

# Ricicland

Riciclaggio Industriale



MARZO-APRILE 2015 - n. 2 ANNO I



## NOTTE BIANCA SULL'A1



La spettacolare demolizione  
notturna del viadotto Bescapè



## CSS END-OF-WASTE

Da CDR a CSS a prodotto combustibile

## “LA FABBRICA DEI MATERIALI”

Reggio Emilia traccia una nuova rotta per la  
gestione del ciclo dei rifiuti

Poste Italiane s.p.a. - Spedizione in Abbonamento Postale - D.L. 353/2003 (convertito in Legge 27/02/2004 n° 46) art. 1, comma 1, LOMI  
In caso di mancata consegna, inviare a CMP - Roserio per la restituzione al mittente, con tassa a suo carico

**LAPIS**  
editrice

# Nuove tecniche di trattamento per il riutilizzo dei materiali da scavo

La gestione di imponenti quantità di materiali di scavo comporta rilevanti problematiche tecniche ed ambientali che possono essere affrontate unicamente con un approccio multidisciplinare al problema

di Giovanni Preda - Trevi Spa - Servizio Progettazione Ricerca e Sviluppo  
Antonino Rapisardi - 3V Green Eagle Spa - Business Development Manager



Panoramica - Cantiere Trevi - Copenhagen

## Introduzione

Gli interventi infrastrutturali richiedono sempre più un approccio attento agli aspetti ambientali del territorio. La gestione di imponenti quantità di materiali di scavo comporta rilevanti problematiche tecniche ed ambientali che possono essere affrontate unicamente con un approccio multidisciplinare al problema. Alle problematiche di natura tecnica si aggiunge una corposa legislazione nazionale attualmente in fase di profonda revisione che, nonostante successivi interventi in questi ultimi anni, ancora non offre ai tecnici chiari percorsi applicativi delle norme stesse. Negli ultimi anni, per i motivi appena accennati, sono state rilevate modalità di gestione delle terre e rocce da scavo molto diverse e

poco coerenti tra loro [1].

## Inquadramento normativo

Il riferimento normativo europeo attuale in materia di rifiuti è costituito dalla Direttiva Europea 2008/98/CE, la quale stabilisce misure volte a proteggere l'ambiente e la salute dell'uomo, introducendo inoltre il concetto di sottoprodotto. Tenendo conto delle linee di indirizzo fornite dalla Direttiva appare evidente che le terre e rocce da scavo debbano essere considerate un sottoprodotto, qualora soddisfino i requisiti richiesti. Questo approccio è mirato alla minimizzazione dell'uso di risorse, grazie al riutilizzo dei materiali conformi ai re-

quisiti ambientali richiesti.

La corposa legislazione nazionale, pur recependo gli indirizzi europei e nonostante successivi interventi in questi ultimi anni, ancora non offre ai tecnici chiari percorsi applicativi delle norme stesse. La stratificazione normativa, l'uso improprio di terminologie e le complicazioni procedurali introdotte generano dubbi sulla corretta applicazione delle norme sia alle Amministrazioni competenti, sia agli operatori. Oltretutto, tale normativa è al momento in divenire, essendo in futura emanazione il Decreto del Presidente della Repubblica che dovrebbe riordinare e semplificare l'adozione (D.L. 133/2014, art. 8 comma 1)<sup>1</sup>. Questa breve introduzione su alcune delle problematiche legate alla corretta gestione delle terre e rocce da scavo fa

<sup>1</sup> DECRETO-LEGGE 12 settembre 2014, n. 133 Misure urgenti per l'apertura dei cantieri, la realizzazione delle opere pubbliche, la digitalizzazione del Paese, la semplificazione burocratica, l'emergenza del dissesto idrogeologico e per la ripresa delle attività produttive. (14G00149) (GU n.212 del 12-9-2014). Entrata in vigore del provvedimento: 13/09/2014. Decreto-Legge convertito con modificazioni dalla L. 11 novembre 2014, n. 164 (in S.O. n.85, relativo alla G.U. 11/11/2014, n.262).

capire come l'argomento porti le aziende a seguire un percorso sempre in bilico tra la gestione rifiuti e la gestione materiali, con conseguenti timori di natura sia giuridica sia tecnica.

## Stato dell'arte e tecnologie di recupero

L'utilizzo del materiale di scavo al di fuori della norma rifiuti è vincolato a diverse considerazioni:

1. Normativa "ambientale";
2. Normativa "tecnica", intesa come insieme delle caratteristiche dei materiali scavati in funzione delle caratteristiche tecniche richieste per la specifica destinazione d'uso;
3. Costi del trattamento (cfr. normali pratiche di ingegneria);
4. Possibilità reali di riutilizzo.

Esempi di gestione sono noti e sono ben chiari i diversi scenari che si sono generati in funzione del sito in cui la gestione dei materiali doveva essere svolta [1]. Generalmente il materiale è vagliato, selezionato e/o eventualmente asciugato per il successivo riutilizzo per recuperi ambientali o per la produzione di aggregati in sostituzione dei materiali di cava, a seguito del trasporto in aree logistiche a servizio [2]. Supponendo che la caratterizzazione ambientale del materiale ne permetta la gestione come sottoprodotto, rimane la valutazione delle caratteristiche geomeccaniche al fine della pianificazione sia delle modalità gestionali, sia dei possibili recuperi. C. Oggeri et alii hanno redatto uno studio il cui obiettivo è proprio proporre un metodo che funga da linea guida attraverso i possibili scenari che si possono generare in funzione dei terreni attraversati e delle tecniche di scavo [3]. Nella prima parte di tale studio sono riportati diversi schemi molto chiari. In primo luogo sono riportate le diverse tipologie di materiale di scavo che possono derivare da lavori civili (Tabella 1) e in seguito le possibili applicazioni a

seguito di trattamenti mirati (Tabella 2); una volta identificata la destinazione d'uso sono definiti i parametri geotecnici che è necessario ricercare, al fine di una

corretta caratterizzazione (Tabella 3). Le attività di scavo, però, possono generare grandi quantità di materiali con caratteristiche "ambientali" che non ne

Tecnica di scavo	Caratteristiche del sottosuolo			
	Roccia	Roccia tenera / terreno consolidato	Terreno	
			Ghiaioso/sabbioso	Limo/argilloso
<b>Scavo con esplosivo</b>	ST1: pezzatura medio-grossa con presenza di blocchi, forma spigolosa, presenza di fini a seguito della frantumazione. Possibili problemi di abrasività <i>* Nessuna controindicazione significativa</i>	ST2: ampia distribuzione granulometrica, forma piatta, varietà petrografica, il drenaggio potrebbe essere un problema anche per il trasporto <i>*Comportamento fangoso, problemi di adesività</i>	NA	NA
<b>Scavo tradizionale</b>	ST3: ampia distribuzione granulometrica principalmente grossolana, forma spigolosa, possibili problemi di abrasività	ST4: forma e distribuzione granulometrica eterogenea, consistenza e mineralogia eterogenea, aumento di volume in mucchio	ST5: distribuzione granulometrica naturale del sito, forma arrotondata, presenza di massi e ciottoli, problemi di abrasività	ST6: grana medio-fine, facilmente maneggiabile, aumento di volume in mucchio, pezzi di forma irregolare
<i>* Non applicabile sottofalda</i>				
<b>Scavo meccanizzato (TBM)</b>	ST7: ridotta distribuzione granulometrica, possibile presenza di pietre, frammenti appiattiti, in alcuni casi rilevante presenza di frazione fine, problemi di abrasività <i>* Tecnica impiegabile solo per ridotte velocità dell'acqua di falda. In condizioni umide difficoltà di smarino</i>	ST8: frammenti di forma irregolare, ampia distribuzione granulometrica, petrografia eterogenea <i>* Comportamento fangoso, scarsa capacità drenante</i>	ST9: simile a ST5, generalmente forme arrotondate, buona capacità di drenaggio <i>* Comportamento granulare</i>	ST10: ridotta distribuzione granulometrica nell'intorno di limi e argille con presenza di sabbie, mineralogia omogenea, comportamento plastico, in certi casi fangoso a causa dell'umidità naturale <i>* tecnica utilizzabile solo in caso di ridotti contenuti d'acqua</i>
<b>Scavo meccanizzato (EPB)</b>	NA	ST11: distribuzione granulometrica, mineralogia e consistenza eterogenei (dal pulverulento al fangoso), possibile comportamento adesivo, scarsa capacità drenante a causa degli additivi utilizzati. Possibile presenza di surfattanti, polimeri, tracce di grasso	ST12: simile a ST9 ma con maggiore fluidità, alto contenuto d'acqua, capacità di drenaggio in funzione del tempo. Possibile presenza di surfattanti, polimeri, riempitivi, tracce di grasso, bentonite.	ST13: simile a ST10, spesso da fangoso e viscoso, presenza di surfattanti e polimeri, tracce di grasso, bassissima capacità drenante
<b>Scavo con consolidamento del fronte (valido per tutte le tecniche)</b>	ST14: simile a ST1, presenza di calcestruzzo spruzzato, lubrificanti sintetici, acciai, fibre di vetro, malte cementizie	ST15: a seconda dei diversi casi ST2, ST4, ST8 presenza di calcestruzzo spruzzato, lubrificanti sintetici, acciai, fibre di vetro, malte cementizie	ST16: a seconda dei diversi casi ST5, ST9 presenza di boiaccia, calcestruzzo spruzzato, acciai, fibre di vetro	ST17: a seconda dei diversi casi ST6, ST10 presenza di boiaccia, possibile presenza di fibre di vetro, resine e calcestruzzo spruzzato

Tabella 1: Caratteristiche principali dei materiali di risulta (ST) dallo scavo di gallerie. (\*) L'effetto dello scavo sotto-falda è riportato in corsivo. Da C. Oggeri et al. / Tunnelling and Underground Space Technology 44 (2014) 97 - 107

	Aggregati per costruzioni	Rilevati stradati	Materie prime	Bonifiche ambientali	Riempimenti
ST1	Sì <sup>'abd</sup>	sì <sup>'abd</sup>	sì <sup>'bd</sup>	Possibile	Possibile
ST2	N.S.	Sì <sup>'abd</sup>	N.S.	Sì	Sì
ST3	Sì <sup>'bd</sup>	sì <sup>'bd</sup>	Possibile <sup>'bd</sup>	Possibile	Possibile
ST4	N.S.	Sì <sup>'bd</sup>	N.S.	Possibile	Sì
ST5	Sì <sup>'bd</sup>	Sì <sup>'b</sup>	Sì <sup>'bd</sup>	Possibile	Possibile
ST6	N.S.	N.S.	N.S.	Sì	Sì
ST7	Sì <sup>'abd</sup>	Sì <sup>'abd</sup>	N.S.	Possibile	Possibile
ST8	N.S.	sì <sup>'abcd</sup>	N.S.	Sì <sup>'a</sup>	Sì <sup>'a</sup>
ST9	Possibile <sup>'abd</sup>	Sì <sup>'eb</sup>	N.S.	Sì <sup>'a</sup>	Sì <sup>'a</sup>
ST10	N.S.	Possibile <sup>'abef</sup>	N.S.	Sì <sup>'af</sup>	Sì <sup>'af</sup>
ST11	N.S.	Possibile <sup>'abcde</sup>	N.S.	Sì <sup>'af</sup>	Sì <sup>'af</sup>
ST12	Possibile <sup>'abd</sup>	Possibile <sup>'abc</sup>	N.S.	Sì <sup>'af</sup>	Sì <sup>'af</sup>
ST13	N.S.	N.S.	N.S.	Possibile <sup>'af</sup>	Possibile <sup>'af</sup>
ST14	Possibile <sup>'abde, g</sup>	Possibile <sup>'abg</sup>	N.S.	Possibile <sup>'ag</sup>	Possibile <sup>'ag</sup>
ST15	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	Possibile <sup>'ag</sup>
ST16	N.S.	Possibile <sup>'abfg</sup>	N.S.	Possibile <sup>'ag</sup>	Possibile <sup>'ag</sup>
ST17	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	Possibile <sup>'ag</sup>

Legenda: (\*) Necessità di un impianto di trattamento in sito; (\*\*) Verifica ambientale obbligatoria prima del trattamento, a Essiccamento, b Vagliatura, c Disidratazione (ciclonatura, filtrazione), d Macinazione, e Correzione del pH, f Aggiunta di leganti (CaO o cemento), g Trattamenti speciali (separazione magnetica, ecc.)

Tabella 2: Possibili riutilizzi dei materiali di risulta dallo scavo di gallerie (nel caso in cui non siano considerati rifiuti) Da C. Oggeri et al. / Tunnelling and Underground Space Technology 44 (2014) 97 - 107

Parametro	Aggregati per costruzioni	Rilevati stradati	Materie prime	Bonifiche ambientali	Riempimenti
<b>Deformabilità</b> (modulo, coefficiente di consolidamento; indice di comprimibilità, capacità portante)	X	XXX	O	XX	XX
<b>Resistenza</b> (resistenza alla compressione monoassiale, resistenza di taglio, angolo di attrito, coesività)	XX	XXX	XX	XX	X
<b>Struttura</b> (indice dei vuoti, compattezza, peso dei grani)	X	XXX	X	XX	XX
<b>Durabilità</b> (resistenza all'usura, alla frammentazione e al freddo, reazione alcali-aggregato)	XXX	XX	XXX	X	X
<b>Proprietà di lisciviazione</b>	XX	XX	XX	XXX	XX
<b>Percentuale di minerale e valore</b>	XX	X	XXX	O	O
<b>Distribuzione granulometrica e morfologica</b> (presenza di fini, petrografia, forma)	XXX	XXX	X	X	X
<b>Rapporto con l'acqua</b> (contenuto d'acqua, indice di consistenza, conducibilità idraulica)	XX	XXX	X	XX	XX

Legenda: XXX = Rilevante, XX = Importante, X = Minore importanza, O = Non applicabile

Tabella 3: Proprietà fisiche e meccaniche in relazione alle differenti destinazioni d'uso previste Da C. Oggeri et al. / Tunnelling and Underground Space Technology 44 (2014) 97 - 107

permettono un recupero diretto. Un caso classico è l'esecuzione di scavi in siti industriali o in aree urbane, ove la presenza di attività pregresse possono avere generato una contaminazione diffusa. Analogo discorso può essere fatto per gli scavi in progetti di bonifica. A queste fattispecie possono essere aggiunti tutti quei materiali che sono scavati con tecnologie tali per cui il trattamento preliminare potrebbe essere border line, rischiando di non rientrare nelle normali pratiche industriali. Per tali materiali, il trattamento on site con impianti autorizzati al recupero di rifiuti può risultare la soluzione sia più cautelativa dal punto di vista normativo e ambientale, sia quella più sostenibile dal punto di vista economico.

## Soil Washing dei materiali di scavo

Il S&SW (Soil & Sediment Washing) è processo di risanamento ex-situ, che può essere sviluppato sia sotto forma di intervento off-site, con impianti fissi, sia con applicazioni on-site con impianti mobili, soprattutto per interventi di bonifica e/o risanamento di grandi dimensioni (generalmente superiori a 10.000 ton di materiale da trattare). Esso è utilizzato per il risanamento dei materiali di scavo contaminati, con l'obiettivo di massimizzare il recupero di materiali e di ridurre quindi la quantità dei rifiuti conferiti a smaltimento.

Un trattamento di S&SW consiste generalmente nella selezione granulometrica e nel lavaggio dei materiali costituenti la fase solida (terreno, scorie, sedimenti, etc.), mediante la fluidificazione della stessa nelle acque di lavaggio, e il trasferimento totale o parziale della contaminazione nella frazione fine. Il processo di selezione della fase solida è seguito quindi da un trattamento chimico-fisico della torbida risultante, in modo da concentrare gli inquinanti nei fanghi disidratati (limi e argille)

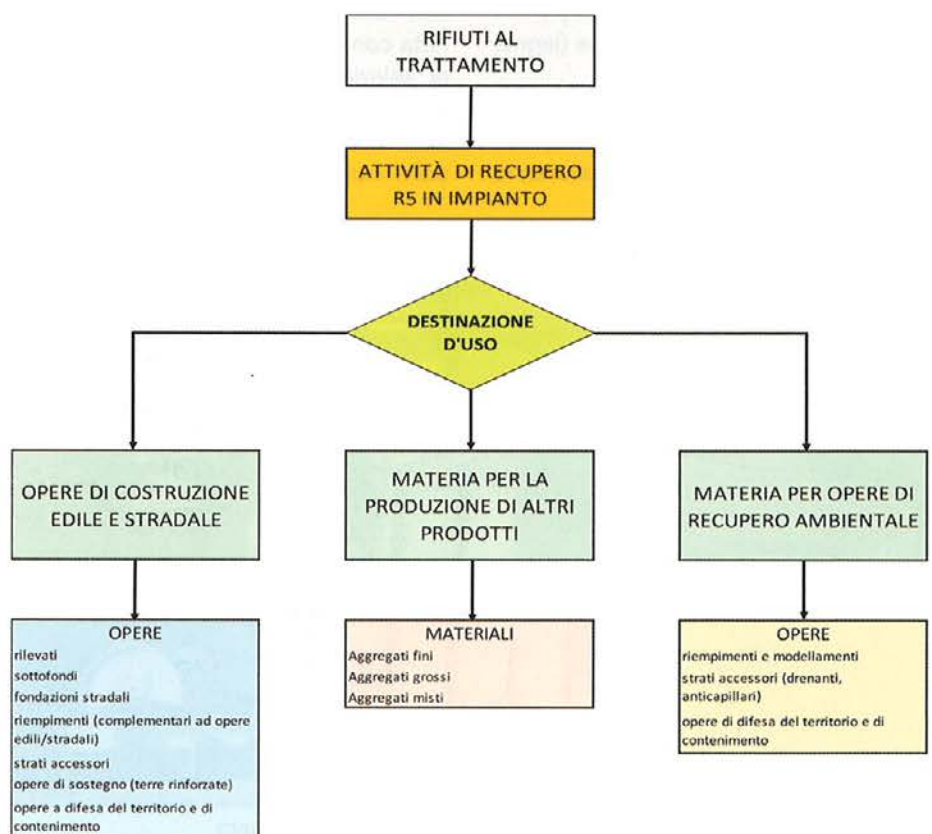
e permettere il ricircolo delle acque di lavaggio. Nel caso in cui l'impianto sia autorizzato a trattare rifiuti, sulla base del materiale in ingresso possono essere pensati tre differenti percorsi di recupero:

- **Attività R5 Riciclo/recupero di altre sostanze inorganiche:** prodotti per la realizzazione di opere di costruzione edile e stradale
- **Attività R5 Riciclo/recupero di altre sostanze inorganiche:** materiali per la produzione di altri prodotti
- **Attività R5 Riciclo/recupero di altre sostanze inorganiche:** materiali da utilizzarsi nell'ambito di opere di recupero ambientale

Il processo di trattamento dei rifiuti produrrà delle MPS che dovranno soddisfare i requisiti tecnici per gli scopi specifici e rispettare la normativa e gli standard esistenti applicabili ai prodotti. Affinché l'applicazione del S&SW ab-

bia successo, è necessario studiare le caratteristiche chimico-fisiche dei contaminanti presenti e della matrice. Risulta di fondamentale importanza la comprensione di come l'inquinamento si lega alla matrice terreno/acqua per poterlo separare, concentrare e rimuovere. Questa fase è determinante ai fini della scelta delle sezioni tecnologiche dell'impianto e per il loro dimensionamento. Data la notevole varietà dei materiali di scavo e le caratteristiche sitospecifiche della contaminazione, è fondamentale la possibilità di eseguire prove in impianto pilota, in supporto alla progettazione dei processi di gestione dei materiali di scavo [4].

Tipicamente un impianto di S&SW è suddiviso in diverse sezioni di trattamento, che hanno lo scopo di coprire l'intero processo di gestione dei materiali da trattare. In generale, si possono identificare le seguenti sezioni:



- Alimentazione e pretrattamento del materiale in ingresso;
- Fluidificazione e separazione granulometrica;
- Trattamento chimico fisico della torbida prodotta;
- Addensamento frazioni fini;
- Trattamento acque in esubero.

L'impianto funziona concettualmente come una catena di montaggio a ciclo continuo: tubazioni o nastri trasportatori collegano le diverse sezioni tecnologiche dell'impianto [5]. In uscita, l'impianto produce le seguenti frazioni granulometriche, che devono mostrare caratteristiche di qualità compatibili con la destinazione d'uso prevista: materiale grossolano (50 - 150 mm), ghiaia grossolana (10 - 50 mm), ghiaia fine (2 - 10 mm), sabbia (0,063 - 2 mm).

Le frazioni comunemente da inviare a smaltimento o a diverso recupero, se conformi, sono invece composte da: materiali grossolani sopravaglio, fanghi disidratati, contenenti le frazioni più fini (<0,063 mm), frazioni organiche (legno, vegetazione, conchiglie, ecc).

In termini generali il processo di Soil & Sediment Washing è applicabile a materiale solido di diversa granulometria

contaminato da sostanze inorganiche (quali metalli pesanti) e/o organiche (quali idrocarburi, composti clorurati semivolatili). La reale applicabilità del processo in termini tecnico-ambientali ed economici dipende essenzialmente dalle caratteristiche granulometriche del terreno e da tipologia e origine della contaminazione.

### Soil Washing potenziato in un'ottica di "zero discharge"

Il processo tecnologico standard prevede che la frazione fine addensata prodotta a seguito del lavaggio sia smaltita. In realtà, in molti casi, essa risulta compatibile con diverse destinazioni d'uso al di fuori della qualifica di rifiuto, purché presenti idonee caratteristiche geomeccaniche. Vi sono esperienze all'estero sul materiale in uscita da scavi con TBM, la cui frazione fine è condizionata con cemento a valle del processo di selezione granulometrica e addensamento, durante il trasporto, in modo tale da velocizzare il raggiungimento delle caratteristiche richieste per l'ab-

bancamento finale [6]. A conoscenza degli scriventi non esistono esperienze di consolidamento in linea della frazione fine all'interno del processo stesso di separazione granulometrica, né in Italia, né all'estero se non quelle sviluppate da Trevi. Questo processo, sperimentato su sedimenti portuali dragati (materiali di scavo) e brevettato in alcune sue parti specifiche, è applicabile con successo anche a scavi on shore, nel caso in cui sia necessario/conveniente recuperare la frazione sabbiosa o ghiaiosa del terreno e la contaminazione non precluda la possibilità di abbancare la frazione fine. È possibile completare il processo di Soil & Sediment Washing in modo da ottenere la separazione granulometrica, la riduzione della contaminazione della frazione sabbiosa e l'addensamento con centrifuga della frazione fine con contemporaneo consolidamento della stessa tramite iniezione di leganti in linea. La possibilità di consolidare la frazione fine residua nell'ambito dello stesso processo di S&SW rende la stessa idonea alla realizzazione di rilevati o altre opere immediatamente utilizzabili, con evidente risparmio di costi e tempi. Operativamente, la miscela di leganti, confezionata con una ricetta tale da ottimizzare l'aggiunta di acqua al processo, viene inserita direttamente in ingresso alla centrifuga, in modo tale da avere intima miscelazione delle particelle di legante con la matrice solida ed un materiale in uscita che immediatamente comincia l'indurimento. La centrifuga permette il controllo in automatico della quantità di boiaccia da aggiungere, sulla base delle caratteristiche di portata e densità del fango fluido in ingresso. Il dosaggio dei leganti per tonnellata di solido secco nel materiale denso in uscita è calcolato sulla base delle caratteristiche richieste al materiale e alla sua destinazione d'uso.

Per testare l'efficacia dell'intero processo tecnologico Trevi e 3V Green Eagle hanno svolto alcuni test pilota in occasione



Impianto di trattamento reflui di perforazione – Campo Prove Trevi – Gualdo (FC)

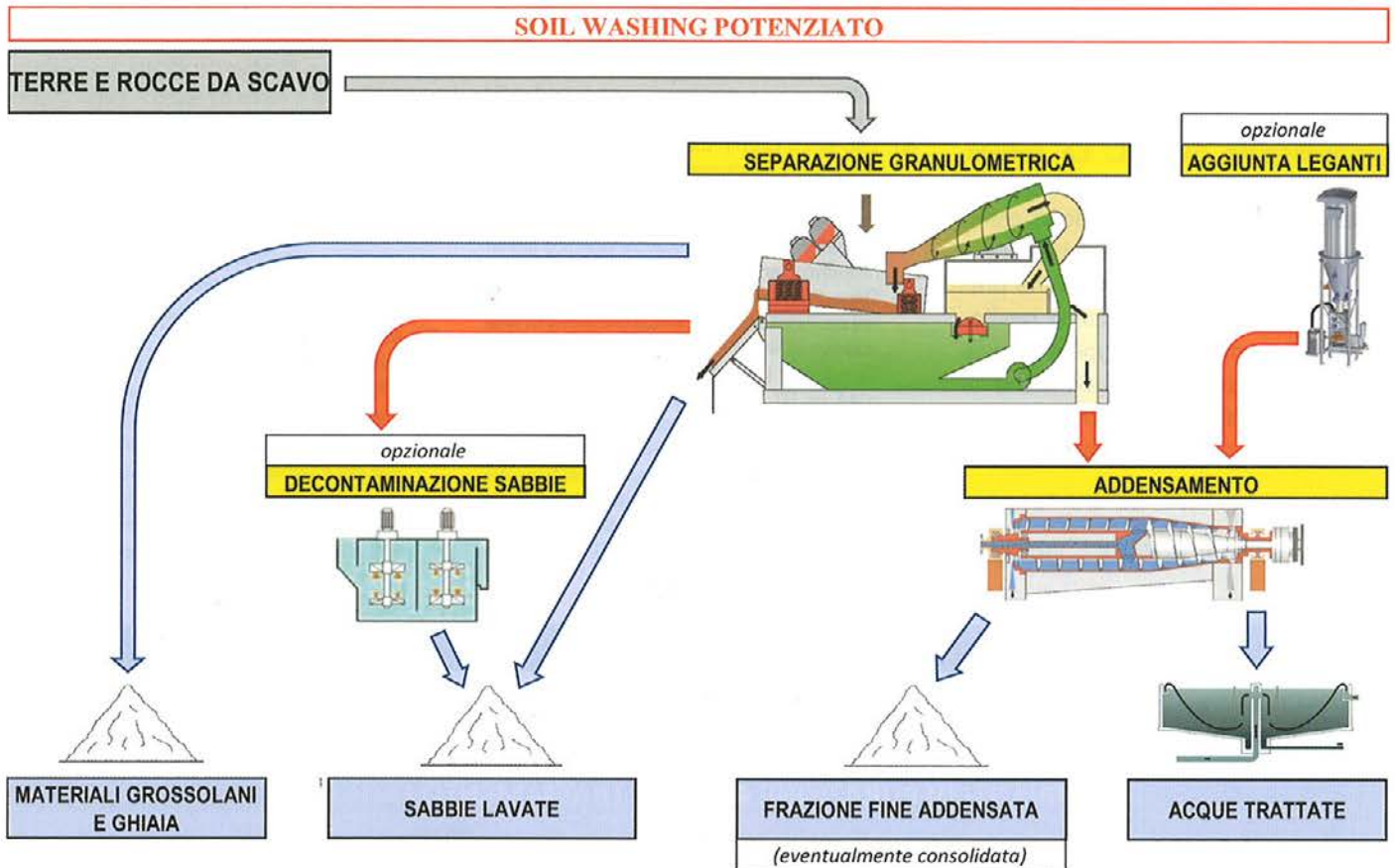


Figura 2: Schema funzionale processo di Soil & Sediment Washing con consolidamento in linea

di due principali sperimentazioni eseguite sui sedimenti provenienti dai Canali Industriali di Porto Marghera [7] e sui sedimenti dei porti di La Spezia e Livorno [8], che hanno dato risultati promettenti.

## Conclusioni

Quanto descritto nel contributo evidenzia la rilevanza del problema della corretta gestione dei materiali di scavo, la complessità e la molteplicità di tecnologie utilizzabili nei processi di gestione, nonché gli indubbi vantaggi ambientali e socio-economici che potrebbero derivare dall'utilizzare un approccio conforme alle Direttive della Comunità Europea. I processi di gestione di terre e rocce da scavo, soprattutto all'interno di opere che attraversano materiali

di natura diversa, dovrebbero avere le seguenti caratteristiche in accordo con quanto previsto nel progetto dell'opera: a) Produzione di materiale riutilizzabile; b) Elasticità del processo; c) Utilizzo di best practices, integrate con processi già validati; d) Riduzione della eventuale contaminazione presente. Nell'ottica di un reale contributo alla tutela dell'ambiente e del territorio si ribadisce l'importanza, da un punto di vista concettuale, che il riutilizzo di una risorsa sia perseguito non soltanto con le normali pratiche industriali, ma con tecnologie innovative e rinnovate che fanno più capo alle best practices, del settore di riferimento. In quest'ottica, il trattamento di S&SW può essere potenziato con il consolidamento in linea della frazione fine, al fine di conferire idonee caratteristiche geomeccaniche mirando ad un

processo zero discharge.

La riduzione della eventuale contaminazione permette il sicuro riutilizzo della risorsa con conseguenti vantaggi in termini di incidenza dell'opera e notevoli risparmi. Data però la notevole varietà dei materiali di scavo e le caratteristiche sitospecifiche della contaminazione, è fondamentale la possibilità di eseguire prove in impianto pilota, in supporto alla progettazione dei processi di gestione dei materiali di scavo. Al fine di implementare soluzioni innovative a questo tipo di problematiche, in questi anni si è creata e rafforzata la collaborazione stabile tra Trevi SpA e 3V Green Eagle SpA, società del Gruppo 3V specializzata nel trattamento di acque e fanghi fortemente contaminati, trattamento di fanghi di perforazione e rifiuti pericolosi, fortemente impegnata in attività di

ricerca e sviluppo di nuove tecnologie da utilizzare nell'ambito del recupero dei materiali da smaltire. Da questa collaborazione stabile è nata la nuova società partecipata 6V SRL. La società, forte del know-how dei soci, leader dei settori di riferimento, si propone come player l'esecuzione di lavori di bonifica e recupero ambientale con tecniche prevalentemente on-site, tra cui la gestione, il trattamento ed il recupero di suoli e sedimenti contaminati, all'interno di opere infrastrutturali, bonifiche e messe in sicurezza di siti contaminati.

**Bibliografia**

[1] Pigorini A.,Martino A., Martelli F., Padulosi S.,

Putzu D., (2014) "Gestione terre e rocce da scavo: nuovi orizzonti o nuovi limiti?", Convegno "Terre e rocce da scavo nelle Opere in sotterraneo: un problema o una opportunità" – atti pp. 89 - 101, Verona, 8 - 9 Maggio.

[2] Lieb R. H., (2011) "Experience in spoil management on conclusion of excavations for the Gotthard Base Tunnel", Convegno SIG "Terre e rocce da scavo nelle opere in sotterraneo: problematiche tecniche di scavo e giuridico amministrativo di smaltimento" - Verona, 2 - 3 Marzo.

[3] Oggeri C., Fenoglio T. M., Vinai R., (2014) "Tunnel spoil classification and applicability of lime addition in weak formations for muck reuse", Tunnel and Underground Space Technology n°44, pp. 97 – 107, Elsevier.

[4] Preda G. Vanni D, Macchini R., Salvetti R., Galessi R., Slavik E (2014). "Un approccio multidisciplinare e innovativo alla gestione dei sedimenti marini: sperimentazioni in impianto pilota per il massimo recupero della risorsa sedimento" SITI CONTAMINATI. Esperienze

negli interventi di risanamento. (Ed. CSISA) ISBN 88-7850-014-3.

[5] Bevilacqua P, Moro N., (2011) "La gestione delle terre e rocce da scavo – Parte 2° (Descrizione di un impianto di lavaggio delle terre e rocce da scavo)", Gallerie e grandi opere in sotterraneo n°98, pp. 55 – 60.

[6] Rengshausen R., Tauriainen R., Raedle A., (2014) "TBM and spoil treatment selection process – case history Crossrail C310 Thames Tunnel – Slurry TBM versus EPB TBM", Geomechanics and Tunneling 7, n°1, pp. 45 – 54.

[7] Vanni D, Preda G., (2012) "Consolidation of dredged mud in the Venice Lagoon" - ISSMGE - TC 2011 International Symposium on Ground Improvement IS-GI, Brussels 31 May & 1 June.

[8] Vanni D, Veggi S., (2014) "Tecnologie innovative per il riutilizzo e la stabilizzazione di sedimenti dragati", Giornata di Studio AGI "Il contributo della geotecnica alla protezione del sottosuolo dagli inquinanti", Napoli, 18 luglio.

# TECNOIDEA IMPIANTI

## IMPIANTI DEPURAZIONE ACQUE E TRATTAMENTO FANGHI



IMPIANTO COMPLETO DEPURAZIONE ACQUE E TRATTAMENTO FANGHI



FILTROPRESSA A TRAVE ALTA FPTA 1620/100/30



ACQUA TORBIDA



ACQUA DEPURATA



FANGO LIQUIDO



FANGO DISIDRATATO

**QUALITA', AFFIDABILITA' E MASSIMA COMPETENZA A SERVIZIO DEL CLIENTE**