



Consorzio Industriale Provinciale Carbonia - Iglesias

Appalto per la progettazione esecutiva, previa acquisizione del progetto definitivo in sede di gara, e l'esecuzione dei lavori di bonifica del bacino portuale e dragaggio dei fondali antistanti la banchina est nel porto industriale di Portovesme - 1° lotto

CUP G31H14000490002 - CIG 66619628F3

PROGETTO DEFINITIVO



Capogruppo Mandataria



Via Pierobon, 46 - 35010 LIMENA (PD)
Tel. 049 8657311 e Fax 049 767984
info@intercantieri.com - www.intercantieri.com

Cooptata



Via Delle Miniere 2 - ELMAS (CA)
Tel. 070 2425
servizi@ifras-spa.it

Proponente



Agglomerato Industriale Portovesme
09010 Portoscuso (CI)
Tel. 0781 5112227
consorzio@sicip.it - www.sicip.it

Legale Rappresentante Dott. Federico Strina

Progettista Mandante



Sede Legale:
Via A. Nibby, 5 - 00161 ROMA
Tel. 06 44234232 - Fax. 06 44234247
e-mail info@progevi.it

Ing. Fiorenzo Rosso



ELABORATO:

CODICE ELABORATO PROGEVI:

SCALA:

PCI002 PD 01 D 010004 R00

LAVORO FASE SUBFASE TIPO ELABORATO REVISIONE

TITOLO ELABORATO:

PROVE PILOTA SOIL WASHING:
protocollo di esecuzione

rev.	data	descrizione	redatto	verificato	controllato	approvato
00	11/18	INTEGRAZIONE VOLONTARIA	GENTINI	BIZIATO	BIZIATO	ROSSO

PROGETTO DEFINITIVO – PROVE PILOTA SOIL WASHING

1. PREMESSA	1
2. PROTOCOLLO CAMPIONAMENTO SEDIMENTI DI AREA PORTUALE ANTISTANTE BANCHINA EST DEL PORTO INDUSTRIALE DI PORTOVESME	2
2.1 Caratterizzazione sedimenti di dragaggio	4
3. PROTOCOLLO PROVE PILOTA SOIL WASHING	5
3.1 ASSESSMENT SUI DATI DISPONIBILI	5
3.2 CARATTERIZZAZIONE DELLA MATRICE	5
3.3 PROVE PILOTA DI SOIL WASHING CON MODELLO IN SCALA BENCH DI IMPIANTO DI TRATTAMENTO COMPLETO	5
3.3.1 Ipotesi di processo	6
3.4 IMPIANTO PILOTA	10
3.4.1 Sospensione e agitazione (disaggregatore/sfangatore)	10
3.4.2 Separazione granulometrica e densimetrica, attrizione (trattamento sabbie)	10
3.4.3 Trattamento acque (sedimentatore)	11
3.4.4 Trattamento fanghi	12
3.4.5 Determinazione dei parametri di processo	12
3.5 ANALISI DEGLI STREAM DI OUTPUT DEL TRATTAMENTO CHIMICO-FISICO	13

CAPOGRUPPO MANDATARIA	COPTATA	PROGETTISTA MANDANTE
		

PROGETTO DEFINITIVO – PROTOCOLLO PROVE PILOTA SOIL WASHING

1. PREMESSA

Il presente documento contiene nella prima parte la descrizione delle attività di campionamento eseguita per il prelievo dei sedimenti che saranno oggetto di dragaggio, dettagliando le metodiche adottate per il campionamento.

La seconda parte del documento contiene il protocollo che verrà applicato per l'esecuzione delle prove pilota atte a dimensionare l'impianto di soil washing, previsto da progetto e adoperato per la rimozione delle sostanze inquinanti contenute nei sedimenti derivanti dai lavori di bonifica del bacino portuale e dragaggio dei fondali antistanti la banchina est nel porto industriale di Portovesme.

CAPOGRUPPO MANDATARIA	COPTATA	PROGETTISTA MANDANTE
		

PROGETTO DEFINITIVO – PROTOCOLLO PROVE PILOTA SOIL WASHING

2. PROTOCOLLO CAMPIONAMENTO SEDIMENTI DI AREA PORTUALE ANTISTANTE BANCHINA EST DEL PORTO INDUSTRIALE DI PORTOVESME

Per l'avvio delle prove pilota per il corretto dimensionamento dell'impianto di soil washing previsto da progetto "APPALTO PER LA PROGETTAZIONE ESECUTIVA, PREVIA ACQUISIZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO IN SEDE DI GARA, E L'ESECUZIONE DEI LAVORI DI BONIFICA DEL BACINO PORTUALE E DRAGAGGIO DEI FONDALI ANTISTANTI LA BANCHINA EST NEL PORTO INDUSTRIALE DI PORTOVESME LOTTO – 1°" si sono eseguite delle attività di prelievo dei sedimenti di area portuale antistante la banchina est del porto industriale di Portovesme.

Al fine di avere una corrispondenza con i dati analitici prodotti dalle precedenti campagne ambientali eseguite presso l'area antistante la banchina est del porto industriale di Portovesme è stata adottata la medesima maglia applicata durante la caratterizzazione dei fondali effettuata nel 2015 da Veolia.

Le attività di campionamento si sono eseguite in data 18 - 19 dicembre 2017 previa comunicazione a capitaneria portuale di Portovesme con prot. n. 02.02/8755 in data 09.12.2017, la quale ha autorizzato le attività di immersioni subacquee per campionamenti nel porto industriale di Portovesme mediante autorizzazione n.49/2017.

Per il campionamento si è applicato una maglia 50 x 50 m nelle zone interne a distanza inferiore di 50 m dai manufatti (quali ad esempio pontili, darsene e banchine) mentre per le zone distanti dai manufatti viene adoperata una maglia 100 x 100 m (manuale ICRAM – APAT 2007).

Il prelievo di campioni è avvenuto solo presso le aree BE4, BE5, BE6, ovvero aree che durante la precedente caratterizzazione eseguita, secondo Manuale ICRAM 2007 (manuale per la movimentazione di sedimenti marini), da Veolia nel 2015 e successiva integrazione nel 2016, vengono classificati come sedimenti di tipo C.

In Fig. 1 vengono riportate su foto satellitare le aree di prelievo presso area portuale antistante banchina est.

CAPOGRUPPO MANDATARIA	COPTATA	PROGETTISTA MANDANTE
		

PROGETTO DEFINITIVO – PROTOCOLLO PROVE PILOTA SOIL WASHING



Fig. 1 – Area campionate presso area portuale antistante banchina est.

Il campionamento si è effettuato mediante sommozzatore determinando il corretto posizionamento dell'area di prelievo mediante l'utilizzo di imbarcazione dotata di sistema GPS.

Durante le operazioni di immersione si sono applicati indicatori di posizione per gli operatori subacquei (gavitelli).

All'interno di ciascuna maglia si sono prelevati sedimenti di fondale fino ad una profondità massima di prelievo pari a 0.50 m. Da tale attività si sono prodotti 10 campioni di materiale inerte qui si seguito descritti:

- Presso area BE4 si sono prelevati 3 campioni da 80/100 kg di sostanza secca denominati BE4_1, BE4_2 e BE4_3;
- Presso area BE5 si sono prelevati 3 campioni da 80/100 kg di sostanza secca denominati BE5_1, BE5_2 e BE5_3;
- Presso area BE6 si sono prelevati 6 campioni da 80/100 kg di sostanza secca denominati BE6_1, BE6_2, BE6_3 e BE6_4.

Al fine di evitare perdite di rappresentatività del campione prelevato, successivamente alle operazioni di prelievo i campioni sono stati conservati in appositi contenitori e inviati a laboratorio di riferimento per le successive analisi chimico fisiche ed ecotossicologiche.

CAPOGRUPPO MANDATARIA	COPTATA	PROGETTISTA MANDANTE
		

PROGETTO DEFINITIVO – PROTOCOLLO PROVE PILOTA SOIL WASHING

2.1 Caratterizzazione sedimenti di dragaggio

Sui campioni in oggetto sono state eseguite le seguenti tipologie di analisi:

- analisi chimiche;
- ecotossicologiche;
- granulometriche;
- minero-petrografiche.

Le analisi chimiche sono state eseguite con metodi normati a livello nazionale (UNI e CNR IRSA), e i dati sono espressi su solido secco.

Le analisi ecotossicologiche sono state eseguite con metodi di riferimento internazionali (ISO, RIKZ) e i dati riportati nei rapporti di prova sono espressi:

- come EC20 (percentuale di diluzione del campione che provoca il 20% di effetto) ed EC50 (percentuale di diluzione del campione che provoca il 50% di effetto) della inibizione della crescita per l'Alga (*Phaeodactylum tricornutum*) e di inibizione di vitalità per il Rotifero (*Brachionus plicatilis*) rispetto ad un bianco di controllo. I test sono stati eseguiti su elutriato eseguito con acqua di mare artificiale secondo quanto riportato in ICRAM 2001;
- come TU (Toxicity Unit) per la prova con il batterio *Vibrio Fischeri* in fase solida (SPT), rapportato al valore della Tossicità Naturale del campione riferita alla frazione percentuale di pelite al fine di calcolare il valore dell'Indice di Tossicità dei Sedimenti (STI), secondo il protocollo Ispra.

Le analisi granulometriche si sono eseguite mediante vagliature sia per via secca che per via umida.

Le analisi minero-petrografiche sono state eseguite mediante micro-analisi (EDS/ WDS) su particelle localizzate, su immagini acquisite con un microscopio elettronico ad ultra alta risoluzione.

CAPOGRUPPO MANDATARIA	COPTATA	PROGETTISTA MANDANTE
		

PROGETTO DEFINITIVO – PROTOCOLLO PROVE PILOTA SOIL WASHING

3. PROTOCOLLO PROVE PILOTA SOIL WASHING

3.1 ASSESSMENT SUI DATI DISPONIBILI

La prima fase prevede la redazione di un assessment basato sui dati disponibili (caratterizzazioni, modello concettuale dei sedimenti, strategie di intervento) per la definizione delle strategie operative e delle modalità di prelievo e preparazione dei campioni.

3.2 CARATTERIZZAZIONE DELLA MATRICE

La seconda fase consiste nel campionamento di porzioni rappresentative e nella sua completa caratterizzazione attraverso analisi mineralogiche, fisiche e chimiche del sedimento tal quale e della fase sabbiosa, oggetto di recupero dopo il trattamento.

Saranno effettuate, tra le altre, analisi dei metalli pesanti e delle fasi in cui essi sono presenti, che contaminano la frazione sabbioso-siltosa già sottoposta a trattamento di recupero. Il sedimento deposto su supporto conduttivo in grafite sarà caratterizzato mediante raccolta di punti di micro-analisi (EDS/ WDS) su particelle localizzate, su immagini acquisite con un microscopio elettronico ad ultra alta risoluzione.

3.3 PROVE PILOTA DI SOIL WASHING CON MODELLO IN SCALA BENCH DI IMPIANTO DI TRATTAMENTO COMPLETO

Scopo dei test pilota di laboratorio è la messa a punto, ai fini della modellazione e della ottimizzazione del processo tecnologico di *soil-washing*, delle fasi del trattamento dei sedimenti marini del porto industriale di Portovesme. Tali fasi comprendono la separazione ed il trattamento di tutte le componenti granulometriche dei sedimenti, per la separazione dei contaminanti metallici dalla matrice.

La verifica e validazione del processo di *soil-washing* avverrà attraverso l'impiego di una apparecchiatura di laboratorio che opera su ridotti volumi di matrice contaminata (circa 100 kg per test). L'apparecchiatura di laboratorio permette, in particolare, di eseguire sperimentazioni atte a verificare il recupero delle frazioni di inerti più grossolane (ghiaia, sabbia) presenti nei sedimenti.

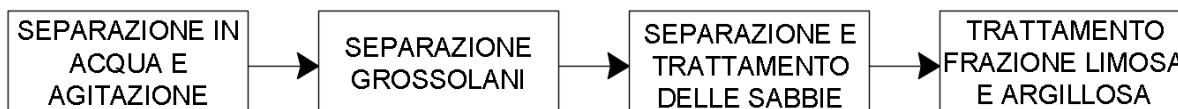


Fig. 2 – fasi del processo

PROGETTO DEFINITIVO – PROTOCOLLO PROVE PILOTA SOIL WASHING

3.3.1 Ipotesi di processo

In generale il meccanismo di lavaggio non è basato esclusivamente sul passaggio in soluzione del contaminante una volta avvenuto il contatto con acqua o con una apposita soluzione estraente, ma il contaminante può essere veicolato anche in forma dispersa o sotto forma di micelle o adsorbito su particelle microniche e sub-microniche di terreno (per la maggior parte dei contaminanti il 90% del carico inquinante è concentrato nella frazione granulometrica di dimensioni inferiori ai 2 mm).

In fase di mobilitazione dei contaminanti, possono intervenire una serie di meccanismi di tipo fisico (azioni di attrito che favoriscono il distacco del contaminante dalla superficie delle particelle di suolo) e chimico-fisico (desorbimento, attacco chimico mediante acidi inorganici, etc).

L'azione solvente dell'acqua può essere sfruttata solo nei confronti di un ristretto numero di contaminanti, come il cromo esavalente, i cloruri, i solfati: il suo utilizzo, pertanto, è soprattutto quello di agente disperdente ed oggi si tende sempre di più a sfruttare l'energia cinetica del flusso d'acqua per ottenere in primo luogo la mobilitazione fisica dei contaminanti.

Soluzioni basiche (di NaOH-soda caustica ad esempio) possono essere utilizzate su sedimenti a matrice argillosa nei quali l'elevata densità di carica superficiale contribuisce a trattenere contaminanti quali, ad esempio, i cianuri; l'incremento del pH favorisce la mobilitazione del contaminante, aumentando il potere disperdente dell'acqua.

Nel caso di contaminazione da parte di metalli o semi-metalli, sono utilizzabili agenti estraenti quali acidi inorganici o organici, basi, sali, sostanze chelanti, ossidanti o riducenti, da selezionare in base alla forma chimica dei contaminanti e alle caratteristiche della matrice.

Oltre ai parametri di processo già richiamati, influiscono sull'efficienza di lisciviazione di questo tipo di contaminazione:

- il pH della sospensione;
- il potenziale redox;
- la forza ionica del sistema;
- la presenza di eventuali agenti complessanti, quali Cl^- , AcO^- , NH_4^+ , CN^- .

In particolare, pH e redox influiscono sulla forma chimica che assumono gli elementi da estrarre, pH e forza ionica sull'intensità delle interazioni tra inquinanti e matrice solida, pH e agenti complessanti determinano la concentrazione di inquinanti nelle fasi solida e liquida all'equilibrio.

Estrazione acida

In ambiente acido, le particelle di terreno tendono ad assumere carica superficiale positiva; ciò rende meno intenso il legame tra cationi metallici e la superficie delle particelle solide per effetto elettrostatico repulsivo e/o di competizione con gli ioni H^+ per i siti di adsorbimento superficiale. Non è trascurabile

CAPOGRUPPO MANDATARIA	COPTATA	PROGETTISTA MANDANTE
		

PROGETTO DEFINITIVO – PROTOCOLLO PROVE PILOTA SOIL WASHING

anche il fatto che la solubilità dei sali metallici, quali carbonati, idrossidi e ossidi, aumenta la diminuire del pH, fattore che contribuisce a sciogliere i precipitati e trasferire i metalli in soluzione.

Il lavaggio del terreno con soluzioni acide è pertanto indicato per la rimozione di metalli in forma cationica come Cd^{2+} , Cr^{3+} , Pb^{2+} , Hg^{2+} , ecc..

Reagenti utilizzati in questo tipo di estrazione sono acidi forti, principalmente HCl e deboli quali acido acetico, citrico, tartarico, piruvico, o miscele di questi, in concentrazione generalmente compresa tra 0,05 e 1 N. Il dosaggio da impiegarsi dipende dalle caratteristiche della matrice solida. In matrici neutre o basiche, i cationi metallici sono fortemente adsorbiti sulla frazione argillosa e agli ossidi di ferro e manganese aderenti alla matrice solida; serve pertanto una soluzione estraente acida e concentrata. Nei terreni acidi e sabbiosi, i cationi metallici sono più mobili; pertanto, sono facilmente estraibili anche con soluzioni acide meno concentrate.

Nel caso in cui la componente fine del sedimento venga trattata con soluzioni acide a $\text{pH} < 1$, si può avere la disgregazione della matrice solida, con conseguente solubilizzazione nelle acque di lavaggio di Si, As e Fe in essa contenuti, che dovranno poi essere abbattuti nella fase di trattamento di queste ultime. L'alterazione della struttura cristallina può altresì limitare il recupero del materiale trattato. Rilevante può essere anche l'effetto corrosivo degli agenti estraenti sui macchinari.

Estrazione basica

L'eccesso di ioni OH^- in una soluzione di lavaggio basica comporta l'accumulo di cariche negative sulla superficie delle particelle solide e meccanismi di competizione per i siti di adsorbimento, che favoriscono il rilascio di metalli presenti in forma anionica (per esempio: AsO_4^{3-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$).

L'agente più utilizzato è NaOH, in concentrazioni comprese tra 0,1 e 1 N.

Tra gli effetti indesiderati delle estrazioni basiche vi è la solubilizzazione di parte della sostanza organica naturale presente nel sedimento.

Estrazione con chelanti

Un chelante è un legante contenente due o più gruppi elettro-donatori, che consentono la formazione di più legami tra uno ione metallico e il chelante stesso.

Tra i composti più frequentemente applicati, vi sono gli acidi etilendiamminotetracetico (EDTA), nitriloacetico (NTA), acido etilendiamminodisuccinico (EDDS) e citrico. Leganti contenenti azoto come donatori di elettroni sono generalmente preferibili per l'estrazione dei metalli di transizione (come Cu(II), Ni(II) ecc.) e cationi quali Cd^{2+} , Pb^{2+} , Hg^{2+} e Zn^{2+} , data l'elevata selettività che mostrano nei confronti di questi elementi. Le concentrazioni impiegate variano tra 0,01 e 0,1 M.

L'efficienza di estrazione è in linea generale dipendente anche dal pH del processo, che deve quindi

CAPOGRUPPO MANDATARIA	COPTATA	PROGETTISTA MANDANTE
		

PROGETTO DEFINITIVO – PROTOCOLLO PROVE PILOTA SOIL WASHING

essere ottimizzato e all'occorrenza modificato con l'aggiunta di acidi o basi. Gli agenti chelanti forti sono meno sensibili a tale parametro, mentre i chelanti deboli sono generalmente più efficienti in ambienti acidi o neutri.

Alla luce di quanto sopra sintetizzato, le prove pilota di *soil washing*, opportunamente indirizzate dalle analisi approfondite dei campioni di sedimento, si dovranno svolgere secondo diverse modalità, impiegando tutte le risorse per il trattamento fisico (separazione granulometrica, attrito, dispersione meccanica) e per il trattamento chimico (diversi agenti liscivianti, disperdenti ed estraenti).

In dettaglio, i sedimenti saranno sottoposti a filiere di processo che saranno via via implementate con elementi di maggior efficacia sul singolo contaminante, simulando attacchi fisici e chimici sostenibili nello *scale up* industriale.

I risultati ottenuti forniranno non solamente una validazione dei processi simulati, ma anche il data base necessario per fornire alternative di gestione dei sedimenti.

Le soluzioni da sottoporre a verifica saranno dunque quelle che si inquadrano nel seguente schema di processo, con variazioni che riguarderanno principalmente i tempi di contatto e trattamento, la natura dei fluidi di estrazione e dispersione, il ph dell'ambiente di estrazione, l'eventuale impiego di chelazione.

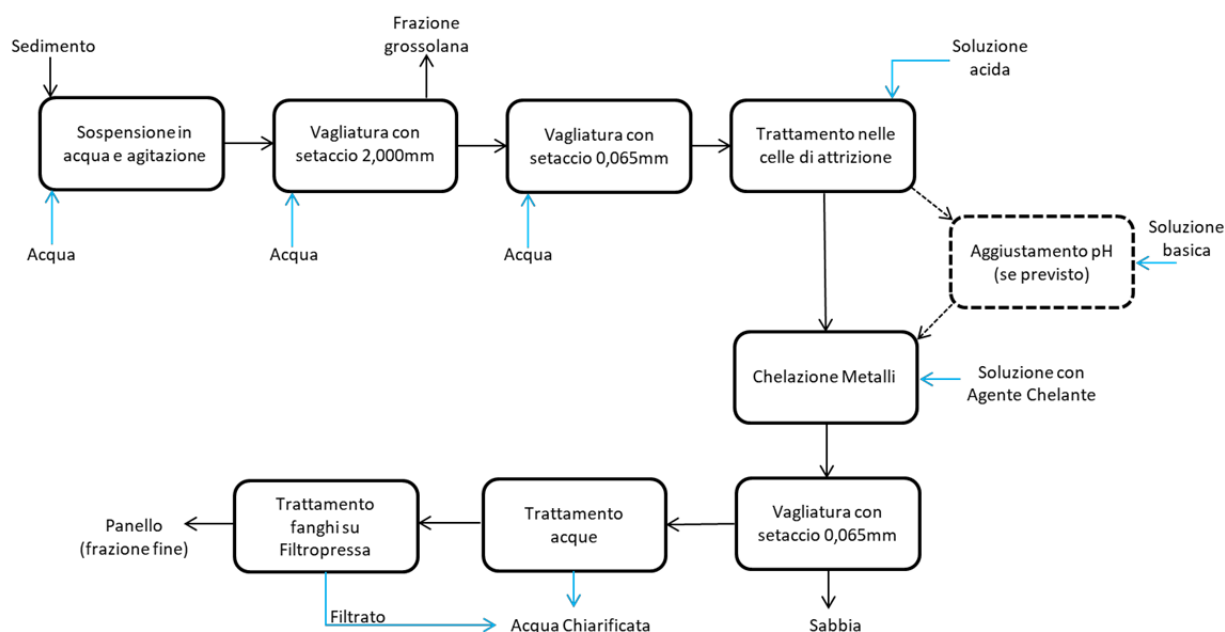


Fig. 3 - Schema base delle sperimentazioni

PROGETTO DEFINITIVO – PROTOCOLLO PROVE PILOTA SOIL WASHING

Lo schema più semplice derivabile è quello che impiega acqua dolce industriale come fluido estraente e meccanismi fisici di distacco e segregazione dei contaminanti (sfangatura, vagliatura e celle di attrito). Quello più complesso sfrutta l'attacco chimico mediante acido inorganico per sciogliere i metalli trasferendoli nel liquido di lavaggio (*leaching* acido) e la cattura mediante agenti chelanti in grado di legarsi al contaminante facendolo precipitare nella frazione limo-argillosa.

La soluzione acida potrebbe consistere in acido solforico (H_2SO_4). Il dosaggio avverrà nelle celle di attrizione dove si riesce a ottimizzare il tempo di contatto. Sulla base del pH uscente dal trattamento di lisciviazione, occorrerà valutare se aggiungere una base per aggiustare il valore della concentrazione idrogenionica. In tal caso verrà impiegato l'idrossido di Calcio - o calce idrata ($Ca(OH)_2$) - che, reagendo con l'acido, formerà il solfato di calcio ($CaSO_4$): un sale poco solubile e che aiuterà a tenere sotto controllo i solfati e lo ione calcio in soluzione; quest'ultimo potrebbe interferire negativamente con lo step successivo di chelazione. Il chelante è una soluzione acquosa di EDTA (acido etilendiamminotetracetico) o di EDDS (acido etilendiamminodisuccinico). Precedenti esperienze hanno dimostrato che la reazione deve avvenire a pH pari a 6 per avere la massima efficienza di rimozione su alcuni metalli quali il piombo.

Per ogni test, le aliquote uscenti di sabbia verranno campionate e sottoposte ad analisi chimiche in un laboratorio terzo accreditato.

Sono stati ipotizzati 6 test:

TEST 1: senza dosaggio acido, pH neutro, tempo di contatto in celle di attrizione 5 minuti

TEST 2: Dosaggio acido fino a pH 4, tempo di contatto nelle celle di attrizione = 5min

TEST 3: Dosaggio acido fino a pH 4, tempo di contatto nelle celle di attrizione=20min

TEST 4: Dosaggio acido fino a pH 6, tempo di contatto nelle celle di attrizione= 5 min

TEST 5: Dosaggio acido fino a pH 6, tempo di contatto nelle celle di attrizione= 20min

TEST 6 Ripetizione di uno dei test precedenti con acqua marina per verificare l'influenza dei cloruri sul processo di chelazione

In questa fase verrà mantenuto costante il trattamento con il chelante che, come già accennato, dovrà avvenire a pH=6.

CAPOGRUPPO MANDATARIA	COPTATA	PROGETTISTA MANDANTE
		

PROGETTO DEFINITIVO – PROTOCOLLO PROVE PILOTA SOIL WASHING

3.4 Impianto pilota

Nei seguito si descrivono brevemente i dispositivi e le macchine che verranno impiegate per l'esecuzione dei test.



Fig. 4 - Strumentazione di laboratorio per l'esecuzione delle prove pilota di soil washing

3.4.1 Sospensione e agitazione (disaggregatore/sfangatore)

L'aliquota preparata viene sospesa in acqua e sottoposta ad agitazione utilizzando degli agitatori verticali ad asta, dove è possibile impostare varie velocità di rotazione e diversi profili di pala. In questo step vengono valutati le capacità del campione di: disaggregarsi, eliminare eventuali flottanti e stabilire il tempo di contatto nel disaggregatore industriale.

3.4.2 Separazione granulometrica e densimetrica, attrizione (trattamento sabbie)

Con la vagliatura si riesce a simulare il "trattamento sabbie" di un impianto, andando a separare dimensionalmente gli inerti che compongono la matrice ottenendo la frazione sabbiosa (normalmente compresa da 2,00mm- 0,075mm) depurata da contaminanti e della frazione fine.

<p>CAPOGRUPPO MANDATARIA</p> 	<p>COPTATA</p> 	<p>PROGETTISTA MANDANTE</p> 
--	--	---

PROGETTO DEFINITIVO – PROTOCOLLO PROVE PILOTA SOIL WASHING

In base alla quantità di campione, la vagliatura può essere eseguita su due strumenti diversi:

1) **Vibrosetacciatore a secco o umido per vagli con diametro 200 mm**: è un vibrosetacciatore dotato di una base che crea dei movimenti contemporaneamente sussultori e rotatori sul quale è possibile montare dei vagli aventi diametro di 200mm e una rete avente luce personalizzabile. Tali vagli sono impilabili uno sopra l'altro seguendo l'ordine decrescente della luce. Il laboratorio è dotato di vagli aventi svariate aperture che vanno dai 20mm fino ai 0,075mm. La vagliatura può avvenire utilizzando acqua (vagliatura a umido) o a secco. Nel primo caso, la frazione fine sospesa in acqua, viene convogliata in un contenitore mediante un apposito canale di drenaggio. La macchina è in grado di lavorare fino a 1kg circa di materiale per volta.

2) **Vibrosetacciatore a secco o umido per vagli con diametro 600 mm**: è un vibrosetacciatore che monta una rete per volta ma è in grado lavorare fino a 5kg di materiale. Le reti a disposizione del laboratorio sono: 2,00mm e 0,075mm.

Nello step di trattamento sabbie sono previste altre operazioni che prevedono diversi processi di separazione e che in laboratorio si simulano con:

1) **DMS (Dense Medium Separator)**: composto da un tubo cilindrico di altezza personalizzabile alla cui base sono montati degli insufflatori di aria e acqua e in cima è installato un sistema di raccolta delle acque stramazzate. La tecnologia sfrutta la differenza di densità per separare le componenti della matrice ed è capace di lavorare fino a 1kg di materiale;

2) **Cella di attrizione**: è una cella in acciaio dal volume di 1,1L dove grazie ad un particolare agitatore si riesce a simulare il lavoro delle celle di attrizione industriali. In questa fase si stimano l'efficacia e i tempi di contatto.

3.4.3 Trattamento acque (sedimentatore)

In laboratorio sarà studiato il trattamento acque per ricercare la migliore soluzione tecnica ed economica per la chiarifica dei reflui provenienti dal ciclo di soil washing. A tal proposito si utilizza:

1) **JAR TEST**: si tratta di vari agitatori in serie a velocità selezionabile, dove si possono porre in agitazione le acque da trattare e si possono aggiungere i chemical (es.: polielettrolita, cloruro ferrico, ecc.) per ricavarne il miglior condizionamento chimico per la chiariflocculazione.

2) **CONI IMHOFF da 1L**: servono a determinare la velocità di sedimentazione di un refluo precedentemente trattato al jar test.

In questa fase vengono dimensionati i consumi di chemicals, i sedimentatori ed eventuali accessori per un corretto trattamento delle acque.

CAPOGRUPPO MANDATARIA	COPTATA	PROGETTISTA MANDANTE
		

PROGETTO DEFINITIVO – PROTOCOLLO PROVE PILOTA SOIL WASHING

3.4.4 Trattamento fanghi

Dopo la chiarifica delle acque si ottiene una sospensione molto concentrata di solidi in acqua (fango) arricchita dai contaminanti e che generalmente rappresenta il sottoprodotto del processo. In laboratorio saranno studiati i principali metodi per disidratare il fango per renderlo più facilmente gestibile:

- 1) **CENTRIFUGA:** è una macchina in grado di lavorare fino a 10 provette da 50 ml di campione ed è possibile selezionare il numero dei giri/minuto e il tempo di centrifugazione. Simula le centrifughe industriali.
- 2) **FILTROPRESSA:** il laboratorio è dotato di un prototipo in grado di simulare tutti parametri per una disidratazione mediante filtrazione a piastre, sia a volume fisso (concamerato) che a volume variabile (membrane). Si possono ricavare i seguenti dati: la pressione di filtrazione, il volume di camera, la tela più adeguata, volumi di aria per soffiaggio, etc.
- 3) **NASTROPRESSA:** il laboratorio è provvisto di un torchio idraulico idoneo alla simulazione di un processo di disidratazione meccanica con filtro-prensa a nastro.

In tutti i casi, durante il trattamento fanghi, si possono estrapolare tutti i dati che identificano la macchina più idonea alla disidratazione, il contenuto di secco nelle frazioni disidratate, i tempi di ciclo e tutti quei parametri necessari al corretto funzionamento.

3.4.5 Determinazione dei parametri di processo

Per un ottimale dimensionamento di un impianto soil washing, oltre alla determinazione dei principali parametri delle singole unità di processo, sono necessari alcuni dati sulle caratteristiche chimico-fisiche delle matrici entranti, intermedie e finali. Di seguito un elenco delle principali apparecchiature utilizzate per la caratterizzazione fisica:

- 1) **MULTIPARAMETRO:** Strumento in grado rilevare i seguenti parametri: pH, conducibilità e concentrazione ione cloruro;
- 2) **STUFA** (T ambiente – 220°C): per determinazione di secco e trattamenti termici fino a 220°C;
- 3) **MUFFOLA** (200°C – 900°C): per determinazione di solidi volatili e trattamenti termici fino a 900°C;
- 4) **BILANCE:** determinazione varie mediante gravimetria. Sono presenti tre bilance aventi diversa sensibilità che coprono un range di misurazione che va dai 0,010g ai 120 kg;
- 5) **SPETTROFOTOMETRO UV-Vis:** Per determinazione di vari parametri chimici (COD, Metalli, Anioni e Cationi);
- 6) **PICNOMETRO:** per determinazione di densità di solidi e liquidi;
- 7) **GRANULOMETRO LASER:** per determinare la granulometria fine, copre un range che va da 0,1µm a 500µm;
- 8) **BAGNO TERMOSTATO:** per trattamenti in bagnomaria da 0 a 180°C;
- 9) **MICROFILTRAZIONE:** Strumento per la determinazione di tutti i parametri di microfiltrazione.

CAPOGRUPPO MANDATARIA	COPTATA	PROGETTISTA MANDANTE
		

PROGETTO DEFINITIVO – PROTOCOLLO PROVE PILOTA SOIL WASHING

3.5 ANALISI DEGLI STREAM DI OUTPUT DEL TRATTAMENTO CHIMICO-FISICO

Le sabbie trattate saranno sottoposte a test finalizzati a determinarne l'idoneità per il reimpiego *on site*, condizionato

- 1) dalla qualità chimica del *tal quale* rispetto ai limiti di cui agli obiettivi di bonifica (Tabella 1 dell'allegato 5 alla parte IV del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 o CSR definite dalla Analisi di Rischio);
- 2) dal comportamento nei confronti della lisciviazione secondo i metodi del test di cessione di cui al decreto del Ministro dell'ambiente 5 febbraio 1998 e s.m.i..

La fase pelitica sarà sottoposta ai seguenti test chimico fisici:

- a. analisi sul solido *tal quale* ex Allegato 5 al Titolo V della Parte IV del D. Lgs. 152/2006;
- b. test di cessione per l'ammissibilità in discarica per rifiuti pericolosi e non pericolosi ai sensi del DM 27/09/2010;
- c. classificazione di pericolosità.

CAPOGRUPPO MANDATARIA	COPTATA	PROGETTISTA MANDANTE
		