

# **ELEMENTI RIEPILOGATIVI RELATIVI ALLO SCAVO CON TBM E ALLA GESTIONE DEI MATERIALI IN PIEMONTE**

**Febbraio 2017**

**(Aggiornamento a seguito della riunione del 01/02/17 presso ARPA Piemonte – Dipartimento di  
Alessandria relativa alla metodica per la ricerca dei tensioattivi)**

---

## Indice

1. Premessa.....	1
2. La sperimentazione condotta e lo scavo della Finestra Polcevera con TBM EPB.....	5
3. L'avvio degli scavi in Piemonte e la gestione del materiale da scavo.....	8
4. I presidi ambientali nel deposito intermedio di C.na Romanellotta .....	11
5. Gestione operativa dei cumuli nel Deposito Intermedio .....	14
6. Interconfronto tra i laboratori e condivisione con ARPA delle metodiche analitiche .....	15
7. Conclusioni.....	16

### Allegati:

- Allegato 1 - Diagramma di flusso relativo alla gestione delle terre e rocce da scavo prodotte con fresa tipo TBM/EPB
  - Allegato 2 - “Procedura di analisi e metodica per la determinazione di tensioattivi totali su campioni di materiale da scavo” del Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell’ Università di Genova e verbale di riunione presso ARPA Piemonte del 01/02/2017
  - Allegato 3 - Istruzione Operativa “Gestione delle terre e rocce prodotte da scavo meccanizzato con TBM-EPB” (IG51-00-E-CV-PS-IM00-00-024-A00) del Sistema di Gestione Ambientale del COCIV
  - Allegato 4 - “Presidi di Protezione Ambientale Deposito Intermedio Cascina Romanellotta - Relazione di Protezione Ambientale”
  - Allegato 5 - “Presidi di Protezione Ambientale Deposito Intermedio Cascina Romanellotta- Tavola 5 - Planimetria Generale Opere Previste”
  - Allegato 6 - Modulistica relativa ai cumuli nel Deposito intermedio C.na Romanellotta
  - Allegato 7 – Nota ARPA Piemonte prot. 00107611 del 20/12/2016 (trasmissione verbale di riunione del 20/12/16)
  - Allegato 8 - FAQ
-

## 1. Premessa

La fresa meccanica a piena sezione TBM (Tunnel Boring Machine), è una macchina scudata che consente la meccanizzazione completa sia dello scavo sia del rivestimento della galleria. Per “scudo” s’intende il cilindro metallico che racchiude la macchina, alla cui estremità anteriore è montata una testa rotante che porta gli utensili di scavo veri e propri. Immediatamente alle spalle della testa rotante c’è una camera in cui è raccolto il materiale di scavo che, attraverso una coclea, o vite senza fine, viene posto su un nastro trasportatore fino all’imbocco della galleria.

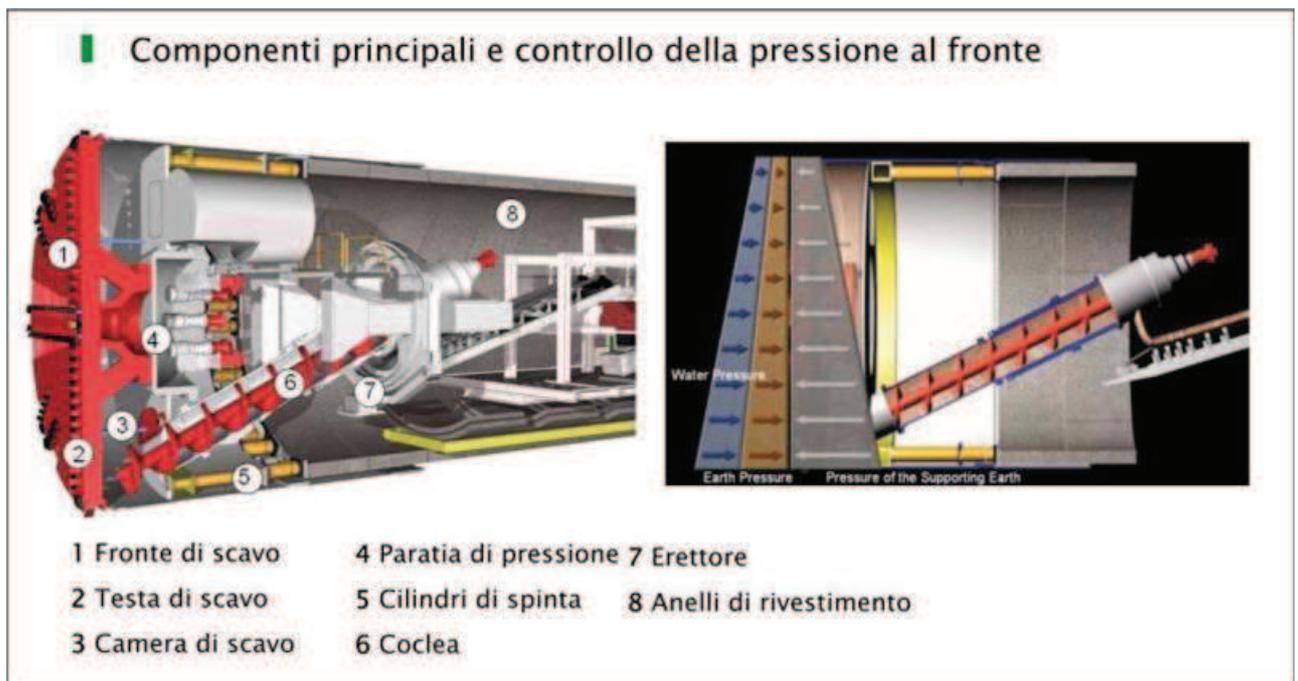
Oltre agli evidenti vantaggi in termini di sicurezza sul lavoro, in quanto la fresa rappresenta di per sé un ambiente più sicuro, lo scavo delle gallerie con tale sistema offre anche i seguenti importanti vantaggi, sia di natura tecnica che ambientale:

- a) Contiene i cedimenti del terreno soprastante, grazie alla possibilità di controbilanciare le spinte che si generano al fronte e al contorno dello scavo, quindi un minore impatto sugli edifici e le infrastrutture soprastanti;
- b) Garantisce il controllo e il contenimento delle eventuali venute d’acqua in sotterraneo poiché sia la macchina che il rivestimento definitivo sono impermeabili, quindi un minore impatto con le falde e le risorse idriche del territorio;
- c) Consente notevoli risparmi di risorse non rinnovabili e minori emissioni in atmosfera, nello specifico:
  - Minori volumi di scavo, 75 metri cubi/metro di galleria contro i 115 mc/ml dello scavo con il metodo tradizionale, il 50% in meno, quindi minori trasporti e minori necessità di siti di deposito.
  - Minore impiego di calcestruzzo, 15 metri cubi/metro di galleria contro i 55 mc/ml del metodo tradizionale, quasi 4 volte meno, quindi la necessità di inerti da cave, di cemento, di impianti per il confezionamento e dei trasporti necessari è drasticamente inferiore.
  - Minori emissioni in atmosfera di CO<sub>2</sub> e di polveri sottili, un metro di galleria con il metodo tradizionale produce circa 1,25 kg di CO<sub>2</sub>, lo scavo con fresa, che è alimentata dalle linee elettriche esistenti, solo 0,04 kg, ben 30 volte meno.

	Scavo Tradizionale	Scavo Meccanizzato
Velocità di avanzamento	2,4 m/gg	8 m/gg
Emissioni CO <sub>2</sub>	1260 kg/ml	40 kg/ml
Scavo	116 m <sup>3</sup> /ml	74 m <sup>3</sup> /ml
Calcestruzzo	56 m <sup>3</sup> /ml	14 m <sup>3</sup> /ml

(Tabella a)

Il principio operativo degli scudi a “pressione di terra bilanciata”, EPB (Earth Pressure Balance) si basa sull’utilizzo dello stesso terreno scavato quale mezzo per il sostegno del fronte, mentre la testa rotante che porta gli utensili di scavo svolge unicamente una funzione di mezzo per lo scavo. Il terreno disgregato dalla testa fresante rifluisce all’interno di una camera (3 della figura sottostante) posta dietro la testa fresante (1) ed è confinato tra questa ed il diaframma posteriore (4). Il materiale in camera di scavo viene quindi mantenuto in pressione attraverso l’azione dei martinetti di spinta dello scudo (5) che, contrastandosi sull’ultimo anello di rivestimento montato, trasferiscono le pressioni di spinta al fronte di scavo, attraverso il terreno stesso contenuto nella camera di scavo.



(Figura 1)

I detriti di scavo (smarino) vengono estratti da una coclea (6 della figura precedente) che penetra all’interno della camera di scavo, per poi essere trasportati mediante un sistema di nastri (nastro di macchina e nastro continuo) fino alle vasche di smarino predisposte all’esterno della galleria. La velocità

della coclea è regolata in modo tale che la quantità di materiale estratto dalla camera di scavo sia sostanzialmente equivalente a quella progressivamente prodotta dall'azione di scavo della testa in avanzamento, ed in modo tale da mantenere costante la pressione nella camera di scavo.

Al fine di garantire il funzionamento della macchina, e quindi perseguire gli obiettivi di contenere i cedimenti del terreno e il controllo delle falde acquifere, è necessario “ammorbidire” il terreno, nelle TBM tipo EPB viene iniettato uno specifico agente fluidificante tramite ugelli che si trovano sulla testa, all'interno della camera di scavo e all'interno della coclea.

La spinta prodotta dai martinetti principali (5 della figura precedente) si scarica, attraverso il diaframma posteriore, sul materiale “condizionato” all'interno della camera di scavo che, reagendo in modo idrostatico, trasferisce quindi la pressione sul fronte di scavo. Un set di pressostati opportunamente installati consentono di visualizzare la pressione su tutta l'altezza della camera di scavo. L'operatore, analizzando i dati in continuo in cabina di guida, opererà in maniera tale che le pressioni in camera di scavo rimangano entro limiti predeterminati e calcolati sulla base del carico del terreno al fronte che è quindi sempre sostenuto da una pressione tale da assicurarne la stabilità.

La macchina deve essere condotta in modo tale che, operando sui martinetti di spinta dello scudo e sulla velocità di estrazione della coclea, la pressione esercitata riesca a controbilanciare, istante per istante, quella presente al fronte. Condizione fondamentale, affinché questa operazione avvenga in maniera regolare è che il terreno asportato al fronte si trasferisca uniformemente dalla camera di scavo al punto di scarico della coclea sul nastro di macchina.

Oltre alla testa fresante ed allo scudo la macchina consta di una serie di carri (backup) dove trovano sede tutti gli impianti a corredo della TBM e tutte le attrezzature per la posa dei conci di rivestimento. I conci prefabbricati vengono infatti posti in opera da un erettore in modo che la macchina, mentre avanza, lascia dietro sé la galleria già rivestita. Nello scavo meccanizzato di gallerie ove il rivestimento viene realizzato con conci prefabbricati, si crea necessariamente un “gap anulare”, di alcuni centimetri, tra il profilo di scavo e l'estradosso del rivestimento che sarà progressivamente intasato durante l'avanzamento della macchina attraverso un sistema di iniezione di malta pompata a pressione attraverso ugelli posti sulla parte terminale della coda dello scudo.

Il trasporto dello smarino dalla camera di scavo fino alle vasche situate all'interno dell'area di cantiere, avviene tramite un nastro continuo, sospeso per mezzo di catene alla calotta della galleria, che scarica a sua volta su un sistema di nastri fissi di distribuzione esterni fino alle “vasche di accumulo e caratterizzazione” per il trasferimento del materiale al sito di destino. Il nastro continuo è dotato del suo relativo magazzino che consente di operare scavi in continuo per 250 m prima di procedere al caricamento della bobina di 500 m di tappeto.

Oltre al normale avanzamento della macchina, le TBM tipo EPB, utilizzate per lo scavo delle

gallerie, dovranno fermarsi periodicamente per le normali attività di manutenzione, verifiche di corretto funzionamento e verifiche di usura degli utensili di scavo. Nel caso in cui si verificasse la necessità di eseguire interventi di manutenzione straordinaria su alcune parti della TBM, le stesse richiederanno un periodo di fermo più lungo e lavorazioni più complesse rispetto alle precedenti.

La tecnologia di avanzamento in EPB comporta, quindi, l'immissione nel terreno di prodotti che agevolano sia le operazioni di scavo e di sostegno del fronte, nonché di trasporto in esterno del materiale. Tale operazione, denominata "Soil conditioning", avviene con l'utilizzo di **agenti schiumogeni condizionanti** che conferiscono al materiale da scavo il livello di consistenza necessario per il trasferimento uniforme della pressione al fronte e per l'agevole estrazione tramite la coclea.

Questa tecnologia è comunemente adottata nello scavo delle gallerie in tutta Italia (es. metropolitana di Brescia, linea 4 e linea 5 della metropolitana di Milano, linea B1 della metropolitana di Roma, linea 1 della metropolitana di Torino, etc.) in Europa e nel resto del mondo.

Dal punto di vista ambientale, nello smarino di galleria, la **presenza di "additivi per scavo meccanizzato" è esplicitamente prevista** dal DM 161/2012<sup>1</sup>, regolamento vigente per la gestione dei materiali da scavo come "sottoprodotto", che, all'Art.1, comma 1, lettera b) precisa: *"sempreché la composizione media dell'intera massa non presenti concentrazioni di inquinanti superiori ai limiti massimi previsti"* (CSC in Tab.1, All.5, Parte IV del D.lgs 152/06).

---

<sup>1</sup> Art.1, comma 1, lettera b) del DM 161/2012 – *"I materiali da scavo possono contenere, sempreché la composizione media dell'intera massa non presenti concentrazioni di inquinanti superiori ai limiti massimi previsti dal presente Regolamento, anche i seguenti materiali: calcestruzzo, bentonite, polivinilcloruro (PVC), vetroresina, miscele cementizie e additivi per scavo meccanizzato"*

## 2. La sperimentazione condotta e lo scavo della Finestra Polcevera con TBM EPB

Per la gestione dello smarino proveniente dallo scavo meccanizzato in regime di sottoprodotto, la vigente normativa non fissa esplicitamente un limite di concentrazione per gli agenti schiumogeni e ciò ha talvolta dato adito a contestazioni.

In considerazione di quanto sopra, per i lavori del Terzo Valico, lo studio della compatibilità ambientale e della valutazione dei possibili rischi ecotossicologici associati all'utilizzo di additivi condizionanti per lo scavo con TBM/EPB, è stato affidato all'Istituto di Ricerche Farmacologiche "Mario Negri" di Milano (IRCCS) che, nel 2014, dopo un'attenta sperimentazione di laboratorio, ne ha prodotto gli esiti, definendo in particolare i "limiti massimi di concentrazioni di inquinanti" per tre diverse marche di prodotti condizionanti (Mapei, Basf e Lamberti) solitamente utilizzate.

Lo studio ecotossicologico ha definito, per gli agenti schiumogeni testati, delle *Soglie di Riferimento (SR)* al di sotto delle quali è stata scientificamente provata l'assenza di ecotossicità del materiale da scavo condizionato. Nella tabella seguente si riportano i tensioattivi e le relative soglie di riferimento.

Prodotti	Tensioattivo	Soglia di riferimento (SR)
POLYFOAMER ECO/100 – Mapei  MasterRoc ACP 143 also RHEOSOIL 143 – Basf	Dodecyl hydrogen sulfate 2-(Dodecyloxy)ethyl hydrogen sulfate 2-[2-(Dodecyloxy)ethoxy]ethyl hydrogen sulfate 2-{2-[2-(Dodecyloxy)ethoxy]ethoxy}ethyl hydrogen sulfate 3,6,9,12-Tetraoxatetracos-1-yl hydrogen sulfate 1-Tetradecanol, hydrogen sulfate 2-(Tetradecyloxy)ethyl hydrogen sulfate 2-[2-(Tridecyloxy)ethoxy]ethyl hydrogen sulfate	Sommatoria = 100 mg/kg sul secco
FOAMEX EC – Lamberti	Dodecyl hydrogen sulfate 2-(Dodecyloxy)ethyl hydrogen sulfate 2-[2-(Dodecyloxy)ethoxy]ethyl hydrogen sulfate 2-{2-[2-(Dodecyloxy)ethoxy]ethoxy}ethyl hydrogen sulfate 3,6,9,12-Tetraoxatetracos-1-yl hydrogen sulfate 1-Tetradecanol, hydrogen sulfate 2-(Tetradecyloxy)ethyl hydrogen sulfate 2-[2-(Tridecyloxy)ethoxy]ethyl hydrogen sulfate 2-(2-(2-Butoxyethoxy)ethoxy)ethanol Tetraethylene glycol, monobutyl ether Pentaethylene glycol, monobutyl ether	Sommatoria = 200 mg/kg sul secco

(Tabella b)

Tale studio, parte integrante dell'aggiornamento del Piano di Utilizzo (PdU) del 1° e 2° lotto, è stato istruito ed approvato con DVA-0038413 del 20/11/2014, dove nell'allegata istruttoria della Commissione VIA (CTVA) (parere n. 1652 del 14/11/2014), si riporta:

- *“Con la documentazione nuova presentata il Consorzio ha provveduto a predisporre uno specifico studio presso il Dipartimento Ambiente e Salute dell'Istituto di Ricerche Farmacologiche "Mario Negri" di Milano per la valutazione della biodegradabilità degli additivi utilizzati, con la determinazione delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) ammissibili per il conferimento dei materiali in qualità di sottoprodotto presso i depositi finali, e con l'individuazione delle analisi da seguire in corso d'opera per la verifica della compatibilità ambientale.”*

- *Specificatamente ai depositi intermedi per i materiali da scavo in meccanizzato: “Le aree individuate saranno dotate di presidi necessari ad evitare impatti sulle matrici ambientali, nei quali il materiale sarà temporaneamente depositato in attesa di riutilizzo. In tali aree il materiale verrà steso al suolo per consentire l'asciugatura e l'ossidazione favorendo la biodegradazione naturale attraverso un processo aerobico degli additivi utilizzati nel corso dello scavo (trattamento di Normale Pratica Industriale previsto dal D.M.n.161/2012). I materiali saranno analizzati e caratterizzati (eseguendo anche le analisi dei composti indicati nello specifico studio di ecocompatibilità ambientale redatto dall'Istituto Mario Negri di Milano) e se idonei saranno trasportati nel sito di riutilizzo (...);”*

- *“nel rispetto di quanto indicato nella Delibera CIPE 80/2006 nella raccomandazione di cui al punto 10 lettera e) "Per quanto attiene il materiale estratto, risultante additivato di agenti schiumogeni, si raccomanda di utilizzare un metodo di abbancamento che permetta la biodegradabilità delle schiume attraverso un processo aerobico senza necessità di separare gli additivi", COCIV ha provveduto, a predisporre uno specifico studio atto a definire le modalità di gestione del materiale additivato per l'esecuzione dello scavo in TBM con modalità EPB come sottoprodotto. Il laboratorio del DIATI (Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture) del Politecnico di Torino ha determinato le concentrazioni di additivi per i tre principali prodotti in commercio, in considerazione della natura del materiale. Nel caso specifico della finestra Polcevera, si tratta della formazione delle Argilliti a Palombini. Lo studio è riportato nell'elaborato IG51-00-E-CV-RH-OC00-00-010-A. Presso il Dipartimento Ambiente e Salute dell' Istituto di Ricerche Farmacologiche "Mario Negri" di Milano è stato condotto un ulteriore studio per la valutazione della biodegradabilità degli additivi utilizzati, con la determinazione delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) ammissibili per il conferimento dei materiali (in qualità di sottoprodotto) presso i depositi finali, e con l'individuazione delle analisi da eseguire in corso d'opera per la verifica della compatibilità ambientale. Tale studio è riportato nell'elaborato IG51-00-E-CV-RH-OC00-00-009-A.”*

Lo studio dell'IRCSS è pertanto acquisito come riferimento tecnico per la gestione dei materiali da scavo con schiumogeni, anche per i successivi aggiornamenti del PdU dell'intero “Terzo Valico”, approvati con DVA-0000325 del 16/09/2015 e con DVA-0000287 del 06/10/2016.

In particolare nel parere della CTVA n. 1859 del 01/09/2015 di cui all' aggiornamento del PdU approvato con DVA-0000325 del 16/09/2015 e istruito anche dalle ARPA regionali ai sensi dell'art.5 comma 3 del D.M.161/2012 (così come richiesto dalla CTVA del MATTM con note CTVA-2015-0001044 del 27/03/2015 e CTVA-2015-0001120 del 02/04/2015), si legge:

*“Nei depositi intermedi i materiali saranno analizzati e solo se idonei saranno trasportati nel sito di deposito definitivo previsto. Prima delle attività di abbancamento il materiale verrà quindi caratterizzato al fine di accertare che esso non superi le Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) di cui alla tabella 1 dell'allegato 5 alla Parte Quarta del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i. e saranno eseguite le analisi secondo le modalità dello studio di ecocompatibilità ambientale condotto dall'Istituto Mario Negri di Milano per la "Finestra Polcevera" (studio esaminato nell'ambito dell'aggiornamento del piano di utilizzo approvato con la determina Direttoriale prot.n.DVA-2014-0038413 del 20/11/2014).”*

Anche in ambito regionale le pratiche di controllo elaborate dall'IRCSS nel citato studio sono un dato acquisito, infatti, nel corso dell'iter istruttorio sull'Aggiornamento del “Piano di reperimento dei materiali litoidi per la tratta piemontese” ai sensi della L.R. 30/99, COCIV ha trasmesso copia del citato studio sui materiali condizionati, che è parte integrante della documentazione esaminata in sede di CdS del 23/04/2015. La DGR n. 9-1531 del 08/06/2015 di approvazione dell'Aggiornamento del “Piano di reperimento dei materiali litoidi”, espressamente riporta:

*“per quanto riguarda il materiale da scavo condizionato, preso atto dello studio sperimentale redatto dall'istituto Mario Negri di Milano di cui al PUT approvato con DVA-2014-0038413 del 20/11/2014, i siti per l'abbancamento dei materiali derivanti dallo scavo meccanizzato da TBM in EPB, dovranno rispondere ai requisiti di cui al DM 161/2012 anche nel rispetto di quanto indicato nella raccomandazione di cui al punto 10 lettera e) della deliberazione del CIPE 80/2006.”*

Inoltre dopo la fase sperimentale di laboratorio, è stato commissionato all'Istituto di Ricerche Farmacologiche “Mario Negri” di Milano di verificare in campo gli esiti di detto studio, che sono stati pertanto *riesaminati e confermati in fase operativa* con prelievi di materiale in campo (sia nel sito di produzione sia in abbancamento nel sito di deposito) svolti a più riprese nel corso dello scavo della Finestra Polcevera, con ulteriori test di ecotossicità e biodegradabilità (IRCCS Maggio 2016).

Nell'ambito dei controlli di legge previsti dal D.M.161/2012, l'organo preposto (ARPAL) ha effettuato i campionamenti di competenza sui materiali da scavo meccanizzato prodotti dalla Finestra “Polcevera”, come si evince dal rapporto sulle attività di controllo per l'anno 2015, effettuando tre campionamenti sul sito di origine e 16 campionamenti (in tre fasi) sul sito di destinazione che hanno attestato la conformità dei materiali ai limiti di riferimento del citato D.M.161/2012.

Lo studio di ecotossicità posto a base del Piano di Utilizzo, sperimentato in laboratorio, verificato e collaudato in campo, è quindi il riferimento tecnico del “Terzo Valico” per la gestione dei materiali di scavo condizionati con schiumogeni.

### 3. L'avvio degli scavi in Piemonte e la gestione del materiale da scavo

Per lo scavo delle gallerie piemontesi in EPB (Galleria Serravalle e Galleria di Valico), lo smarino condizionato con i prodotti testati, se conforme alle *soglie di riferimento* indicate nello studio dell'Istituto "Mario Negri", potrà essere abbancato senza rischi ecotossicologici per le matrici ambientali dei siti di deposito.

Il materiale da scavo, quindi, se rispondente ai requisiti richiesti dalla normativa e alle soglie di riferimento sopra citate, potrà essere gestito in qualità di sottoprodotto ai sensi del DM 161/2012 e riutilizzato presso i siti di destinazione indicati nell'aggiornamento del PdU.

L'intero processo di smarino, controllo, gestione e conferimento ai siti di destinazione è schematizzato nell'allegato diagramma di flusso (Allegato 1). Da tale diagramma si evince in particolare che la valutazione della concentrazione dei tensioattivi, e il confronto con i valori della successiva *tabella d*, può essere svolta sia nelle "vasche" poste nel cantiere, immediatamente a valle dell'imbocco della galleria, sia nel deposito intermedio in località "Romanellotta". Tale deposito intermedio svolge inoltre la principale funzione di favorire la parziale "asciugatura" del terreno fino a quando è possibile renderlo "palabile", e quindi trasportabile al sito di deposito definitivo. In altri termini, il deposito intermedio è come una "grossa" vasca, che date le sue dimensioni consente anche "l'asciugatura" del terreno.

Nelle vasche di stoccaggio presenti in cantiere, lo smarino inizierà a sviluppare i processi di biodegradazione dei tensioattivi immessi in fase di condizionamento; per i prodotti testati (IRCCS luglio 2014) la biodegradazione dei tensioattivi avverrà in modo naturale grazie alla sola esposizione all'aria ed alla luce solare.

In particolare sul materiale da scavo prodotto saranno eseguite sia le determinazioni indicate dalla tabella 4.1 dell'All.4 del DM 161/2012 sia la determinazione dei tensioattivi.

Le concentrazioni dei parametri di cui alla tab. 4.1 citata andranno confrontate, in funzione dei limiti previsti per ciascun sito di destinazione finale, con i limiti di cui alla Tab.1, All. 5, Parte IV del D.lgs. n. 152/2006 e s.m.i.:

Analiti di cui alla Tabella 4.1 dell'Allegato 4 al D.M. n. 161/2012	Limiti di riferimento Col. A, Tab. 1, All. 5, Parte IV D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i. [mg/kg]	Limiti di riferimento Col. B, Tab. 1, All. 5, Parte IV D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i. [mg/kg]
Arsenico	20	50
Cadmio	2	15
Cobalto	20	250
Nichel	120	500
Piombo	100	1000
Rame	120	600
Zinco	150	1500
Mercurio	1	5
Cromo totale	150	800
Cromo VI	2	15
Idrocarburi pesanti C>12	50	750
Amianto	1000	1000
IPA (*)	Vd. tab.1 All.5	Vd. tab.1 All.5
BTEXS (*)	Vd. tab.1 All.5	Vd. tab.1 All.5

(\*) Da eseguire nel caso in cui l'area da scavo si collochi a 20 m di distanza da infrastrutture viarie di grande comunicazione, e ad insediamenti che possono aver influenzato le caratteristiche del sito mediante ricaduta delle emissioni in atmosfera. Gli analiti da ricercare sono quelli elencati nella Tabella 1 Allegato 5 Parte Quarta, Titolo V, del decreto legislativo 152 del 2006 e s.m.i..

(Tabella c)

Le concentrazioni dei tensioattivi verranno determinate dal Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale (DCCI) dell' Università di Genova con il metodo previsto dalle norme APAT–CNR IRSA 5170, come descritto nella procedura di analisi (Allegato 2). Tale procedura è stata redatta sulla scorta delle indicazioni contenute nello studio del Mario Negri e recepisce quanto definito nel corso delle riunioni tenutesi il 20/12/2016 (verbale riportato in Allegato 7) ed il 01/02/2016 (verbale riportato in Allegato 2) presso gli uffici di ARPA Piemonte – Dipartimento di Alessandria, nella quale si è raggiunta la condivisione della metodica con l'Ente di controllo (ARPA).

I tensioattivi verranno quindi confrontati con le *soglie di riferimento* (SR) definite nello studio ecotossicologico e di seguito riportate:

Prodotti	Soglia di riferimento dei tensioattivi (SR)
POLYFOAMER ECO/100 – Mapei	100 mg/kg sul secco
MasterRoc ACP 143 also RHEOSOIL 143 – Basf	100 mg/kg sul secco
FOAMEX EC – Lamberti	200 mg/kg sul secco

(Tabella d)

Sulla base delle analisi eseguite, se i risultati saranno conformi sia alle CSC (come da tabella c), che alle SR (come da tabella d), il materiale potrà essere conferito presso i depositi finali previsti nel Piano di Utilizzo, senza necessità di attendere ulteriori tempistiche.

Se invece il materiale risultasse conforme alle CSC ma non alle SR, sarà necessario far biodegradare i tensioattivi, conferendolo presso il deposito intermedio di C.na Romanellotta, opportunamente dotato dei presidi atti a garantire la tutela delle matrici ambientali circostanti, come indicato nel successivo capitolo 4.

I cumuli di materiale non conformi alle SR, opportunamente separati da eventuali ulteriori sottoprodotti presenti nel deposito intermedio, verranno quindi campionati, indicativamente ogni 7 gg, ed analizzati dal DCCI dell' Università di Genova, al fine di verificare l'avanzamento del processo di biodegradazione, fino a che la concentrazione dei tensioattivi non risulti inferiore alle SR.

Solo quando il materiale risulterà conforme sia alle CSC che alle SR, potrà essere destinato presso i siti di deposito definitivo previsti nel Piano di Utilizzo, previa verifica delle caratteristiche di palabilità.

Infatti, nel caso in cui il materiale, pur risultando conforme alle CSC e alle SR, non presenti una palabilità ottimale a consentirne un efficace utilizzo presso i siti di deposito definitivo, lo stesso potrà transitare presso il sito di deposito intermedio di C.na Romanellotta per consentire *un'ulteriore fase di asciugatura e/o di ossigenazione*.

Dopo la stesa al suolo, sarà fatto quindi stazionare per il tempo necessario a garantire il miglioramento delle caratteristiche fisiche per la movimentazione e l'abbancabilità, come specificatamente previsto dall'allegato 3 del DM 161/2012<sup>2</sup>.

Solo quando il materiale, conforme alle CSC, presenti anche concentrazioni dei tensioattivi totali conformi alle SR, e una palabilità idonea all'utilizzo, verrà conferito presso i depositi finali previsti nel Piano di Utilizzo.

Nella fase di trasporto fino al sito di destinazione lo smarino sarà accompagnato dal documento di trasporto (DDT) redatto dal produttore del materiale da scavo ai sensi dell'art.11, comma 1, all.6 del DM 161/2012.

L'intero processo, dalla fase di scavo e trasporto a quella di abbancamento, nonché le modalità di caratterizzazione presso i siti di produzione e di deposito intermedio, è descritto nell'istruzione operativa "Gestione delle terre e rocce prodotte da scavo meccanizzato con TBM-EPB" (Allegato 3) del Sistema di Gestione Ambientale del COCIV.

---

<sup>2</sup> L'All. 3 del DM 161/2012 indica come trattamento di normale pratica industriale le operazioni di "stesa al suolo per consentire l'asciugatura e la maturazione del materiale da scavo al fine di conferire allo stesso migliori caratteristiche di movimentazione, l'umidità ottimale e favorire l'eventuale biodegradazione naturale degli additivi utilizzati per consentire le operazioni di scavo".

#### 4. I presidi ambientali nel deposito intermedio di C.na Romanellotta

Come detto in precedenza i materiali provenienti dalla scavo meccanizzato in EPB potranno essere conferiti in regime di “sottoprodotto” presso il sito di deposito intermedio di C.na Romanellotta nel comune di Pozzolo Formigaro (AL), per l’eventuale completamento dei processi naturali di biodegradazione dei tensioattivi e per consentire la deumidificazione del materiale.

Il progetto esecutivo del deposito intermedio di C.na Romanellotta è stato redatto in ottemperanza alla prescrizione n.13 della DVA-2013-0024380 del 24/10/2013 di approvazione del primo Piano di Utilizzo che imponeva che: *“I depositi in attesa di utilizzo anche presso i siti di destinazione finale, dovranno rispettare quanto previsto dall’art. 10 del DM 161/2012 ed in particolare le aree di deposito intermedio devono essere realizzate in modo da non avere alcun impatto sulle matrici ambientali”*.

Tale progetto è stato, inoltre, sviluppato anche sulla scorta di quanto acquisito nel 2015 nell’ambito della gestione dei materiali derivanti dallo scavo meccanizzato della “Finestra Polcevera” in comune di Genova, in cui il deposito intermedio, con analoghe funzioni di quello di C.na Romanellotta, era ubicato presso la Cava San Carlo, nel Comune di Cairo Montenotte (SV).

La documentazione progettuale, trasmessa al MATTM con nota prot. 02846-16 del 26/05/2016, nell’ambito della verifica di attuazione (ai sensi dell’art. 185 del D.Lgs. n. 163/2006 e s.m.i.) del 1° Lotto Costruttivo, è confluita, con gli aggiornamenti del caso, nell’istanza di Autorizzazione Unica Ambientale<sup>3</sup> (ai sensi del DPR 13 marzo 2013, n.59) trasmessa al SUAP del Comune di Pozzolo Formigaro il 16/12/2016.

Nello specifico, nella “Relazione di Protezione Ambientale” (Allegato 4), corredata da apposita planimetria (Allegato 5), sono stati analizzati i possibili impatti dovuti ad un’eventuale diffusione di sostanze potenzialmente contaminanti contenute nel materiale additivato, definendo le misure di prevenzione, controllo e mitigazione da porre in essere. Le matrici ambientali indagate sono:

- sottosuolo e acque sotterranee;
- suolo e acque superficiali;
- atmosfera e paesaggio.

Il rischio di eventuali percolazioni nel **sottosuolo** e in **falda** è prevenuto mediante idonea impermeabilizzazione dell’intero sito di deposito intermedio, incluse le aree di servizio.

È stata realizzata, infatti, una doppia impermeabilizzazione con geomembrana accoppiata ad un geocomposito bentonitico, formando un pacchetto di impermeabilizzazione di elevata efficacia ed affidabilità (questo tipo di impermeabilizzazione è utilizzata anche nelle discariche in cui, ovviamente, si hanno impatti potenziali di entità significativamente maggiore).

Inoltre, i piezometri di monte e di valle nel sito, consentiranno di controllare eventuali effetti sulla

---

<sup>3</sup> L’istanza di AUA riguarda la richiesta di autorizzazione allo scarico dell’impianto di trattamento delle acque installato presso il Deposito Intermedio di C.na Romanellotta.

qualità della falda attraverso un sistema di monitoraggio con campionamenti ed analisi delle acque sotterranee.

Il potenziale impatto sul comparto **suolo** e **acque superficiali** dovuto ad un'eventuale diffusione di sostanze a seguito di perdite o rilasci del materiale depositato e/o delle acque di ruscellamento, è mitigato tramite un contenimento fisico del materiale e un sistema di raccolta e trattamento delle acque.

Il confinamento fisico superficiale è ottenuto tramite "new jersey", un fosso di guardia impermeabilizzato e un dosso di contenimento (impermeabilizzato sulla parete interna), che circondano l'intero sito di deposito intermedio.

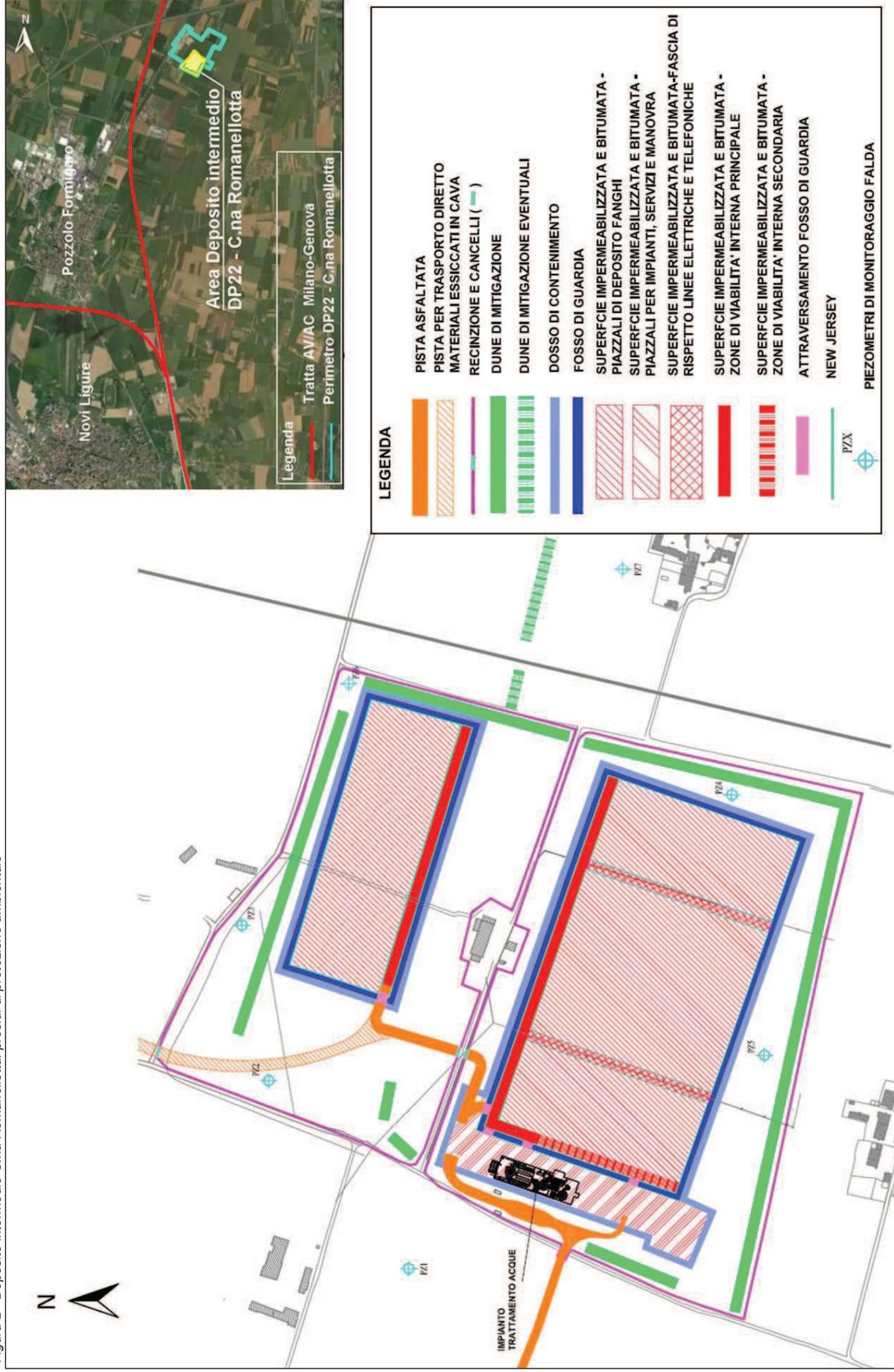
La raccolta delle acque tramite un canale perimetrale che le convoglia in un apposito impianto di trattamento chimico-fisico, assicura la rimozione delle eventuali contaminazioni, garantendo il rispetto dei limiti normativi previsti.

Per quanto riguarda gli impatti sull' **atmosfera**, il materiale condizionato conferito nel deposito intermedio non rilascerà polveri in atmosfera a causa della sua elevata umidità; ciò nonostante, qualora il deposito dovesse prolungarsi significativamente dopo la deumidificazione del materiale, eventuali rilasci di polverosità in atmosfera saranno prevenuti mediante appositi apprestamenti quali a titolo esemplificativo teli, ecc

Da ultimo, al fine di limitare gli **impatti visivi** sulle aree circostanti, in particolare nei confronti delle zone abitate, sono realizzate schermature del sito costituite da "dune" realizzate con terreno vegetale derivante dallo scotico superficiale e, successivamente, inerbite.

Si precisa che tutti i potenziali impatti citati hanno natura transitoria, come d'altronde lo stesso deposito intermedio; a tale scopo, infatti, al termine dei lavori verrà ripristinata la situazione ante operam dei luoghi.

Figura 2 - Deposito intermedio C. na Romanellotta: presidi di protezione ambientale



## 5. Gestione operativa dei cumuli nel Deposito Intermedio

La corretta gestione dei materiali presso il Deposito Intermedio di C.na Romanellotta e la loro tracciabilità avviene attraverso la registrazione dei mezzi in ingresso e in uscita dal sito, utilizzando un apposito registro, nel quale vengono riportate le informazioni relative ad ogni singolo trasporto (es. data, trasportatore, provenienza, peso, ecc...).

Considerando che le gallerie realizzate con TBM/EPB sono quelle di Serravalle (cantiere Novi Ligure) e di Valico (cantiere Radimero), il Deposito Intermedio è suddiviso in due aree distinte per ciascun sito di origine (Figura 3 e Figura 4).

In particolare, dopo la ricezione, il materiale viene steso nelle due aree di competenza, ed identificato da apposita cartellonistica. (Allegato 6)

Al fine di consentire una quanto più efficace ossigenazione del materiale, lo stesso sarà disposto in cumuli avendo cura di rispettare l'altezza massima pari a circa 1,00 m per il periodo strettamente necessario a garantire la biodegradazione naturale dei tensioattivi al di sotto del valore delle soglie di riferimento (SR).



*Figura 3 – Deposito intermedio C.na Romanellotta: predisposizione cumuli*

Completata la realizzazione del cumulo, lo stesso viene campionato per la ricerca dei tensioattivi, analizzati dal laboratorio DCCI dell'Università di Genova come descritto nella procedura di cui all' Allegato 2.

In base degli esiti delle analisi, nel caso in cui i tensioattivi non rispettino le soglie di riferimento (SR) definite nello studio ecotossicologico dell'Istituto "Mario Negri" (vd. capitolo 2), il cumulo verrà momentaneamente qualificato come "non conforme", onde consentire il successivo campionamento da eseguire, indicativamente ogni 7 giorni, fino a quando non si verifichi il rispetto delle citate SR.

Se invece la concentrazione dei tensioattivi risultasse inferiore alle SR, il cumulo verrà qualificato come “conforme” e potrà essere inviato ai depositi finali previsti nel Piano di Utilizzo, previa verifica della sua palabilità.

Nel caso non risultasse palabile, il singolo cumulo stazionerà nel deposito intermedio fino a quando le sue caratteristiche fisiche ne consentano il trasporto e l’abbancabilità nel sito di deposito definitivo.

A tal punto verrà, quindi, eseguita un’ulteriore analisi dei tensioattivi, in modo tale che le certificazioni analitiche allegate ai DDT siano le più recenti possibili (massimo 7 giorni).

L’inizio delle attività di conferimento presso i siti di deposito definitivi, verrà preventivamente comunicata agli Enti competenti per le relative attività di controllo.

## 6. Interconfronto tra i laboratori e condivisione con ARPA delle metodiche analitiche

La definizione delle modalità analitiche per la ricerca dei tensioattivi, proprio in virtù della specifica particolarità tecnica, tra l’altro non definita nella normativa vigente in materia, è stata oggetto di specifico interconfronto e affinamento specialistico tra i laboratori del Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell’Università di Genova, del Dipartimento di Alessandria di ARPA Piemonte e del Dipartimento Ambiente e Salute dell’Istituto “Mario Negri”. Ciò al fine di individuare la metodica di analisi da adottare in maniera condivisa anche con l’Ente di controllo (ARPA), per garantire la corretta gestione del materiale come “sottoprodotto”, in applicazione e sempre nell’ambito del citato studio dell’Istituto Mario Negri.

Il 28 novembre 2016, infatti, si è provveduto ad eseguire un campionamento in contraddittorio dei materiali presso il Deposito Intermedio “Romanellotta” con la predisposizione di n.3 aliquote per ciascun campione, che sono state oggetto di analisi da parte dei citati laboratori.

Il 20 dicembre 2016 si è tenuta una prima riunione sull’argomento presso la sede di ARPA Piemonte – Dipartimento di Alessandria, nella quale, dopo un puntuale confronto tra i tecnici dei laboratori, si è appurato che *“l’intercalibrazione avviata (...) ha permesso un buon grado di omogeneità tra i soggetti”* (verbale di riunione di cui all’Allegato 7).

A seguito della seduta di Osservatorio Ambientale del 25 gennaio 2017, ARPA ha richiesto un successivo incontro con i tecnici del Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell’Università di Genova, tenutosi il 01 febbraio 2017. A valle di tale confronto tecnico è stata definita la **“metodica condivisa tra il soggetto preposto al controllo (ARPA) in assenza di riferimenti normativi e standardizzati, da adottarsi per la ricerca dei tensioattivi nel materiale di scavo condizionato proveniente dalla realizzazione delle gallerie piemontesi del Terzo Valico in TBM/EPB”**. Tale metodica, con il relativo verbale di riunione, è riportata nell’Allegato 2.

## 7. Conclusioni

Il DM 161/2012 individua, nell'allegato 4, il set minimo di parametri analitici da ricercare (tabella 4.1), specificando che lo stesso potrà essere integrato anche sulla base di *"possibili sostanze ricollegabili a (...) possibili apporti antropici legati all'esecuzione dell'opera"*, ma non definisce le metodiche analitiche da attuare.

Considerando che, relativamente agli additivi per lo scavo meccanizzato, la normativa vigente non individua né gli analiti contenuti negli stessi, né le relative soglie di concentrazione, il COCIV ha fatto eseguire uno studio specifico sulla valutazione dei possibili rischi ecotossicologici associati all'utilizzo di additivi condizionanti per lo scavo con TBM/EPB, all'Istituto di Ricerche Farmacologiche "Mario Negri" di Milano (IRCCS).

Tale studio ha individuato i principali componenti contenuti nei prodotti testati e ne ha definito le Soglie di Riferimento (SR) al di sotto delle quali è stata verificata l'assenza di tossicità del materiale da scavo condizionato.

Lo studio, approvato con DVA-0038413 del 20/11/2014, è parte integrante del PdU del Terzo Valico nel quale viene esplicitamente riferito che *"prima delle attività di abbancamento il materiale verrà comunque caratterizzato ai sensi del DM 161/2012 (...) e in aggiunta saranno eseguite le analisi dei composti indicati nello specifico studio di ecocompatibilità ambientale redatto dall'Istituto Mario Negri di Milano"*. Lo studio è pertanto acquisito come riferimento tecnico per la gestione dei materiali da scavo con schiumogeni del Terzo Valico, anche per i successivi aggiornamenti del PdU, approvati con DVA-0000325 del 16/09/2015 e con DVA-0000287 del 06/10/2016.

Relativamente allo scavo delle gallerie piemontesi, il COCIV ha incaricato l'Università di Genova per svolgere le analisi in corso d'opera del contenuto dei tensioattivi nel materiale da scavo.

Fermo restando la metodica di estrazione dei campioni prevista dal Mario Negri, la metodica di analisi da adottare in corso d'opera è stata individuata e condivisa a valle di uno specifico interconfronto con ARPA Piemonte (vd. capitolo 6) e consente di ricercare, in maniera speditiva e quindi in grado di seguire l'avanzamento dei lavori, il contenuto totale dei tensioattivi (suddivisi in anionici e non ionici), non limitandosi ai principali composti individuati nello studio sperimentale.

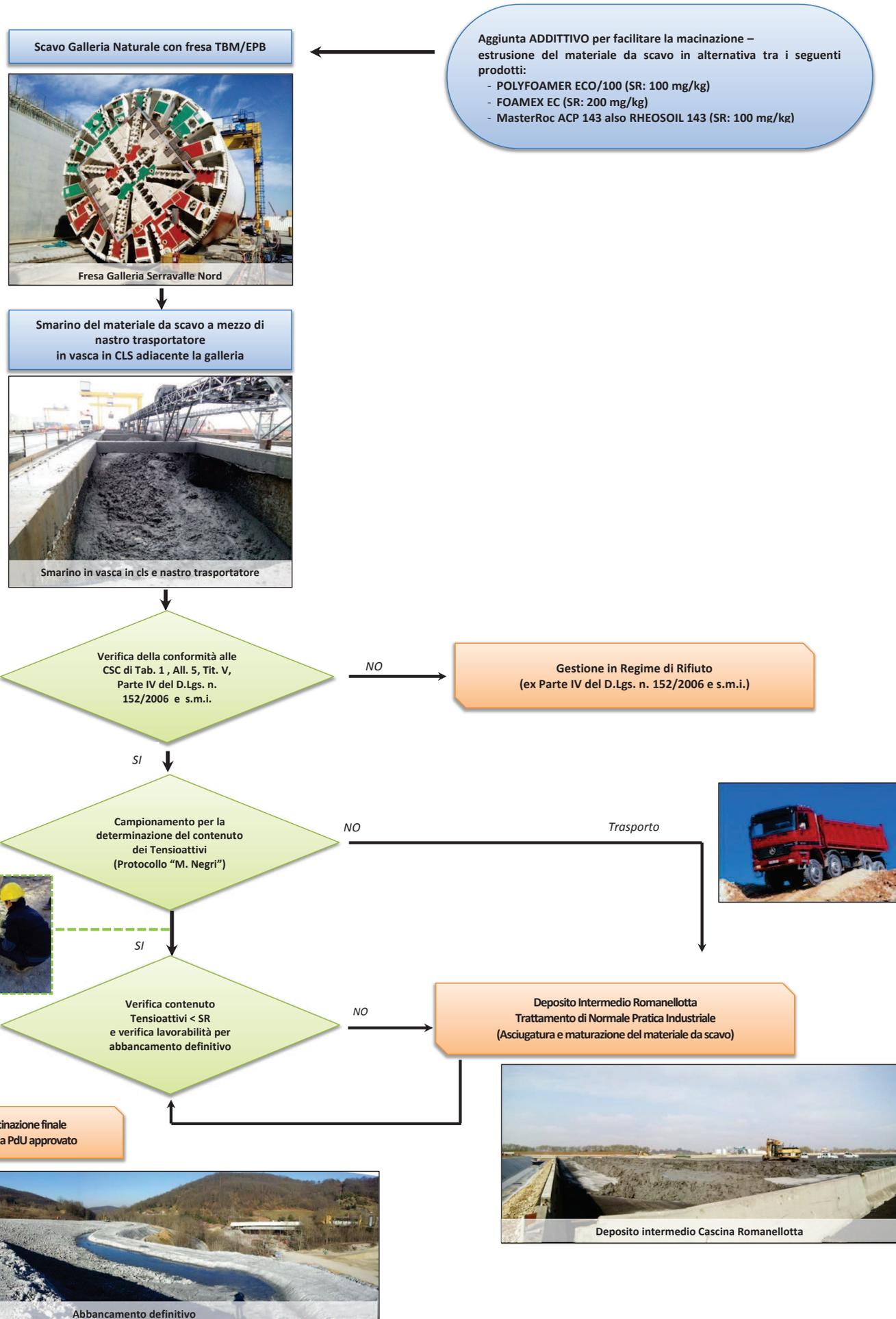
La concentrazione dei tensioattivi totali, così determinata, viene quindi confrontata con le soglie di riferimento (SR) definite dal Mario Negri per i prodotti utilizzati, al fine della corretta gestione dei materiali da scavo in qualità di "sottoprodotto".

In considerazione del fatto che le metodiche analitiche da adottare per la ricerca dei parametri chimici (anche nel caso dei tensioattivi) nei materiali da scavo non sono specificate dal DM 161/2012, gli approfondimenti condotti sull'argomento da parte di COCIV con l'Università di Genova, l'Istituto Mario Negri e l'ARPA Piemonte si configurano come degli specifici affinamenti tecnici di quanto previsto nel Piano di Utilizzo vigente, in applicazione e sempre nell'ambito del citato studio dell'Istituto Mario Negri.

La definizione di una metodica condivisa con l'Ente di controllo (ARPA), quindi, non rientrando in nessuna delle casistiche previste dall' art. 8 del DM 161/2012, non costituisce modifica sostanziale al Piano di Utilizzo approvato, bensì attività condotta in attuazione a quanto previsto dal PdU vigente onde consentire la corretta gestione operativa del materiale di scavo condizionato proveniente dalla realizzazione delle gallerie piemontesi del Terzo Valico in TBM/EPB .

## **Allegati**

Allegato 1 - Diagramma di flusso relativo alla gestione delle terre e rocce da scavo prodotte con fresa tipo TBM/EPB



## **Allegato 2**

Verbale di riunione del 01 febbraio 2017 presso la sede di ARPA Piemonte – Dipartimento di Alessandria

**Oggetto:** Definizione della metodica da adottare per la ricerca dei tensioattivi nello scavo delle gallerie piemontesi del Terzo Valico in TBM/EPB. Riunione di approfondimento tra il laboratorio di ARPA Piemonte il laboratorio e dell'Università di Genova.

**PRESENTI:**

Arpa Piemonte: Dott. Maffiotti, Dott. Trova, Dott. Torielli  
Università di Genova – DCCI: Prof. Ferretti, Dott.ssa Caratto  
COCIV: Ing. Capfani, Dott. Scuderi

I laboratori dell'Istituto Mario Negri, dell'Università di Genova e di ARPA Piemonte hanno condotto una intercalibrazione su campioni di studio di materiale da scavo condizionato, prelevati in data 28 novembre 2016 all'interno delle due vasche presso il sito del Deposito intermedio di C.na Romanellotta, allo scopo di definire una metodologia di analisi condivisa da adottare per la ricerca dei tensioattivi nel materiale di scavo proveniente dalle gallerie piemontesi del Terzo Valico in TBM/EPB.

I risultati dell'intercalibrazione sono riportati nel verbale di riunione del 20 dicembre 2016, trasmesso da ARPA Piemonte all'Osservatorio Ambientale con nota di pari data.

Nella seduta del 25 gennaio 2017 l'Osservatorio Ambientale ha chiesto ad ARPA di produrre una nota conclusiva sull'argomento a completamento della messa a punto del metodo.

ARPA Piemonte, analizzato il documento redatto dall'Università di Genova il 17 gennaio 2017 e trasmesso da COCIV con nota Prot. 198 del 18 gennaio 2017, ha chiesto all'Università di Genova di fornire alcune ulteriori delucidazioni al fine di relazionare l'Osservatorio Ambientale sul metodo definito.

A seguito del confronto tecnico condotto tra i laboratori, l'Università di Genova ha redatto l'allegato documento, che riepiloga in maniera unitaria tutti i contributi emersi nel corso delle attività di intercalibrazione.

Il documento allegato costituisce pertanto la metodica condivisa con il soggetto preposto al controllo (ARPA), in assenza di riferimenti normativi e standardizzati, da adottarsi per la ricerca dei tensioattivi nel materiale di scavo condizionato proveniente dalla realizzazione delle gallerie piemontesi del Terzo Valico in TBM/EPB.

ARPA Piemonte provvederà a relazionare l'Osservatorio Ambientale sulle conclusioni ottenute.

ARPA PIEMONTE

UNIVERSITA' DI GENOVA

COCIV

Alessandria, 01/02/2017

**Arpa Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento territoriale Piemonte Sud Est

Spazio Marengo, 33 – 15121 Alessandria – tel. 0131276200 – fax 0131276231

Email: [dip.alessandria@arpa.piemonte.it](mailto:dip.alessandria@arpa.piemonte.it) PEC: [dip.alessandria@pec.arpa.piemonte.it](mailto:dip.alessandria@pec.arpa.piemonte.it)

Email: [dip.astl@arpa.piemonte.it](mailto:dip.astl@arpa.piemonte.it) PEC: [dip.astl@pec.arpa.piemonte.it](mailto:dip.astl@pec.arpa.piemonte.it)



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA**  
**DIPARTIMENTO DI CHIMICA E CHIMICA INDUSTRIALE**  
Via Dodecaneso, 31 – 16146 GENOVA  
Tel. +39 0103536113 - Fax +39 0103538733



Spett.  
COCIV  
Consorzio Collegamenti Integrati Veloci  
Via Renata Bianchi 40  
16152 Genova

Genova 1 febbraio 2017

**Oggetto: procedura di analisi e metodica per la determinazione di tensioattivi totali su campioni di materiale da scavo**

In relazione al contraddittorio sulla determinazione dei tensioattivi su campioni di materiale da scavo di cui al campionamento del 28 novembre 2016 si procede all'invio della descrizione della procedura che è adottata presso il "*Laboratorio materiali e modellazioni per applicazioni energetiche, ambientali e di diagnostica per la conservazione dei beni culturali*" del Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale – DCCI, dell'Università degli Studi di Genova.

Il documento allegato contiene in maniera unitaria i contributi emersi durante l'interconfronto tra i tre laboratori. A seguito dell'intercalibrazione conclusa il 20 dicembre 2016 si evidenzia che la procedura di seguito riportata porta a risultati concordi con quelli ottenuti applicando la procedura con HPLC-massa, messa a punto dall' IRCCS-Istituto Mario Negri

**Procedura di estrazione ed analisi dei tensioattivi**

Le analisi sono effettuate previa estrazione dei tensioattivi attraverso la procedura messa a punto da IRCCS - Istituto Mario Negri. La metodica prevede che per ogni campione di terreno vengano pesate su bilancia tecnica 3 aliquote da 5 g di cui 2 inserite in provette di plastica da 50 mL, mentre la terza viene impiegata per la determinazione della percentuale di umidità del campione.

In ogni provetta, con pipetta graduata da  $20 \pm 0,03$  mL (Classe DIN AS), vengono inseriti 20 mL di una miscela di acqua e metanolo in rapporto 2:8 V/V. L'uso di tale miscela consente un'estrazione dei tensioattivi anionici superiore al 90% e non ionici superiori al 60% pertanto non verranno applicati fattori correttivi, i dati completi sono riportati nel paragrafo relativo.

Il campione viene quindi agitato meccanicamente su Vortex per 2 minuti, e sonicato per 1 ora in bagno ad ultrasuoni con frequenza pari a 35 kHz. Successivamente il campione viene centrifugato al fine di separare il terreno dal surnatante che verrà analizzato dopo opportuna diluizione con acqua.

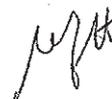
La procedura impiegata per la determinazione della percentuale di umidità prevede di portare a peso costante una capsula di porcellana (16 ore a  $105^{\circ}\text{C}$ ) quindi, dopo raffreddamento in essiccatore, viene pesata. Nella capsula vengono inseriti 5 g di terreno necessari alla determinazione dell'umidità. Dopodiché la capsula viene nuovamente posizionata in stufa per 16 ore a  $105^{\circ}\text{C}$  al fine di far evaporare tutta l'acqua. Successivamente la capsula viene di nuovo posta in essiccatore a raffreddare e pesata.

Le analisi sono eseguite mediante uno Spettrofotometro DR 3900- VIS con l'impiego di KIT HACH LANGE S.R.L. In particolare:

- Per quanto concerne il prodotto MAPEI - Polifoamev Eco/100, esso contiene solamente tensioattivi anionici, pertanto il limite di tensioattivi previsto dal IRCCS - Istituto Mario Negri (100 mg/kg) si riferisce solamente a questa classe. L'analisi dei tensioattivi anionici è basata sulla reazione con blu di metilene secondo il principio MBAS descritto nella norma APAT - CNR IRSA 5170 e fa uso del KIT HACH LANGE S.R.L. tipo LCK432 (intervallo di misura 0,1 - 4 mg/L). Ogni dato è sottratto del valore del bianco, ovvero del valore ottenuto misurando la miscela di estrazione acqua:metanolo diluita dello stesso fattore del campione analizzato. Rapportando il limite inferiore di misura del KIT con i volumi e grammi di estrazione del terreno, si garantisce un limite (LOD) di rilevabilità di 0,4 mg tensioattivo/kg di terra.

- Per quanto concerne il prodotto Lamberti- Foamex EC, esso viene definito dalla SDS tensioattivo anionico ma, dalle analisi effettuate da IRCCS - Istituto Mario Negri per stabilire il limite di ecotossicità (200 mg/kg), è emerso che contiene ulteriori additivi che possono rientrare nella classe di tensioattivi non ionici. L'analisi viene quindi condotta sia sui tensioattivi anionici, basata sulla reazione con blu di metilene secondo il principio MBAS descritto nella norma APAT - CNR IRSA 5170, sia sui tensioattivi non ionici, eseguita attraverso metodo colorimetrico per reazione con l'indicatore TBPE.

Le analisi dei tensioattivi anionici sono eseguite mediante l'impiego di KIT HACH LANGE S.R.L. tipo LCK432 (intervallo di misura 0,1 - 4 mg/L). Per i tensioattivi non ionici le analisi sono eseguite mediante l'impiego di KIT HACH LANGE S.R.L. tipo LCK333 (intervallo di misura 0,2-6 mg/L). Ogni dato è sottratto del valore del bianco, ovvero del valore ottenuto misurando la miscela di estrazione acqua:metanolo diluita dello stesso fattore del campione analizzato.



Il metodo LCK333 riporta che i tensioattivi anionici causano sottostime nella lettura; in particolare per tensioattivi anionici intorno ai 2.0 mg/L le sottostime per i tensioattivi non ionici corrispondono a circa al 10%, mentre per concentrazioni intorno ai 20 mg/L sono circa il 40%.

Operativamente per il prodotto Lamberti- Foamex EC si analizzano prima i tensioattivi anionici. I campioni vengono opportunamente diluiti in modo da leggere un valore compreso tra 1 e 2 mg/L. Si analizzano quindi i tensioattivi non ionici. Sapendo che un valore di circa 2mg/L causa una sottostima sulla lettura dei tensioattivi non ionici di circa il 10%, si è stabilito in maniera cautelativa di aumentarlo del 15%. Il dato dei tensioattivi non ionici viene fornito applicando la seguente formula:

$$\text{Valore reale}(V_r) = \text{Valore letto dal KIT LCK333 (VL)} + 0,15 \times \text{VL}$$

Vr verrà poi moltiplicato per il fattore di diluizione del campione iniziale.

Il certificato di analisi contiene il valore di tensioattivi anionici, tensioattivi non ionici e la sommatoria dei tensioattivi analizzati il cui limite di ecotossicità è fissato a 200 mg/kg. L'incertezza del dato è sempre fornita su ogni dato applicando l'equazione di Horwitz e Thompson. Il limite di rilevabilità (LOD) di questa metodica, considerando la somma dei tensioattivi analizzati, è 1,3 mg tensioattivo/kg di terra.

#### **Valutazione della percentuale di estrazione dei tensioattivi dei prodotti additivanti Lamberti – Foamex Ec e Mapei – Polyfoamer Eco/100**

Per la valutazione della percentuale di recupero è stata adottata la seguente procedura:

- circa 100 g di terreno (frazione < 2 mm) scavato ad ottobre 2016 con il prodotto Lamberti – Foamex Ec e circa 100 g di terreno (frazione < 2 mm) scavato ad ottobre 2016 con il prodotto Mapei – Polyfoamer Eco/100 sono stati essiccati in stufa per 12 ore a 108°C.
- il terreno secco è stato omogeneizzato mescolandolo in mortaio.
- 15 aliquote di campione di terra da 5 g ciascuna per ogni prodotto sono state pesate in provette in plastica da 50 ml.
- su 14 aliquote del terreno – Lamberti sono stati inseriti 1,25 ml di soluzione di tensioattivo Lamberti diluito 1:700 rispetto al prodotto commerciale e analogamente è stato effettuato sui campioni del terreno – Mapei con il prodotto Mapei.
- la quindicesima aliquota è stata usata come bianco, ovvero non è stata addizionata di alcun prodotto in modo da valutare la concentrazione di tensioattivo già presente nel



terreno e poterlo sottrarre agli altri campioni. Le concentrazioni dei tensioattivi rilevate risultano trascurabili.

- 10 campioni ottenuti sono stati delicatamente agitati in modo da bagnare tutto il terreno contenuto e sono stati lasciati riposare per 15 minuti.
- 5 campioni ottenuti sono stati delicatamente agitati in modo da bagnare tutto il terreno contenuto e sono stati lasciati riposare per 16 ore a 25°C.
- si è preceduto all'estrazione con acqua e metanolo come da metodica proposta da IRCCS - Istituto Mario Negri e specificata nel paragrafo precedente.
- le analisi per la determinazione dei tensioattivi sono state eseguite tramite metodo colorimetro facendo uso del KIT HACH - LANGE LCK 432 e LCK333 e dello spettrofotometro HACH - LANGE DR3900.
- la percentuale di recupero è stata calcolata misurando la concentrazione di tensioattivi presenti nella soluzione condizionante in modo da valutare i milligrammi di tensioattivi aggiunti ad ogni campione.
- i valori ricavati dalle analisi degli estratti sono stati quindi rapportati a tale valore previa sottrazione del valore ricavato dalla decima aliquota non condizionata.

**1) Valutazione della percentuale di estrazione del prodotto Lamberti - Foamex Ec.**

I dati ottenuti per i tensioattivi anionici sono di seguito riportati:

	<b>Recupero %</b>	
15 minuti di contatto	estrazione 1	76,7
	estrazione 2	99,9
	estrazione 3	100
	estrazione 4	80,7
	estrazione 5	100
	estrazione 6	82,0
	estrazione 7	100
	estrazione 8	99,8
	estrazione 9	100
16 ore di contatto	estrazione 10	87,3
	estrazione 11	95,4
	estrazione 12	90,2
	estrazione 13	84,6
	estrazione 14	98,9

Il valore medio di estrazione dopo 15 minuti di contatto è 93,2 % con una deviazione standard del 10,2 %, mentre dopo 16 ore è 91,3% con una deviazione standard del 5,9 %. Pertanto la % di estrazione è sempre superiore al 90%.

I dati ottenuti per i tensioattivi non ionici sono di seguito riportati:

	<b>Recupero %</b>	
15 minuti di contatto	estrazione 1	69,3
	estrazione 2	51,3
	estrazione 3	61,9
	estrazione 4	65,5
	estrazione 5	67,8
16 ore di contatto	estrazione 6	50,3
	estrazione 7	66,7
	estrazione 8	62,5
	estrazione 9	59,4
	estrazione 10	63,6

Il valore medio di estrazione dopo 15 minuti di contatto è 63,9 % con una deviazione standard del 7,7 %, mentre dopo 16 ore è 63,5% con una deviazione standard del 6,2 %. Pertanto la % di estrazione è sempre superiore al 60%.

Il dato sperimentale sul tensioattivo evidenzia che nella soluzione analizzata sono presenti 1750 mg/L di tensioattivi anionici e 30,8 mg/L di tensioattivi non ionici, pertanto il rapporto è di 56 a 1.

## **2) Valutazione della percentuale di estrazione del prodotto Mapei – Polyfoamer Eco/100.**

I dati ottenuti sono di seguito riportati:

	<b>Recupero %</b>	
15 minuti di contatto	estrazione 1	89,0
	estrazione 2	91,3
	estrazione 3	89,0
	estrazione 4	95,8
	estrazione 5	92,4
	estrazione 6	100
	estrazione 7	84,5
	estrazione 8	100
	estrazione 9	86,8
16 ore di contatto	estrazione 10	90,2
	estrazione 11	94,6
	estrazione 12	88,9
	estrazione 13	96,8
	estrazione 14	90,3

---

Il valore medio di estrazione dopo 15 minuti di contatto è 92,1 % con una deviazione standard del 5,5 %, mentre dopo 16 ore è 92,3% con una deviazione standard del 3,4 %. Pertanto la % di estrazione è sempre superiore al 90%.

Il Responsabile del Laboratorio  
Prof. Maurizio Ferretti

