibili. Evitare il gelo.**10.5. Materiali incompatibili** Acidi forti. Forti agenti ossidanti.**10.6. Prodotti di decomposizione pericolosi** Ossidi di carbonio. Non si conoscono composti di decomposizione pericolosi. In normali condizioni di impiego (vedere scheda tecnica) Possibile sviluppo di gas o vapori di combustione pericolosi in caso di incendio Composti solforosi.**SEZIONE 11: Informazioni tossicologiche****11.1. Informazioni sugli effetti tossicologici****Tossicità acuta** Non classificato.

| <b>Prodotto</b> | <b>Specie</b> | <b>Risultati del test</b> |
|-----------------|---------------|---------------------------|
|-----------------|---------------|---------------------------|

CLB F5/AC (CAS Miscela)

**Acuto***Orale*

LD50

Ratto

&gt; 2500 mg/kg

\* Le valutazioni del prodotto possono essere basate su ulteriori dati dei componenti non indicati.

**Corrosione/irritazione della pelle** Provoca irritazione cutanea.

Prodotto :

**CLB F5/AC**

Codice : C00856

Versione : 2.2

Revisione : 26-aprile-2016

|                                                                                       |                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Gravi danni agli occhi o irritazione degli occhi</b>                               | Provoca gravi lesioni oculari.    |
| <b>Sensibilizzazione respiratoria</b>                                                 | Non classificato.                 |
| <b>Sensibilizzazione cutanea</b>                                                      | Non classificato.                 |
| <b>Mutagenicità delle cellule germinali</b>                                           | Non classificato.                 |
| <b>Carcinogenicità</b>                                                                | Non classificato.                 |
| <b>Tossicità per la riproduzione</b>                                                  | Non classificato.                 |
| <b>Tossicità specifica per gli organi target a seguito di un'esposizione singola</b>  | Non classificato.                 |
| <b>Tossicità specifica per gli organi target a seguito di un'esposizione ripetuta</b> | Non classificato.                 |
| <b>Pericolo da aspirazione</b>                                                        | Non classificato.                 |
| <b>Informazioni su miscela contro sostanza</b>                                        | Nessuna informazione disponibile. |
| <b>Altre informazioni</b>                                                             | Non disponibile.                  |

**SEZIONE 12: Informazioni ecologiche****12.1. Tossicità** Non classificato come pericolo per l'ambiente.

| <b>Prodotto</b>         |      | <b>Specie</b> | <b>Risultati del test</b>               |
|-------------------------|------|---------------|-----------------------------------------|
| CLB F5/AC (CAS Miscela) |      |               |                                         |
| Alga                    | IC50 | Alga          | 142 mg/l, 72 Ore, Velocità di crescita  |
|                         | NOEC | Alga          | 15,6 mg/l, 72 Ore, Velocità di crescita |
| Crostacei               | EC50 | Daphnia       | 48,8 mg/l, 48 Ore                       |
|                         | NOEC | Daphnia       | 25 mg/l, 48 Ore                         |
| Pesci                   | LC50 | Pesci         | 10 - 48,8 mg/l, 96 Ore                  |
|                         | NOEC | Pesci         | 10 mg/l, 96 Ore                         |

\* Le valutazioni del prodotto possono essere basate su ulteriori dati dei componenti non indicati.

**12.2. Persistenza e degradabilità** Facilmente biodegradabile.**12.3. Potenziale di bioaccumulo** Nessun dato disponibile.**Fattore di bioconcentrazione (BCF)** Non disponibile.**12.4. Mobilità nel suolo** Nessun dato disponibile.**Mobilità in generale** Questo prodotto è miscibile in acqua.**12.5. Risultati della valutazione PBT e vPvB** Non conosciuto.**12.6. Altri effetti avversi** Nessun effetto nocivo per l'ambiente (ad esempio, riduzione dello strato di ozono, potenziale creazione fotochimica di ozono, distruzione endocrina, potenziale riscaldamento globale) è previsto per questo componente.**SEZIONE 13: Considerazioni sullo smaltimento****13.1. Metodi di trattamento dei rifiuti**

Prodotto :

**CLB F5/AC**

Codice : C00856

Versione : 2.2

Revisione : 26-aprile-2016

**Rifiuti residui**

Eliminare nel rispetto della normativa vigente in materia. I contenitori o i rivestimenti di contenitori vuoti potrebbero contenere residui di prodotto. Non disfarsi del prodotto e del recipiente se non con le dovute precauzioni (consultare le: Istruzioni per lo smaltimento).

**Confezioni contaminate**

I contenitori vuoti dovrebbero essere trasportati in un sito autorizzato per il riciclaggio o l'eliminazione. Poiché i contenitori vuoti possono conservare residui di prodotto, seguire le avvertenze riportate sull'etichetta anche dopo avere svuotato il contenitore.

**Codice Europeo dei Rifiuti**

16 03 06 Prodotti non usati : Soluzione acquosa @ 5 % : 16 03 05\*

I codici dei rifiuti devono essere assegnati dall'utilizzatore in base all'applicazione che è stata fatta di questo prodotto.

**Metodi di smaltimento/informazioni**

Raccogliere, contenere o smaltire in contenitori sigillati in discariche autorizzate. Non scaricare nelle fognature, nei corsi d'acqua o nel terreno. Eliminazione del contenuto/contenitore in ottemperanza alle norme locali/regionali/nazionali/internazionali.

**Precauzioni speciali**

Smaltire secondo le norme applicabili.

**SEZIONE 14: Informazioni sul trasporto****ADR**

Non regolamentata come merce pericolosa.

**IATA**

Non regolamentata come merce pericolosa.

**IMDG**

Non regolamentata come merce pericolosa.

**14.7. Trasporto di rinfuse** Non applicabile.  
**secondo l'allegato II di**  
**MARPOL 73/78 ed il codice**  
**IBC**

**SEZIONE 15: Informazioni sulla regolamentazione****15.1. Norme e legislazione su salute, sicurezza e ambiente specifiche per la sostanza o la miscela****Regolamenti dell'UE****Regolamento (CE) N. 1005/2009 sulle sostanze che riducono lo strato di ozono, Allegato I**

Non listato.

**Regolamento (CE) N. 1005/2009 sulle sostanze che riducono lo strato di ozono, Allegato II**

Non listato.

**Regolamento (CE) N. 850/2004 relativo agli inquinanti organici persistenti, Allegato I e successivi adeguamenti**

Non listato.

**Regolamento (CE) N. 689/2008 sull'esportazione ed importazione di sostanze chimiche pericolose, Allegato I, parte 1 e successivi adeguamenti**

Non listato.

**Regolamento (CE) N. 689/2008 sull'esportazione ed importazione di sostanze chimiche pericolose, Allegato I, parte 2 e successivi adeguamenti**

Non listato.

**Regolamento (CE) N. 689/2008 sull'esportazione ed importazione di sostanze chimiche pericolose, Allegato I, parte 3 e successivi adeguamenti**

Non listato.

**Regolamento (CE) N. 689/2008 sull'esportazione ed importazione di sostanze chimiche pericolose, Allegato V e successivi adeguamenti**

Non listato.

**Regolamento (CE) N. 166/2006, Allegato II, relativo all'istituzione di un registro europeo delle emissioni e dei trasferimenti di sostanze inquinanti**

Non listato.

Prodotto :

**CLB F5/AC**

Codice : C00856

Versione : 2.2

Revisione : 26-aprile-2016

**Regolamento (CE) N. 1907/2006, REACH, Articolo 59(1), Elenco di sostanze candidate così come attualmente pubblicato dall'Agenzia europea per le sostanze chimiche (ECHA)**

Non listato.

**Autorizzazioni****Regolamento (CE) n. 1907/2006, REACH Allegato XIV - Sostanze soggette ad autorizzazione, modificata**

Non listato.

**Restrizioni all'uso****Regolamento (CE) N. 1907/2006, REACH Allegato XVII, Sostanze soggette a restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso e successivi adeguamenti**

Non listato.

**Direttiva 2004/37/CE: sulla protezione dei lavoratori contro i rischi correlati all'esposizione ad agenti cancerogeni o mutageni durante il lavoro**

Non listato.

**Direttiva 92/85/CEE: concernente l'attuazione di misure volte a promuovere il miglioramento della sicurezza e della salute sul lavoro delle lavoratrici gestanti, puerpere o in periodo di allattamento**

Non listato.

**Altre norme UE****Direttiva 96/82/CE (Seveso II) sul controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose**

Non listato.

**Direttiva 98/24/CE sulla protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori contro i rischi derivanti da agenti chimici durante il lavoro**

2-metil-2,4-pentandiolo (CAS 107-41-5)

**Direttiva 94/33/CE relativa alla protezione dei giovani sul lavoro**

Non listato.

**Altri regolamenti**

Il prodotto è etichettato e classificato secondo le direttive CEE o le normative nazionali. Questa Scheda di Sicurezza del Materiale è conforme ai requisiti della Norma (CE) n° 1907/2006.

**Regolamenti nazionali**

Per i lavori con sostanze chimiche attenersi alle normative nazionali.

**15.2. Valutazione della sicurezza chimica**

Non è stata effettuata alcuna valutazione della sicurezza chimica.

**SEZIONE 16: Altre informazioni****Elenco delle abbreviazioni**

Non disponibile.

**Referenza**

Non disponibile.

**Informazioni sul metodo di valutazione che consente di classificare le miscele**

La classificazione per i pericoli per la salute e per l'ambiente è ottenuta mediante una combinazione di metodi di calcolo e dati sperimentali delle prove, se disponibili.

**Testo completo di eventuali indicazioni o Frasi R e indicazioni di pericolo in base alle Sezioni 2 - 15**

R22 Nocivo se ingerito.  
R36 Irritante per gli occhi.  
R36/38 Irritante per gli occhi e la pelle.  
R38 Irritante per la pelle.  
R41 Rischio di gravi lesioni oculari.  
R50 Altamente tossico per gli organismi acquatici.  
H302 Nocivo se ingerito.  
H315 Provoca irritazione cutanea.  
H318 Provoca gravi lesioni oculari.  
H319 Provoca grave irritazione oculare.





# SCHEDA DI DATI DI SICUREZZA

Prodotto :

**CLB F5/AC**

Codice : C00856

Versione : 2.2

Revisione : 26-aprile-2016

## Informazioni di revisione

## Informazioni formative

H400 Molto tossico per gli organismi acquatici.

H412 Nocivo per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata.

Nessuno.

Seguire le istruzioni di formazione durante la manipolazione di questo materiale.

*Il presente documento è complementare alle schede tecniche, ma non intende sostituirle. Le informazioni contenute nel presente documento si basano sulle nostre conoscenze sul prodotto in questione alla data indicata. Esse vengono offerte in buona fede. Inoltre le prescrizioni regolamentari citate non devono essere considerate esaustive. Non esentano in alcun modo l'utilizzatore dalla conoscenza e dall'applicazione di tutti i regolamenti relativi al possesso e all'uso del prodotto. L'utilizzatore ha la responsabilità esclusiva dell'adozione di opportune misure precauzionali relative allo stoccaggio e all'uso del prodotto. Le informazioni riportate sulla scheda sono state scritte al meglio delle conoscenze ed esperienze attualmente disponibili.*

SDS ITALY 11 / 11

## AGENTE SCHIUMOGENO PER ARGILLE ECOCOMPATIBILE ANTI ADESIONE (\*)

### PRESENTAZIONE

**CLB F5/AC** è stato sviluppato sfruttando le ultime innovazioni chimiche. **CLB F5/AC** viene utilizzato principalmente sulle TBM EPB.

**CLB F5/AC** viene utilizzato per generare una schiuma iniettata sul fronte della TBM. La schiuma ottenuta con il **CLB F5/AC** permette di migliorare le condizioni di scavo:

- ◆ Migliore controllo della pressione,
- ◆ Riduzione della coppia e dell'usura,
- ◆ Facilita lo scavo.

### I VANTAGGI DEL PRODOTTO

**Schiuma di alta consistenza**

**Bolle di piccolo diametro ad alta resistenza**

**Elevata capacità di espansione**

**Basso consumo**

**Biodegradabile e a basso impatto ambientale (\*)**

### UTILIZZO E VANTAGGI

**CLB F5/AC** viene utilizzato principalmente per i terreni impermeabili o per i terreni con alto contenuto di fini quali marne, limi e argille. Il **CLB F5/AC**, con i suoi particolari additivi, previene "l'impaccamento" degli utensili. Il trattamento ottimale viene raggiunto regolando la concentrazione, la percentuale di espansione (FER) e la percentuale di trattamento (FIR). La concentrazione di **CLB F5/AC** nella soluzione acquosa varia dall'1 al 4% secondo la geologia e la pressione di scavo.

La schiuma ottenuta con il **CLB F5/AC** migliora l'omogeneità del terreno e la plasticità. **CLB F5/AC** permette:

- ◆ Uno scavo più facile,
- ◆ Una diminuzione controllata della pressione nella coclea,
- ◆ Minore adesione del materiale al tappeto del nastro e ai cassoni dei vagonetti,
- ◆ Un trattamento ottimale senza impiego di polimeri.

### CARATTERISTICHE

| Caratteristiche                        | Unità | CLB F5/AC                    |
|----------------------------------------|-------|------------------------------|
| Colore                                 |       | Da incolore a giallo pallido |
| Aspetto                                |       | Limpido                      |
| Densità a 20°C                         |       | 1,04                         |
| Viscosità dinamica Brookfield a 20°C   | cPs   | 18,8                         |
| Emivita al 2% e a 20°C secondo MCC 420 | min   | >16                          |
| pH al 5%                               |       | da 7 a 8                     |
| Punto di scorrimento                   | °C    | 0                            |
| Biodegradabilità (OCDE 301)            |       | Facilmente biodegradabile    |

*I dati sopra riportati corrispondono a una produzione media; possono quindi variare*



#### BENEFICI DELLA SCHIUMA AL TERRENO TRATTATO

- \* Azione anti adesione e anti "impaccamento"
- \* Compatibile con i prodotti CONDAT per la protezione del cuscinetto principale

(\*) In condizioni normali di utilizzo descritte nel risk assessment

### IGIENE E SICUREZZA

Vedere la scheda di sicurezza

Fp\_IT\_CLB F5AC\_AP\_0715\_1

CONDAT - 104 Av. Frédéric Mistral - B.P. 16 - 38670 Chasse/Rhône - FRANCE

Tel. +33 (0)4 78 07 38 38 • Fax +33 (0)4 78 07 38 00 • [www.condat.fr](http://www.condat.fr)

Société certifiée ISO 9001 - Fiches de sécurité disponibles sur [www.condat.fr](http://www.condat.fr) / Company certified ISO 9001 - Safety data sheets available on [www.condat.fr](http://www.condat.fr)

Ces informations ne peuvent être considérées comme engageant notre responsabilité en cas d'application défectueuse. Des essais préalables à chaque utilisation doivent être effectués. Condat se réserve le droit, sans préavis, de faire évoluer la formulation de ses produits / This information shall not involve our liability in case of inappropriate application. Tests must be completed prior to utilisation. Condat reserves the right to modify the formulation of its products, without prior notification.



**Safety Data Sheet dated 12/9/2019, version 1 - Provisional**

**Printing date: 18/9/2019**



**SECTION 1: Identification of the substance/mixture and of the company/undertaking**

1.1. Product identifier

Trade name: FOAMEX SNG-AC  
MSDS code: YY2396  
Chemical description: Product based on anionic surfactants in aqueous solution

1.2. Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against

Recommended use:

Industrial uses.

1.3. Details of the supplier of the safety data sheet

Supplier:

Lamberti S.p.A. - Via Piave, 18 - 21041 Albizzate (VA) - Italia  
Phone: +39 0331 715111 Fax: +39 0331 775577

Competent person responsible for the safety data sheet:

msds@lamberti.com

1.4. Emergency telephone number

Lamberti S.p.A. - Phone: +39 0331 715 111

**SECTION 2: Hazards identification**

2.1. Classification of the substance or mixture

EC regulation criteria 1272/2008 (CLP)

Danger, Eye Dam. 1, Causes serious eye damage.

Adverse physicochemical, human health and environmental effects:

No other hazards

2.2. Label elements

Hazard pictograms:



Danger

Hazard statements:

H318 Causes serious eye damage.

Precautionary statements:

P280 Wear protective gloves/clothing and eye/face protection.

P305+P351+P338 IF IN EYES: Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing.

P310 Immediately call a doctor.

Special Provisions:

None

Contents

Sodium alkylether sulphate.

Special provisions according to Annex XVII of REACH and subsequent amendments:

None

2.3. Other hazards

vPvB Substances: None - PBT Substances: None

Other Hazards:

No other hazards





### SECTION 3: Composition/information on ingredients

3.1. Substances

N.A.

3.2. Mixtures

Hazardous components within the meaning of the CLP regulation and related classification:

>= 7% - < 10% Sodium alkylether sulphate.

REACH No.: Not Applicable, Index Number: Not Available, CAS: (Ref.) 9004-82-4, EC: Not Applicable

3.2/2 Skin Irrit. 2 H315

3.3/1 Eye Dam. 1 H318

### SECTION 4: First aid measures

4.1. Description of first aid measures

In case of skin contact:

Areas of the body that have - or are only even suspected of having - come into contact with the product must be rinsed immediately with plenty of running water and possibly with soap.

Seek immediately medical advice.

Remove contaminated clothing immediately and dispose of safely.

In case of eyes contact:

After contact with the eyes, rinse with water with the eyelids open for a sufficient length of time, then consult an ophthalmologist immediately.

Protect uninjured eye.

In case of Ingestion:

Do not under any circumstances induce vomiting. Seek immediately medical advice.

In case of Inhalation:

Remove casualty to fresh air and keep warm and at rest.

4.2. Most important symptoms and effects, both acute and delayed

Not known.

4.3. Indication of any immediate medical attention and special treatment needed

In case of accident or unwellness, seek medical advice immediately (show directions for use or safety data sheet if possible).

Treatment:

Not known.

### SECTION 5: Firefighting measures

5.1. Extinguishing media

Suitable extinguishing media:

Water.

Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>).

Extinguishing media which must not be used for safety reasons:

Not known.

5.2. Special hazards arising from the substance or mixture

Do not inhale explosion and combustion gases.

5.3. Advice for firefighters

Use suitable breathing apparatus .

Collect contaminated fire extinguishing water separately. This must not be discharged into drains.

Move undamaged containers from immediate hazard area if it can be done safely.

### SECTION 6: Accidental release measures

6.1. Personal precautions, protective equipment and emergency procedures

Wear personal protection equipment.

Remove persons to safety.





See protective measures under point 7 and 8.

6.2. Environmental precautions

Do not allow to enter into soil/subsoil. Do not allow to enter into surface water or drains.  
Retain contaminated washing water and dispose it.  
In case of gas escape or of entry into waterways, soil or drains, inform the responsible authorities.

6.3. Methods and material for containment and cleaning up

Suitable material for taking up: absorbing material, organic, sand  
Wash with plenty of water.

6.4. Reference to other sections

See also section 8 and 13

---

## SECTION 7: Handling and storage

7.1. Precautions for safe handling

Avoid contact with skin and eyes, inhalation of vapours and mists.  
Do not use empty container before they have been cleaned.  
Before making transfer operations, assure that there are not any incompatible material residuals in the containers.  
Contaminated clothing should be changed before entering eating areas.  
Do not eat or drink while working.  
See also section 8 for recommended protective equipment.

7.2. Conditions for safe storage, including any incompatibilities

In order to maintain the performance of the product, store at room temperature and protect from frost.

Keep away from food, drink and feed.

Incompatible materials:

None.

Instructions as regards storage premises:

Adequate ventilation in working area.

Packaging suggested:

Plastic drums.

7.3. Specific end use(s)

None in particular

---

## SECTION 8: Exposure controls/personal protection

8.1. Control parameters

No occupational exposure limit available

DNEL

N.D.

PNEC

N.D.

8.2. Exposure controls

Eye protection:

Use close fitting safety goggles. (ref. EN 166, EN 140, EN175).

Protection for skin:

Use clothing that provides comprehensive protection to the skin, e.g. cotton, rubber, PVC or viton. (ref. EN 340).

Protection for hands:

Chemical-resistant protective gloves (EN 374). When prolonged or frequently repeated contact may occur, a glove is recommended to prevent contact. Examples of preferred glove barrier materials include: Neoprene. Nitrile/butadiene rubber ("nitrile" or "NBR"). Polyvinyl chloride ("PVC" or "vinyl"). As general indication we suggest as suitable materials for short-term contact or splashes (recommended: at least protection index 2, corresponding to > 30 minutes permeation time as per EN 374): nitrile rubber (NBR;  $\geq 0.4$  mm thickness) and suitable materials for longer, direct contact (recommended: protection index 6, corresponding to > 480





minutes permeation time as per EN 374): nitrile rubber (NBR;  $\geq 0.4$  mm thickness). This information is based on literature references and on information provided by glove manufacturers, or is derived by analogy with similar substances-mixtures.

**Respiratory protection:**

Use adequate protective respiratory equipment. (ref. EN 136, EN 140, EN 141, EN 143, EN 149, EN 405).

**Thermal Hazards:**

None

**Environmental exposure controls:**

None

**Appropriate engineering controls:**

None

---

## SECTION 9: Physical and chemical properties

### 9.1. Information on basic physical and chemical properties

Appearance and colour: Yellowish liquid

Odour: Slight

Odour threshold: N.D.

pH: 6 - 9 @ 25 °C

Melting point / freezing point: N.D.

Initial boiling point and boiling range: N.D.

Solid/gas flammability: N.D.

Upper/lower flammability or explosive limits: N.D.

Vapour density: N.D.

Flash point:  $> 100$  °C

Evaporation rate: N.D.

Vapour pressure: N.D.

Relative density: Approx. 1.02 g/ml

Solubility in water: Soluble

Solubility in oil: N.D.

Partition coefficient (n-octanol/water): N.D.

Auto-ignition temperature: N.D.

Decomposition temperature: N.D.

Viscosity: N.D.

Explosive properties: N.D.

Oxidizing properties: N.D.

### 9.2. Other information

Miscibility: N.D.

Fat Solubility: N.D.

Conductivity: N.D.

Substance Groups relevant properties N.D.

---

## SECTION 10: Stability and reactivity

### 10.1. Reactivity

Stable under normal conditions

### 10.2. Chemical stability

Stable under normal conditions

### 10.3. Possibility of hazardous reactions

Stable under normal conditions

### 10.4. Conditions to avoid

Stable under normal conditions.

### 10.5. Incompatible materials

Not known.

### 10.6. Hazardous decomposition products

Not known.





## SECTION 11: Toxicological information

### 11.1. Information on toxicological effects

Toxicological information of the mixture:

a) acute toxicity:

LD50 Oral Rat > 2000 mg/kg - source: Based on components.

b) skin corrosion/irritation:

Irritation Skin : repeated and prolonged contacts may cause slight irritation.

c) serious eye damage/irritation:

Irritation Eye : Causes serious eye damage.

Toxicological information of the main substances found in the mixture:

Other : N.D.

If not differently specified, the information required in Regulation (EU)2015/830 listed below must be considered as N.D.:

a) acute toxicity;

b) skin corrosion/irritation;

c) serious eye damage/irritation;

d) respiratory or skin sensitisation;

e) germ cell mutagenicity;

f) carcinogenicity;

g) reproductive toxicity;

h) STOT-single exposure;

i) STOT-repeated exposure;

j) aspiration hazard.

## SECTION 12: Ecological information

### 12.1. Toxicity

Ecological information of the mixture:

a) Aquatic acute toxicity:

EC50/LC50 > 100 mg/l - aquatic species (according to the criteria of the CLP Regulation).

### 12.2. Persistence and degradability

Ecological information of the mixture:

Biodegradability: Readily biodegradable. - Notes: Based on components.

Ecological information of the main substances found in the mixture:

Sodium alkylether sulphate.

Biodegradability: Readily biodegradable. - Test: OECD 301B - Duration: 28 d - %: > 60 -

Notes: Literature data.

### 12.3. Bioaccumulative potential

Ecological information of the mixture:

Bioaccumulation: Data not available

### 12.4. Mobility in soil

Ecological information of the mixture:

Mobility in soil: Data not available

### 12.5. Results of PBT and vPvB assessment

vPvB Substances: None - PBT Substances: None

### 12.6. Other adverse effects

None

Use according to criteria of good industrial practice, avoiding product dispersion in the environment.

## SECTION 13: Disposal considerations

### 13.1. Waste treatment methods

If possible recover the product, otherwise dispose of in authorized landfill or incineration in accordance with local regulation.





#### SECTION 14: Transport information

- 14.1. UN number  
N.A.
- 14.2. UN proper shipping name  
Proper Shipping Name: N.A.
- 14.3. Transport hazard class(es)  
Road (ADR): N.A.  
Air (ICAO/IATA): N.A.  
Sea (IMO/IMDG): N.A.
- 14.4. Packing group  
N.A.
- 14.5. Environmental hazards  
N.A.
- 14.6. Special precautions for user  
N.A.
- 14.7. Transport in bulk according to Annex II of MARPOL73/78 and the IBC Code  
N.D.

#### SECTION 15: Regulatory information

15.1. Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture  
Dir. 2000/39/EC (Occupational exposure limit values); Dir. 2006/8/CE. Regulation (CE) n. 1907/2006 (REACH).

For non-EU Countries, the Material Safety Data Sheet it is prepared following the main principles of Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS) which are adopted worldwide.

15.2. Chemical safety assessment  
No

#### SECTION 16: Other information

N.A. = Not Applicable

N.D. = No Data available

Full text of phrases referred to in Section 3:

H315 Causes skin irritation.

H318 Causes serious eye damage.

This safety data sheet has been completely updated in compliance to Regulation 2015/830.

This document was prepared by a competent person who has received appropriate training.

Main bibliographic sources:

TOXNET - Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases;

NIOSH - Registry of toxic effects of chemical substances (1983) - Occupational Health

Guidelines for Chemical Hazards (1995) - Pocket Guide to Chemical Hazards (on line)

OECD - eChemPortal: The Global Portal to Information on Chemical Substances;

CESIO - Human Health and Environmental classification of AE, AES, AS and various surfactant families.

M.Sittig-Handbook of toxic and Hazardous Chemicals and Carcinogens- III Ed.

E.R. Plunkett - Handbook of Industrial Toxicology - III Ed. 1991.

Samson Chem. Pub.-Chemical Safety Sheet working safely with hazardous chemical.

SAX'S Dangerous Properties of Industrial Materials. VIII (1993)

ACGIH - "TLVs and BEIs" - latest edition

The product must be stored, handled and used according to criteria of good industrial practice and to regulations in force.

This leaflet complements the Technical Data Sheet but does not replace it. The information herein contained is given to the best of our knowledge at the time of issue.





Due to the several ways in which the product may be used and the possible interaction with variables not depending on or unknown to the supplier, we also cannot accept any liability whatsoever for any loss or damage however arising from the handling and use of our products.

|             |                                                                                      |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| ADR:        | European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road. |
| CAS:        | Chemical Abstracts Service (division of the American Chemical Society).              |
| CLP:        | Classification, Labeling, Packaging.                                                 |
| DNEL:       | Derived No Effect Level.                                                             |
| EINECS:     | European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances.                       |
| GefStoffVO: | Ordinance on Hazardous Substances, Germany.                                          |
| GHS:        | Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals.              |
| IATA:       | International Air Transport Association.                                             |
| IATA-DGR:   | Dangerous Goods Regulation by the "International Air Transport Association" (IATA).  |
| ICAO:       | International Civil Aviation Organization.                                           |
| ICAO-TI:    | Technical Instructions by the "International Civil Aviation Organization" (ICAO).    |
| IMDG:       | International Maritime Code for Dangerous Goods.                                     |
| INCI:       | International Nomenclature of Cosmetic Ingredients.                                  |
| KSt:        | Explosion coefficient.                                                               |
| LC50:       | Lethal concentration, for 50 percent of test population.                             |
| LD50:       | Lethal dose, for 50 percent of test population.                                      |
| LTE:        | Long-term exposure.                                                                  |
| PNEC:       | Predicted No Effect Concentration.                                                   |
| REACH:      | Registration Evaluation and Authorization of Chemicals.                              |
| RID:        | Regulation Concerning the International Transport of Dangerous Goods by Rail.        |
| STE:        | Short-term exposure.                                                                 |
| STEL:       | Short Term Exposure limit.                                                           |
| STOT:       | Specific Target Organ Toxicity.                                                      |
| SVHC:       | Candidate List of Substances of Very High Concerns.                                  |
| TLV:        | Threshold Limiting Value.                                                            |
| TWATLV:     | Threshold Limit Value for the Time Weighted Average 8 hour day. (ACGIH Standard).    |
| WGK:        | German Water Hazard Class.                                                           |



**TBM soil conditioning**
**foaming agent with natural polymer**

# FOAMEX SNG-AC

FOAMEX SNG-AC is a glycol free liquid foaming agent based on biodegradable anionic surfactant and natural polymer. The foam generated has a high mechanical resistance. FOAMEX SNG-AC is readily water soluble, biodegradable and with minimal environmental impact.

|                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |             |                  |                 |           |                   |                  |             |                             |               |               |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|-----------------|-----------|-------------------|------------------|-------------|-----------------------------|---------------|---------------|
| <b>Application</b>         | <p>FOAMEX SNG-AC can be used for the preparation of foam for shield tunnelling, giving a very stable foam which is easily injected in every type of soil (acid or basic) with a high permeability (alluvial ground) to a very low permeability (clayed ground).</p> <p>The use of FOAMEX SNG-AC allows tunnelling even in fractured and extremely permeable areas where otherwise there would be a total loss of front shield pressure.</p> <p>Additionally FOAMEX SNG-AC prevents clays from plugging, thus keeping the whole shield face clean. During mucking operations, the presence of FOAMEX SNG-AC is useful in order to reduce the friction of muck particles on the metallic parts of the shield.</p> <p>Moreover the lubrication capacity of the bubbles created with FOAMEX SNG-AC minimise the friction between soil particles, reducing the cutter head torque and material density.</p> <p>FOAMEX SNG-AC is an “easy to handled” product being immediately soluble in water (fresh or hard water) and it doesn’t request any mixing device.</p> <p>In hard rock TBM the usage of FOAMEX SNG-AC prevent dust formation and reduce consumption of cutters.</p> |             |                  |                 |           |                   |                  |             |                             |               |               |
| <b>Treatment</b>           | <p>FOAMEX SNG-AC has to be used with dosages from 1.0% to 2.0%; its FER (Foam Expansion Ratio) is ranging from 10:1 to 20:1 (it is dependant from soil moisture content and foam generator properties).</p> <p>Lamberti Spa laboratories will run test on ground sample before the start-up to establish the quantity of foam to be injected into the ground (Foam Injection Ratio), and the ratio between air and foaming solution to be used related to the moisture content of ground (Foam Expansion Ratio). These tests are necessary in order to properly condition the ground achieving the plastic status.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |             |                  |                 |           |                   |                  |             |                             |               |               |
| <b>Typical Properties</b>  | <table border="0"> <tr> <td>Appearance:</td> <td>yellowish liquid</td> </tr> <tr> <td>pH 1% solution:</td> <td>6.0 – 9.0</td> </tr> <tr> <td>Relative density:</td> <td>1.02 kg/l @ 20°C</td> </tr> <tr> <td>Solubility:</td> <td>completely soluble in water</td> </tr> <tr> <td>Flammability:</td> <td>not flammable</td> </tr> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Appearance: | yellowish liquid | pH 1% solution: | 6.0 – 9.0 | Relative density: | 1.02 kg/l @ 20°C | Solubility: | completely soluble in water | Flammability: | not flammable |
| Appearance:                | yellowish liquid                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |             |                  |                 |           |                   |                  |             |                             |               |               |
| pH 1% solution:            | 6.0 – 9.0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |             |                  |                 |           |                   |                  |             |                             |               |               |
| Relative density:          | 1.02 kg/l @ 20°C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |             |                  |                 |           |                   |                  |             |                             |               |               |
| Solubility:                | completely soluble in water                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |             |                  |                 |           |                   |                  |             |                             |               |               |
| Flammability:              | not flammable                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |             |                  |                 |           |                   |                  |             |                             |               |               |
| <b>Packaging</b>           | <p>50, 200 kg plastic drums or in 1000 kg plastic tanks</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |             |                  |                 |           |                   |                  |             |                             |               |               |
| <b>Shelf life, storage</b> | <p>6 months from the date of dispatch if properly stored in the original sealed containers, protected from precipitations, direct sunlight and in a temperature range between 5 and 40 °C.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |             |                  |                 |           |                   |                  |             |                             |               |               |

The information given represents the Seller’s best knowledge, however the conditions of use of this product are beyond the Seller’s control and affected by numerous factors. The Seller will not give any warranty, expressed or implied, on any specific use of the product. The Purchaser shall evaluate if the product is suitable for the use and assume any and all responsibility and risks of its use. The Seller will not be liable for any damages howsoever caused by this product and/or its use.

## Scheda di sicurezza

### POLYFOAMER ECO 100 PLUS

Scheda di sicurezza del: 06/02/2020 - revisione 2



## SEZIONE 1: identificazione della sostanza/miscela e della società/impresa

### 1.1. Identificatore del prodotto

Identificazione della miscela:

Nome commerciale: POLYFOAMER ECO 100 PLUS

Codice commerciale: 9020853

### 1.2. Usi identificati pertinenti della sostanza o della miscela e usi sconsigliati

Uso raccomandato: Agente schiumogeno

Usi sconsigliati: Dati non disponibili .

### 1.3. Informazioni sul fornitore della scheda di dati di sicurezza

Fornitore: MAPEI S.p.A. - Via Cafiero, 22 - 20158 Milano

Tel: +39-02-376731

Fax: +39-02-37673.214

Persona competente responsabile della scheda di sicurezza: sicurezza@mapei.it

### 1.4. Numero telefonico di emergenza

Centro Antiveleni - Ospedale di Niguarda - Milano - Tel. (+39) 0266101029

MAPEI S.p.A. - Tel: +39-02-376731 orario d'ufficio 8:30-17:30 CET

## SEZIONE 2: identificazione dei pericoli

### 2.1. Classificazione della sostanza o della miscela

#### Regolamento (CE) n. 1272/2008 (CLP)

0 Il prodotto non è considerato pericoloso in accordo con il Regolamento CE 1272/2008 (CLP).

Effetti fisico-chimici dannosi alla salute umana e all'ambiente:

Nessun altro pericolo

### 2.2. Elementi dell'etichetta

Il prodotto non è considerato pericoloso in accordo con il Regolamento CE 1272/2008 (CLP).

#### Disposizioni speciali:

EUH210 Scheda dati di sicurezza disponibile su richiesta.

#### Disposizioni speciali in base all'Allegato XVII del REACH e successivi adeguamenti:

Nessuna

### 2.3. Altri pericoli

Nessun Ingrediente PBT/vPvB è presente

Altri pericoli: Nessun altro pericolo

## SEZIONE 3: composizione/informazioni sugli ingredienti

### 3.1. Sostanze

N.A.

### 3.2. Miscele

Identificazione della miscela: POLYFOAMER ECO 100 PLUS

#### Componenti pericolosi ai sensi del Regolamento CLP e relativa classificazione:

| Quantità   | Nome                   | Numero di Identificazione | Classificazione    | Numero di registrazione |
|------------|------------------------|---------------------------|--------------------|-------------------------|
| ≥5 - <10 % | sodium laureth sulfate | CAS:9004-82-4             | Eye Irrit. 2, H319 |                         |

## SEZIONE 4: misure di primo soccorso

### 4.1. Descrizione delle misure di primo soccorso

In caso di contatto con la pelle:

Lavare abbondantemente con acqua e sapone.

In caso di contatto con gli occhi:

Lavare immediatamente con acqua.

In caso di ingestione:

Non indurre vomito, chiedere assistenza medica mostrando questa SDS e l'etichettatura di pericolo.

In caso di inalazione:

Portare l'infortunato all'aria aperta e tenerlo al caldo e a riposo.

#### **4.2. Principali sintomi ed effetti, sia acuti che ritardati**

N.A.

#### **4.3. Indicazione dell'eventuale necessità di consultare immediatamente un medico e di trattamenti speciali**

Trattamento: N.A.

(vedere punto 4.1)

---

### **SEZIONE 5: misure antincendio**

#### **5.1. Mezzi di estinzione**

Mezzi di estinzione idonei:

Acqua.

Biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>).

Mezzi di estinzione che non devono essere utilizzati per ragioni di sicurezza:

Nessuno in particolare.

#### **5.2. Pericoli speciali derivanti dalla sostanza o dalla miscela**

Non inalare i gas prodotti dall'esplosione e dalla combustione.

#### **5.3. Raccomandazioni per gli addetti all'estinzione degli incendi**

Impiegare apparecchiature respiratorie adeguate.

---

### **SEZIONE 6: misure in caso di rilascio accidentale**

#### **6.1. Precauzioni personali, dispositivi di protezione e procedure in caso di emergenza**

Indossare i dispositivi di protezione individuale.

Spostare le persone in luogo sicuro.

#### **6.2. Precauzioni ambientali**

Impedire la penetrazione nel suolo/sottosuolo. Impedire il deflusso nelle acque superficiali o nella rete fognaria.

Contenere lo spandimento con terra o sabbia.

#### **6.3. Metodi e materiali per il contenimento e per la bonifica**

Materiale idoneo alla raccolta: materiale assorbente, organico, sabbia

Trattenere l'acqua di lavaggio contaminata ed eliminarla.

#### **6.4. Riferimento ad altre sezioni**

Vedi anche paragrafo 8 e 13

---

### **SEZIONE 7: manipolazione e immagazzinamento**

#### **7.1. Precauzioni per la manipolazione sicura**

Evitare il contatto con la pelle e gli occhi, l'inalazione di vapori e nebbie.

Durante il lavoro non mangiare né bere.

Si rimanda anche al paragrafo 8 per i dispositivi di protezione raccomandati.

#### **7.2. Condizioni per lo stoccaggio sicuro, comprese eventuali incompatibilità**

Tenere lontano da cibi, bevande e mangimi.

Materie incompatibili:

Nessuna in particolare. Si veda anche il successivo paragrafo 10.

Indicazione per i locali:

Locali adeguatamente areati.

#### **7.3. Usi finali particolari**

Raccomandazioni

Nessun uso particolare

Soluzioni specifiche per il settore industriale

Nessun uso particolare

---

### **SEZIONE 8: controllo dell'esposizione/protezione individuale**

#### **8.1. Parametri di controllo**

Nessun Dato Disponibile

#### **8.2. Controlli dell'esposizione**

Protezione degli occhi:

Non richiesto per l'uso normale. Operare comunque secondo le buone pratiche di lavoro.

Protezione della pelle:

Non è richiesta l'adozione di alcuna precauzione speciale per l'uso normale.



Protezione delle mani:

Materiali adatti per guanti protettivi; EN 374:

Policloroprene - CR: spessore  $\geq 0,5\text{mm}$ ; tempo di rottura  $\geq 480\text{min}$ .

Gomma nitrile - NBR: spessore  $\geq 0,35\text{mm}$ ; tempo di rottura  $\geq 480\text{min}$ .

Gomma butile - IIR: spessore  $\geq 0,5\text{mm}$ ; tempo di rottura  $\geq 480\text{min}$ .

Gomma fluorurata - FKM: spessore  $\geq 0,4\text{mm}$ ; tempo di rottura  $\geq 480\text{min}$ .

Protezione respiratoria:

Tutti i dispositivi di protezione individuale devono essere conformi agli standard CE relativi (come EN 374 per i guanti e EN 166 per gli occhiali), mantenuti efficienti e conservati in modo appropriato.

La durata d'uso dei dispositivi di protezione contro gli agenti chimici dipende da diversi fattori (tipologia di impiego, fattori climatici e modalità di conservazione), che possono ridurre anche notevolmente il tempo di utilizzabilità previsto dagli standard CE.

Consultare sempre il fornitore dei dispositivi di protezione.

Istruire il lavoratore all'uso dei dispositivi in dotazione.

Misure Tecniche e di Igiene

N.A.

Controlli tecnici idonei:

N.A.

---

## SEZIONE 9: proprietà fisiche e chimiche

### 9.1. Informazioni sulle proprietà fisiche e chimiche fondamentali

Stato fisico: Liquido

Aspetto e colore: liquido giallo chiaro

Odore: caratteristico

Soglia di odore: N.A.

pH: 8.50

Punto di fusione/congelamento: N.A.

Punto di ebollizione iniziale e intervallo di ebollizione: 100 °C (212 °F)

Punto di infiammabilità: 100 °C (212 °F)

Velocità di evaporazione: N.A.

Limite superiore/inferiore d'infiammabilità o esplosione: N.A.

Densità dei vapori: N.A.

Pressione di vapore: N.A.

Densità relativa: 1.04 g/cm<sup>3</sup>

Idrosolubilità: N.A.

Coefficiente di ripartizione (n-ottanolo/acqua): N.A. - Il prodotto è una miscela

Temperatura di autoaccensione: N.A. - Nessun componente esplosivo o che si accende spontaneamente a contatto con l'aria a temperatura ambiente

Temperatura di decomposizione: N.A.

Viscosità: N.A.

Proprietà esplosive: N.A. - Nessun componente con proprietà esplosive

Proprietà ossidanti: N.A. - Nessun componente con proprietà comburenti

Infiammabilità solidi/gas: N.A.

### 9.2. Altre informazioni

Nessuna informazione aggiuntiva

---

## SEZIONE 10: stabilità e reattività

### 10.1. Reattività

Stabile in condizioni normali

### 10.2. Stabilità chimica

Stabile in condizioni normali

### 10.3. Possibilità di reazioni pericolose

Nessuno.

### 10.4. Condizioni da evitare

Stabile in condizioni normali.

### 10.5. Materiali incompatibili

Nessuna in particolare.

### 10.6. Prodotti di decomposizione pericolosi

Nessuno.

---

## SEZIONE 11: informazioni tossicologiche

### 11.1. Informazioni sugli effetti tossicologici



Non è possibile specificare un codice rifiuto secondo il catalogo europeo dei rifiuti (CER), a causa della dipendenza dall'uso. Contattare un servizio di smaltimento rifiuti autorizzato.

Prodotto:

Non gettare i rifiuti nelle fognature.

Non contaminare stagni, corsi d'acqua o fossati con contenitori chimici o usati.

Inviare a un servizio di smaltimento rifiuti autorizzato.

Imballaggio contaminato:

Svuotare il contenuto rimanente.

Smaltire come prodotto inutilizzato.

Non riutilizzare i contenitori vuoti.

---

## **SEZIONE 14: informazioni sul trasporto**

Merce non pericolosa ai sensi delle norme sul trasporto.

### **14.1. Numero ONU**

N.A.

### **14.2. Nome di spedizione dell'ONU**

N.A.

### **14.3. Classi di pericolo connesso al trasporto**

N.A.

### **14.4. Gruppo di imballaggio**

N.A.

### **14.5. Pericoli per l'ambiente**

N.A.

### **14.6. Precauzioni speciali per gli utilizzatori**

N.A.

Strada e Rotaia (ADR-RID) :

N.A.

Aria (IATA) :

N.A.

Mare (IMDG) :

N.A.

### **14.7. Trasporto di rinfuse secondo l'allegato II di MARPOL ed il codice IBC**

N.A.

---

## **SEZIONE 15: informazioni sulla regolamentazione**

### **15.1. Disposizioni legislative e regolamentari su salute, sicurezza e ambiente specifiche per la sostanza o la miscela**

VOC (2004/42/EC): N.A. g/l

D.Lgs. 9/4/2008 n. 81

D.M. Lavoro 26/02/2004 (Limiti di esposizione professionali)

Regolamento (CE) n. 1907/2006 (REACH)

Regolamento (UE)2015/830

Regolamento (CE) n. 1272/2008 (CLP)

Regolamento (CE) n. 790/2009 (ATP 1 CLP) e (UE) n. 758/2013

Regolamento (UE) n. 286/2011 (ATP 2 CLP)

Regolamento (UE) n. 618/2012 (ATP 3 CLP)

Regolamento (UE) n. 487/2013 (ATP 4 CLP)

Regolamento (UE) n. 944/2013 (ATP 5 CLP)

Regolamento (UE) n. 605/2014 (ATP 6 CLP)

Regolamento (UE) n. 2015/1221 (ATP 7 CLP)

Regolamento (UE) n. 2016/918 (ATP 8 CLP)

Regolamento (UE) n. 2016/1179 (ATP 9 CLP)

Regolamento (UE) n. 2017/776 (ATP 10 CLP)

Disposizioni relative alla direttiva EU 2012/18 (Seveso III):

N.A.

### **Classe di pericolo per le acque (Germania).**

1

### **Restrizioni relative al prodotto o alle sostanze contenute in base all'Allegato XVII del Regolamento (CE) 1907/2006 (REACH) e successivi adeguamenti:**

Restrizioni relative al prodotto: Nessuna

Restrizioni relative alle sostanze contenute: Nessuna

**Sostanze SVHC:**

Nessun Dato Disponibile

**15.2. Valutazione della sicurezza chimica**

Non è stata effettuata una valutazione della sicurezza chimica per la miscela

---

**SEZIONE 16: altre informazioni**

| Codice | Descrizione                        |
|--------|------------------------------------|
| H319   | Provoca grave irritazione oculare. |

| Codice | Classe e categoria di pericolo | Descrizione                      |
|--------|--------------------------------|----------------------------------|
| 3.3/2  | Eye Irrit. 2                   | Irritazione oculare, Categoria 2 |

Questo documento è stato redatto da un tecnico competente in materia di SDS e che ha ricevuto formazione adeguata.

Principali fonti bibliografiche:

ECDIN - Environmental Chemicals Data and Information Network - Joint Research Centre, Commission of the European Communities

SAX's DANGEROUS PROPERTIES OF INDUSTRIAL MATERIALS - Eight Edition - Van Nostrand Reinold

Le informazioni ivi contenute si basano sulle nostre conoscenze alla data sopra riportata. Sono riferite unicamente al prodotto indicato e non costituiscono garanzia di particolari qualità.

L'utilizzatore è tenuto ad assicurarsi della idoneità e completezza di tali informazioni in relazione all'utilizzo specifico che ne deve fare.

Questa scheda annulla e sostituisce ogni edizione precedente.

Legenda delle abbreviazioni ed acronimi usati nella scheda dati di sicurezza:

ACGIH: Conferenza Americana degli Igienisti Industriali Governativi

ADR: Accordo europeo relativo al trasporto internazionale stradale di merci pericolose.

AND: Accordo Europeo relativo al trasporto internazionale delle merci pericolose per vie navigabili interne

ATE: Tossicità Acuta Stimata

STAmix: Stima della tossicità acuta (Miscele)

BCF: Fattore di concentrazione Biologica

BEI: Indice biologico di esposizione

BOD: domanda biochimica di ossigeno

CAS: Chemical Abstracts Service (divisione della American Chemical Society).

CAV: Centro Antiveleni

CE: Comunità europea

CLP: Classificazione, Etichettatura, Imballaggio.

CMR: Cancerogeno, mutagenico, riproduttivo tossico

COD: domanda chimica di ossigeno

COV: Composto Organico Volatile

CSA: Valutazione della sicurezza chimica

CSR: Relazione sulla Sicurezza Chimica

DMEL: Livello derivato con effetti minimi

DNEL: Livello derivato senza effetto.

DPD: Direttiva Prodotti Pericolosi

DSD: Direttiva Sostanze Pericolose

EC50: Concentrazione effettiva mediana

ECHA: Agenzia Europea per le Sostanze Chimiche

EINECS: Inventario europeo delle sostanze chimiche europee esistenti in commercio.

ES: Scenario di Esposizione

GefStoffVO: Ordinanza sulle sostanze pericolose in Germania.

GHS: Sistema globale armonizzato di classificazione e di etichettatura dei prodotti chimici.

IARC: Centro Internazionale di Ricerca sul Cancro

IATA: Associazione per il trasporto aereo internazionale.

IATA-DGR: Regolamento sulle merci pericolose della "Associazione per il trasporto aereo internazionale" (IATA).

IC50: Concentrazione di inibizione mediana

ICAO: Organizzazione internazionale per l'aviazione civile.

ICAO-TI: Istruzioni tecniche della "Organizzazione internazionale per l'aviazione civile" (ICAO).

IMDG: Codice marittimo internazionale per le merci pericolose.

INCI: Nomenclatura internazionale degli ingredienti cosmetici.

IRCCS: Istituti di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico

KSt: Coefficiente d'esplosione.

LC50: Concentrazione letale per il 50 per cento della popolazione di test.

LD50: Dose letale per il 50 per cento della popolazione di test.

LDLo: Dose letale minima  
N.A.: Non Applicabile  
N/A: Non Applicabile  
N/D: Non determinato / non disponibile  
NA: Non disponibile  
NIOSH: Istituto Nazionale per la Sicurezza e l'Igiene del Lavoro  
NOAEL: Dose priva di effetti avversi osservati  
OSHA: Agenzia per la Sicurezza e la Salute sul Lavoro  
PBT: Persistente, bioaccumulabile e tossico  
PGK: INSTR Istruzioni di imballaggio  
PNEC: Concentrazione prevista senza effetto.  
PSG: Passeggeri  
RID: Regolamento riguardante il trasporto internazionale di merci pericolose per via ferroviaria.  
STEL: Limite d'esposizione a corto termine.  
STOT: Tossicità organo-specifica.  
TLV: Valore limite di soglia.  
TWATLV: Valore limite di soglia per la media pesata su 8 ore. (ACGIH Standard).  
vPvB: Molto persistente e molto bioaccumulabile  
WGK: Classe di pericolo per le acque (Germania).

**Paragrafi modificati rispetto alla precedente revisione:**

- 5. MISURE ANTINCENDIO
- 8. PROTEZIONE PERSONALE/CONTROLLO DELL'ESPOSIZIONE
- 9. PROPRIETÀ FISICHE E CHIMICHE
- 11. INFORMAZIONI TOSSICOLOGICHE
- 13. OSSERVAZIONI SULLO SMALTIMENTO
- 14. INFORMAZIONI SUL TRASPORTO
- 15. INFORMAZIONI SULLA NORMATIVA



# Polyfoamer Eco 100 Plus

**Agente schiumogeno con polimero naturale ad elevate prestazioni, privo di glicoli, rapidamente biodegradabile e non tossico, per il condizionamento del terreno durante lo scavo meccanizzato di gallerie**

## DESCRIZIONE

**Polyfoamer Eco 100 Plus** è un agente schiumogeno liquido ad alte prestazioni, a base di tensioattivi anionici biodegradabili, in combinazione con un polimero naturale.

**Polyfoamer Eco 100 Plus** è completamente formulato con materie prime biodegradabili e privo di glicoli.

**Polyfoamer Eco 100 Plus** è in grado di generare una schiuma stabile nel tempo, con ottime proprietà lubrificanti, ed è adatto per il condizionamento di ogni tipo di terreno scavato con TBM.

La schiuma generata con **Polyfoamer Eco 100 Plus** riduce l'attrito tra le particelle del terreno, minimizzando così l'usura degli utensili di scavo.

La presenza del polimero naturale combinato con l'agente schiumogeno aumenta il tempo di semi-vita della schiuma e ne migliora le proprietà lubrificanti, caratteristica utile in ogni tipo di terreno.

**Polyfoamer Eco 100 Plus** può essere usato in combinazione con la linea di polimeri per il condizionamento del terreno della gamma **Mapedril** e **Mapedisp**.

**Polyfoamer Eco 100 Plus** è stabile e non genera alcun tipo di fondo all'interno delle cisternette o dei serbatoi di stoccaggio. Questo parametro risulta molto importante in quanto l'eventuale residuo depositato sul fondo, una volta utilizzato in TBM, può bloccare i filtri ed ugelli di iniezione, generando quindi ritardi nelle operazioni di scavo.

## CAMPI DI APPLICAZIONE

**Polyfoamer Eco 100 Plus** è appositamente formulato per generare schiuma da utilizzare per il condizionamento del terreno in presenza di scavo

meccanizzato di gallerie con macchine TBM (EPB).

**Polyfoamer Eco 100 Plus** è adatto allo scavo in tutti i tipi di terreno.

**Polyfoamer Eco 100 Plus** unito all'impiego di **Mapei Solver Q33** costituisce un sistema completo in grado, nelle fasi immediatamente successive alle operazioni di scavo, di ridurre progressivamente fino a rendere minima e trascurabile la presenza di tensioattivi nel terreno.

## CONSUMI

Il dosaggio di **Polyfoamer Eco 100 Plus** dipende dalle caratteristiche geo-meccaniche del terreno e dall'acqua sotterranea presente (caratteristiche fisiche e quantità). La normale concentrazione dell'agente schiumogeno in acqua è compresa tra lo 0,5% e 4,0% (es. 2% = 2 parti di **Polyfoamer Eco 100 Plus** e 98 parti di acqua). Il nostro Laboratorio Tecnico è a completa disposizione del cliente per eseguire prove, prima della partenza della TBM, su campioni di terreno rappresentativi per valutare i parametri di condizionamento più adeguati per le operazioni di scavo della macchina, nonché i tempi di decadimento dei tensioattivi qualora impiegato con **Mapei Solver Q33**.

Infine, il nostro Servizio Tecnico **Underground Technology Team** è in grado di cooperare con il personale del cantiere direttamente sulla TBM al fine di ottimizzare i parametri di concentrazione della schiuma, di FER ("Foam Expansion Ratio") e di FIR ("Foam Injection Ratio").

## CONFEZIONI

**Polyfoamer Eco 100 Plus** è fornito in:  
- fusti di plastica da 25 kg;



| DATI TECNICI (valori tipici)                                                                                               |                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| DATI IDENTIFICATIVI DEL PRODOTTO                                                                                           |                   |
| Aspetto:                                                                                                                   | liquido omogeneo  |
| Massa volumica (ISO 758) (g/cm <sup>3</sup> ):                                                                             | 1,04 ± 0,03       |
| pH (ISO 4316):                                                                                                             | 8,5 ± 1,5         |
| Solubilità:                                                                                                                | completa in acqua |
| Indice di WGK secondo la normativa tedesca (classe di pericolosità nei confronti delle acque e degli organismi acquatici): | 1 (basso rischio) |

- fusti di plastica da 200 kg;
- cisternette da 1000 kg;
- sfuso su richiesta.

#### IMMAGAZZINAGGIO

Polyfoamer Eco 100 Plus si conserva per massimo 6 mesi in recipienti chiusi, protetti dal gelo e dal calore.

#### ISTRUZIONI DI SICUREZZA PER LA PREPARAZIONE E LA MESSA IN OPERA

Polyfoamer Eco 100 Plus non è considerato pericoloso ai sensi delle attuali normative sulla classificazione delle miscele.

Si raccomanda di indossare guanti e occhiali protettivi e di utilizzare le consuete precauzioni da tenersi per la manipolazione dei prodotti chimici.

Per ulteriori e complete informazioni riguardo l'utilizzo sicuro del prodotto si raccomanda di consultare l'ultima versione della Scheda Dati Sicurezza.

PRODOTTO PER USO PROFESSIONALE.

#### AVVERTENZA

Le informazioni e le prescrizioni sopra riportate, pur corrispondendo alla nostra migliore esperienza, sono da ritenersi, in ogni caso, puramente indicative e dovranno essere confermate da esaurienti applicazioni pratiche; pertanto, prima di adoperare il

prodotto, chi intenda farne uso è tenuto a stabilire se esso sia o meno adatto all'impiego previsto e, comunque, si assume ogni responsabilità che possa derivare dal suo uso.

Fare sempre riferimento all'ultima versione aggiornata della scheda tecnica, disponibile sul sito [www.mapei.com](http://www.mapei.com)

#### INFORMATIVA LEGALE

I contenuti della presente Scheda Tecnica possono essere riprodotti in altro documento progettuale, ma il documento così risultante non potrà in alcun modo sostituire o integrare la Scheda Tecnica in vigore al momento dell'applicazione del prodotto MAPEI.

La Scheda Tecnica più aggiornata è disponibile sul nostro sito [www.mapei.com](http://www.mapei.com).

**QUALSIASI ALTERAZIONE DEL TESTO O DELLE CONDIZIONI PRESENTI IN QUESTA SCHEDA TECNICA O DA ESSA DERIVANTI ESCLUDE LA RESPONSABILITÀ DI MAPEI.**

**Le referenze relative a questo prodotto sono disponibili su richiesta e sul sito Mapei [www.mapei.it](http://www.mapei.it) e [www.mapei.com](http://www.mapei.com)**



[www.utt-mapei.com](http://www.utt-mapei.com)



IL PARTNER MONDIALE DEI COSTRUTTORI