

Paper n° 22**L'EFFICIENZA DEL DECANter CENTRIFUGO NEL TRATTAMENTO DEI FANGHI DI PERFORAZIONE PRODOTTI DA TECNICHE TRENCHLESS, ATTRAVERSO LA SEPARAZIONE E LA RIMOZIONE DELLE PARTICELLE PIÙ FINI E CONSEGUENTE RIDUZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE NEL CANTIERE NO DIG.**

Ing. Michele Russo

Getech srl – Jesi (AN) – Process Manager - Quality Manager

1. INTRODUZIONE

Il fluido di perforazione è un composto di acqua, bentonite e additivi chimici, le quali funzioni e scopi, variano a seconda della metodologia trenchless utilizzata. Il fluido in questione, infatti, può ad esempio sostenere lo scavo, lubrificare gli utensili e trasportare i detriti in superficie. Dalla commistione del fluido di perforazione con il materiale scavato si avrà il cosiddetto **fango di perforazione** il quale, di conseguenza, risulterà così composto: acqua, bentonite, additivi chimici e, a seconda della tipologia di terreno scavato, argilla, limo, sabbia e/o ghiaia.

Al fine di minimizzare l'impatto ambientale, e garantire la sicurezza ed il rispetto delle normative vigenti, è importante attribuire la giusta rilevanza alla tecnica trenchless, e garantire che la stessa venga eseguita a regola d'arte. L'impiego dell'impianto di separazione Gennaretti, mediante il processo di disidratazione del fango di perforazione, è in grado di garantire, il recupero dell'acqua contenuta nel fango stesso, ridurre l'ingombro dei volumi di smarino, ridurre il costo e il peso dei solidi fini da estrarre dal fango ed il suo riutilizzo in alcuni progetti.

2. PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI SEPARAZIONE GENNARETTI

L'impianto di separazione Gennaretti, costituito da un decanter centrifugo ed un polipreparatore, è impiegato nei cantieri trenchless per la separazione del fango di perforazione il quale, dopo un primo stadio di trattamento, a cura del cliente, diventa una miscela bifase omogenea composta da acqua e particelle fini <100 µm in sospensione.

Il processo di separazione consiste nel separare questa miscela bifase in una fase liquida e una fase solida mediante l'applicazione di una forza centrifuga e la differenza di peso specifico delle particelle.

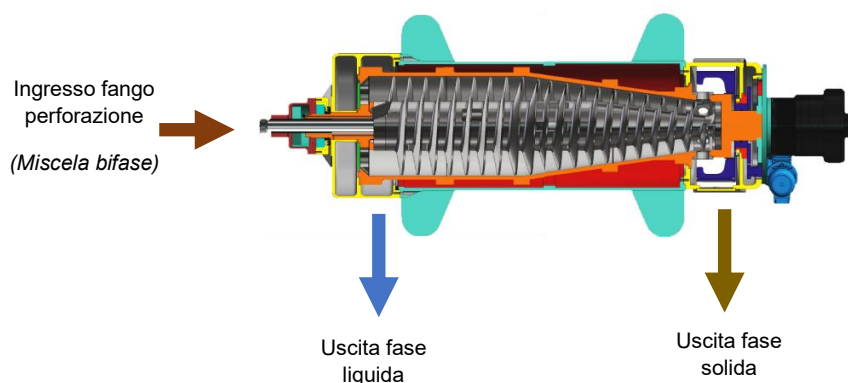


Figura 1. Schema di funzionamento

Le fasi del processo si suddividono in:

1. **Carico del fango:** I fanghi di perforazione vengono inviati alla centrifuga tramite pompa attraverso il tubo di alimentazione che corre fino all'interno del tamburo rotante dove viene applicata la forza centrifuga.
2. **Separazione dei solidi e dei liquidi:** Una volta che il fango entra nel tamburo, la rotazione ad alta velocità genera una forza centrifuga che separa i solidi più pesanti dai liquidi. I solidi si depositano sulle pareti del tamburo e la coclea, che ruota all'interno, ha la funzione di trasportare all'esterno la sostanza solida depositata sulla parete interna del tamburo. I liquidi, più leggeri, vengono estratti dalla parte centrale e trasportati nella parte opposta fuoriuscendo dai dischi di stramazzo.
3. **Raccolta del liquido recuperato:** Il liquido separato dalla centrifuga può essere recuperato e riutilizzato per la preparazione del fluido di perforazione o come acqua di cantiere.
4. **Rimozione dei solidi:** I solidi granulari separati vengono raccolti per poter essere smaltiti o, in alcuni casi, riutilizzati.

3. MODALITÀ DI FUNZIONAMENTO DEL DECANter CENTRIFUGO. PROCESSO DI ALLEGGERIMENTO E DISIDRATAZIONE

La differenza sostanziale tra il processo di alleggerimento (solid control) e la disidratazione è che nell'alleggerimento non vengono impiegati flocculanti e/o coagulanti, pertanto, il fango di perforazione prima dell'immissione in centrifuga non viene condizionato. Premesso ciò, un sistema completo di separazione solido/liquido consente di preservare le caratteristiche del fluido di scavo consentendone un riutilizzo quasi integrale, per un certo numero di cicli (alleggerimento), minimizzando anche lo smaltimento del fango non più utilizzabile (disidratazione).

Utilizzando vibrovagli e cicloni preferibilmente a due stadi (grandi e piccoli) le particelle più grandi di $80 \div 100 \mu\text{m}$ sono rimosse dal fango bentonitico, mentre le particelle più piccole potranno essere separate solo da una centrifuga o in fase di alleggerimento o in fase di disidratazione.

Il processo di **alleggerimento** rigenera il fango bentonitico sfruttando la differenza di peso delle particelle senza l'aggiunta di flocculanti e coagulanti. Questo processo è legato in maniera importante alla granulometria del terreno:

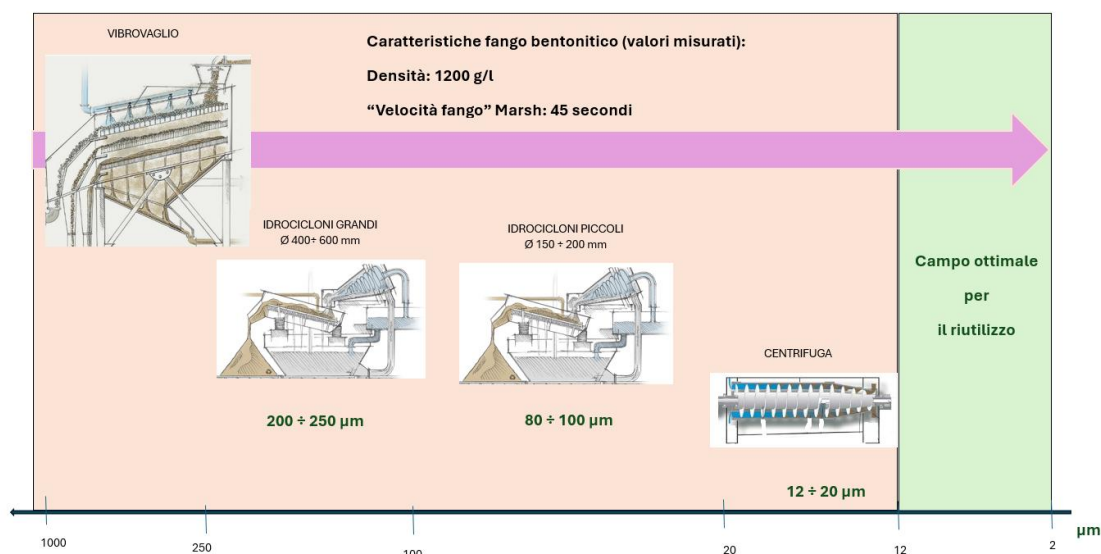


Figura 2. Granulometria del fango trattato in alleggerimento

- Vagli > 250 µm
- Cicloni > 80 ÷ 250 µm
- Centrifughe > 12 ÷ 20 µm

Il fango può essere rigenerato un certo numero di volte, dipende dalla percentuale di particelle fini del fango bentonitico e comunque fino a quando non perde le proprie caratteristiche.

Ciò che si ottiene dal processo di alleggerimento è un solido palabile con $SS \approx 40\div 50\%$ e liquido con $SS \approx 8\div 35\%$.

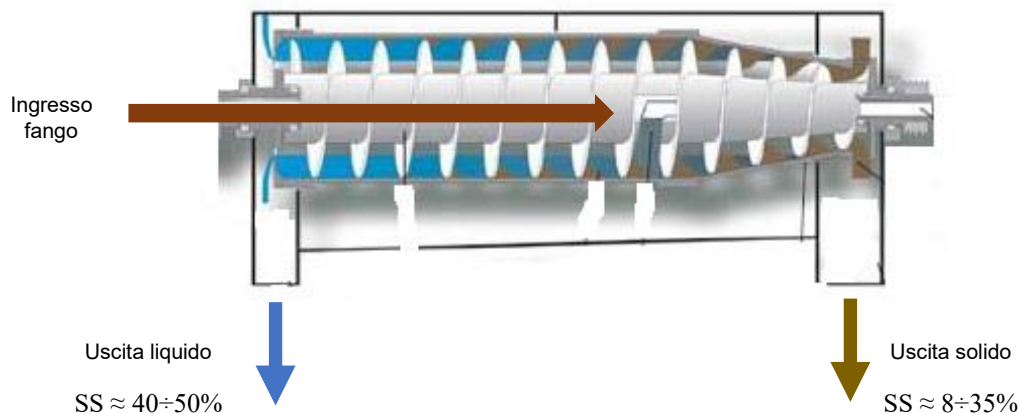


Figura 3. Schema del Processo di alleggerimento



Figura 3.a Scarico liquido in alleggerimento



Figura 3.b Scarico solido in alleggerimento

Il processo di **disidratazione**, mediante l'aggiunta di flocculanti e/o coagulanti, invece ha come obiettivo quello di ridurre il volume del fango di perforazione esausto che ha raggiunto la densità critica per lo scavo.

Ciò che si ottiene dal processo di disidratazione è un solido palabile, con volume notevolmente ridotto, con $SS \approx 55\div 65\%$ e liquido chiaro, **acqua pulita**, contenente $SS \approx 40\div 200$ mg/l.

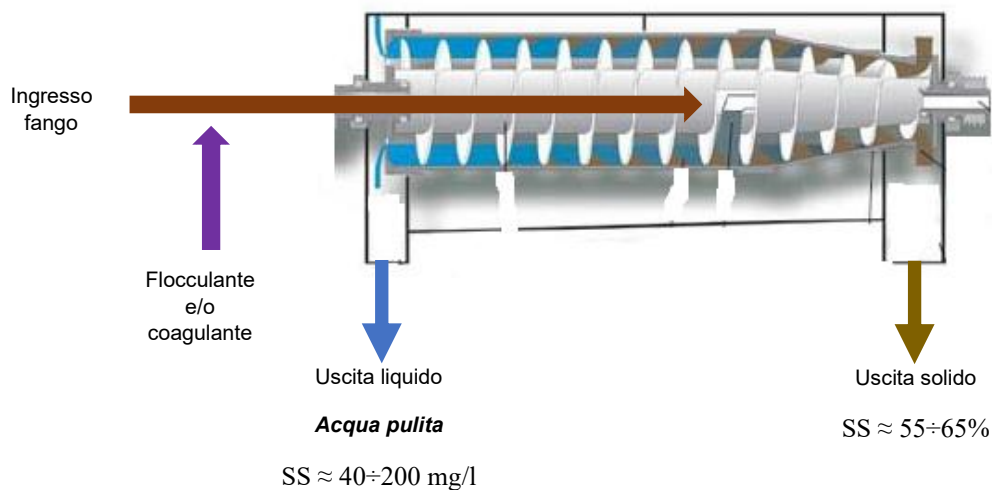


Figura 4. Schema del Processo di disidratazione


Figura 4.a Scarico liquido in disidratazione

Figura 4.b Scarico solido in disidratazione

4. AGGREGAZIONE DELLE PARTICELLE FINI: CONDIZIONAMENTO DEL FANGO

Nel processo di disidratazione, come precedentemente accennato, è necessario utilizzare flocculanti e/o coagulanti.

La granulometria del terreno, dopo i primi due stadi di trattamento, vagli e dissabbiatore, in generale, può oscillare da 0 a $100 \div 200 \mu\text{m}$, a seconda della tipologia del dissabbiatore, e comprende argilla (da $0 \div 2 \mu\text{m}$), bentonite (da $0 \div 2 \mu\text{m}$), limo (da $2 \div 63 \mu\text{m}$), sabbia finissima (da $63 \div 100 \div 200 \mu\text{m}$, a seconda del dissabbiatore) eventuali altri additivi immessi nel fango; argilla e bentonite sono presenti, rispettivamente, solo se presente nel terreno (argilla), e solo se immessa nel fango (bentonite).

Quando nel fango, la granulometria sotto i $5 \mu\text{m}$ risulti assente, è necessario solo il flocculante, un prodotto chimico che aggrega le particelle da 5 a circa $30 \div 60 \mu\text{m}$ e permette la flocculazione efficace anche in termini di capacità trattata di fango, ovverosia la rimozione dei solidi che usciranno granulari e dell'acqua, la quale uscirà trasparente.

Nel caso in cui la granulometria sotto i 5 micron sia presente, dovuta alla presenza di argilla e/o bentonite, occorrerà comunque un coagulante, un prodotto che aggrega le particelle da $0 \div 5 \mu\text{m}$, creando dei micro-flocchi, con dimensioni da $8 \div 20 \mu\text{m}$, in modo che il flocculante li possa catturare.

I coagulanti sono di 2 tipi, e lavorano con meccanismi differenti:

Organici: con una media carica elettrica positiva, opposta alla potente carica elettrica negativa, mutuamente repulsiva, di argilla e bentonite, con un effetto calamita e usualmente una catena molecolare ramificata, per catturare in modo migliore le molecole piccolissime sino a $2 \mu\text{m}$.

Inorganici: contenenti una percentuale acida, tale da rompere l'effetto tissotropico (gel) della bentonite, e con una debole carica elettrica positiva che destabilizza le potenti cariche negative di argilla e bentonite e rimuove l'effetto repulsivo.

Dopo il dosaggio e l'opportuno tempo di contatto del coagulante, le particelle sono di dimensioni e carica elettrica molto bassa, e quindi idonee ad essere flocculate, cioè «catturate» dal flocculante, comunemente detto polimero. Questo processo sarà attuato sino ad ottenere, a banco e nella centrifuga, una ottimale separazione solido – liquido. I legami chimici, del coagulante prima e del polimero dopo, sono temporanei, ovvero nella prima fase aumentano come efficacia, nella seconda fase sono stabili, nella terza fase sono in calo e nella quarta fase si azzerano.

Il ciclo di dosaggio chimico, prima a banco e poi nell'impianto di separazione Gennaretti con centrifuga, mira a lavorare solo nella seconda fase, quella dei legami chimici stabili; questo si ottiene variando le posizioni delle iniezioni lungo la tubazione del fango figure 5, 6, 7 e 8.

Se correttamente preparati e dosati il coagulante ed il polimero rimangono solo nella parte solida del fango; nella parte liquida rimangono in percentuale nulla o comunque bassissima (PPM, parti per milione).



Figura 5. Prova di flocculazione a banco (in cantiere)



Figura 6. Flocculazione in ingresso centrifuga



Figura 7. Pompa dosatrice ed iniezione coagulante



Figura 8. Iniezione polimero

5. FATTORI CHE INFLUISCONO SULL'EFFICIENZA DEL DECANter CENTRIFUGO

Per ottenere buoni risultati nella disidratazione dei fanghi di perforazione devono essere tenuti presente diversi fattori:

- **Composizione dei fanghi:** Fanghi con una composizione diversa, come una maggiore concentrazione di solidi o un'alta viscosità, richiedono regolazioni specifiche per ottenere i migliori risultati.
- **Velocità di rotazione:** La velocità di rotazione del tamburo influisce sulla forza centrifuga e sulla separazione dei materiali. La regolazione della velocità è fondamentale per ottimizzare il processo.
- **Velocità di rotazione differenziale:** La velocità di rotazione differenziale (giri differenziali) della coclea è fondamentale per ottimizzare il processo in termini di risultati delle fasi separate solido e acqua.
- **Additivi coagulanti e flocculanti:** A volte è necessario aggiungere coagulanti o flocculanti o entrambi per migliorare l'aggregazione dei solidi e ottimizzare il processo di disidratazione, per cui la scelta del tipo prodotto deve essere ottimale.

Infatti, prima di avviare l'impianto, vengono eseguite le prove di separazione presso il nostro laboratorio. Dopo la ricezione del campione di fango, vengono individuati una serie di polimeri ed i coagulanti. Dopodiché si eseguono le prove di flocculazione, dalle quali si scelgono il polimero ed il coagulante e si individuano i punti di iniezione degli stessi da riportare nella linea di mandata del fango che va dalla pompa monovite alla centrifuga.

Quindi individuato il polimero e l'eventuale coagulante, che garantiscono la migliore separazione ed una flocculazione "dura", mediante la centrifuga da banco, si effettua la prova di centrifugazione per verificare se si otterrà la separazione della fase solida dalla fase liquida.

Dopo aver effettuato le prove in laboratorio, quanto suddetto si trasferisce all'impianto; quindi, si verifica la flocculazione in ingresso centrifuga, **Fig.6**, si individuano i punti di iniezione, **Fig.7-8**, e si impostano i parametri di funzionamento della centrifuga; velocità di rotazione, velocità di rotazione differenziale e set point di pressione e regolazione dell'incremento della velocità differenziale, affinché si ottenga una buona disidratazione del fango.

Ogni fango ha una sua velocità massima (velocità del tamburo) di separazione ed una sua necessità di aumento della forza centrifuga per separarsi al meglio, data dalle sue caratteristiche chimico-fisiche. Maggiore è la densità del fango minore sarà la velocità di rotazione e la portata.

In linea teorica si può definire il numero di giri differenziali, come la differenza di velocità, in giri/min, tra coclea e tamburo. Ovvero come la capacità della macchina di scaricare il materiale disidratato dalla forza centrifuga depositato all'interno del complesso in rotazione.

Aumentando i giri differenziali si avrà:

- a. Minore essiccazione del prodotto
- b. Minore pressione idraulica
- c. Maggiore portata di fango

Diminuendo i giri differenziali si avrà:

- d. Maggiore disidratazione
- e. Maggiore pressione idraulica
- f. Minore portata di fango

Tutto ciò va però considerato alla luce del fatto che, così come per i giri tamburo, anche per questo parametro le caratteristiche di separabilità del prodotto sono basilari e non sempre per ottenere la massima disidratazione è necessario usare il minimo di giri differenziali, ma al contrario va sempre ricercato il miglior punto di compromesso.

Per cui è importante impostare il numero di giri differenziale in maniera variabile per poter far fronte alle più svariate proprietà del fango in ingresso, così il tenore di sostanza secca resta ottimale.

6. INNOVAZIONE TECNOLOGICA

L'impianto di separazione Gennaretti può essere dotato di un sistema per il dosaggio in automatico del flocculante e/o coagulante in funzione della densità del fango. La regolazione stessa offre garanzie di massima precisione in virtù del software di proprietà che la stessa Gennaretti ha sviluppato nell'ambito della propria ricerca e sviluppo.

Il dosaggio avviene automaticamente, secondo dei parametri impostati nel nostro software, in funzione della densità misurata dal misuratore di portata massico Coriolis.



Figura 9. Misuratore massico

Come optional, qualora sia richiesto che l'acqua che si ottiene dal processo di disidratazione, rispetti i valori secondo il D.Lgs. 152/06 (T.U. ambiente), è possibile utilizzare una stazione di monitoraggio delle acque affinché l'acqua, che si ottiene dalla disidratazione, possa essere scaricata in acque superficiali, in fogna, oppure necessita di un nuovo trattamento. I solidi presenti in essa sono misurati mediante un torbidimetro; in questo modo l'apertura della valvola di scarico avviene secondo i parametri impostati nel software.



Figura 9.a. Impianto monitoraggio acque

7. RIDUZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE

Nei cantieri trenchless, dove sono impiegati degli impianti separazione Gennaretti ovvero di trattamento dei reflui con sistema centrifugo, si ha il completo recupero dell'acqua utilizzata nelle operazioni di perforazione.

Questo processo consente di minimizzare gli sprechi e ridurre l'impatto ambientale del cantiere, in linea con le più moderne pratiche di sostenibilità nel settore delle grandi infrastrutture.

Il recupero dell'acqua rappresenta un aspetto fondamentale in un progetto trenchless, in quanto riduce la necessità di approvvigionamento idrico e garantisce una gestione più efficiente delle risorse.

Circa 2/3 dei 30 – 60 m³/h di fango di perforazione trattato producono acqua pulita trasparente, la quale viene immessa nel fluido di perforazione. Il ricorso all'uso della centrifuga Gennaretti evita quindi di prelevare l'acqua da fonte alternativa, risolve il problema di approvvigionamento dell'acqua, soprattutto quando il cantiere si trova lontano da fonti naturali, e garantisce un elevato beneficio ecologico ed economico.



Figura 10. Scarico liquido dalla centrifuga – Acqua pulita



Figura 11. Riciclo dell'acqua

Nella figura seguente è rappresentato uno schema di impianto, con relativo bilancio di massa, applicato da alcuni nostri Clienti, per il riciclo dell'acqua, con l'impiego dell'unità di separazione costituita da SPACI 1 (Unità poliprepatore) e SPACI 9 (Unità decanter centrifugo).

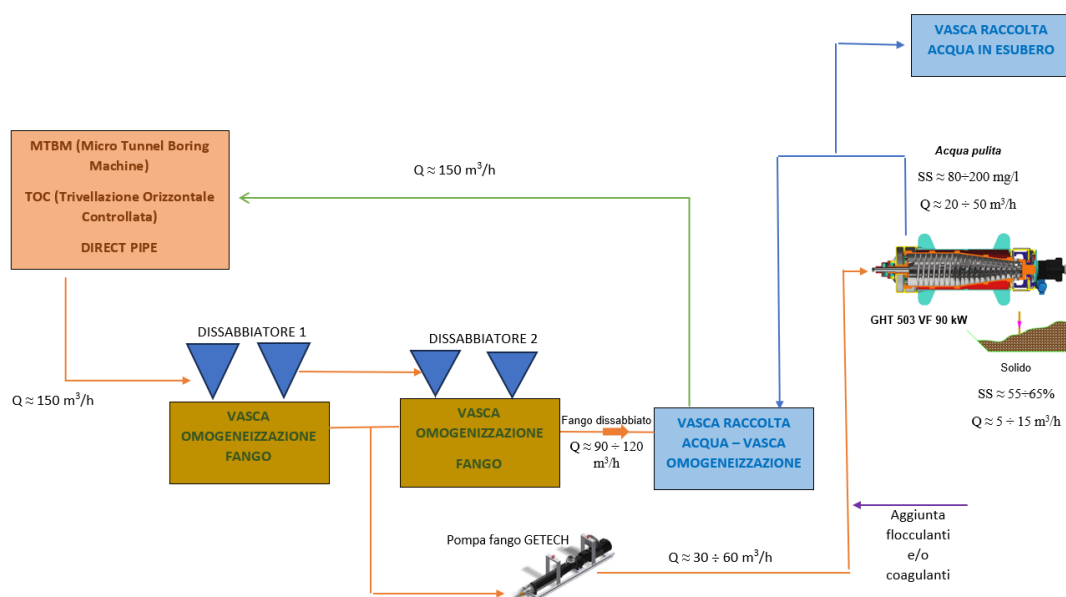


Figura 11.a Schema funzionale per riciclo dell'acqua



Figura 11.b Impianto di separazione – Dissabbiatore, SPACI 1+ SPACI 9

Per quanto riguarda i solidi, si ha una riduzione di volume dei fanghi; infatti, la disidratazione ne riduce notevolmente il volume facilitando il loro trasporto e smaltimento. Questo comporta anche un abbattimento dei costi per lo smaltimento dei rifiuti.



Figura 12. Scarico solido dalla centrifuga

La diminuzione dei viaggi delle autobotti per l'approvvigionamento dell'acqua e l'uso dei camion per il conferimento dei solidi si traduce inevitabilmente in una riduzione delle emissioni di CO₂ in atmosfera.

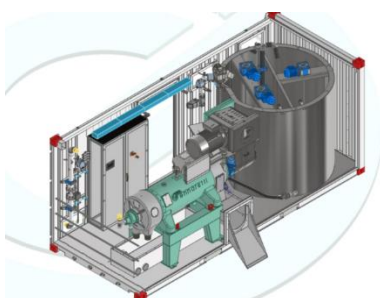
9. TIPOLOGIE DI IMPIANTI DI SEPARAZIONE IMPIEGATI NEI CANTIERI TRENCHLESS

Le unità di separazione Gennaretti impiegate tipicamente in un cantiere trenchless, dai nostri Clienti, a seconda della portata di fango di perforazione da trattare sono tre:

1. SPACI 11
2. SPACI 22
3. SPACI 9+SPACI 1

I primi due sono impianti containerizzati plug and play, al cui interno sono alloggiati il decanter centrifugo ed il polipreparatore.

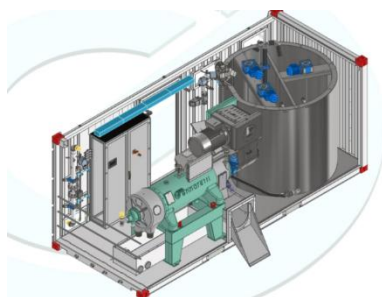
Il terzo è costituito invece da due container plug and play, al cui interno è alloggiato il decanter centrifugo (SPACI 9) e polipreparatore (SPACI 1).



DATI TECNICI PRINCIPALI GHT 383 VF 39

Massima temperatura del prodotto in Ingresso	80°C (opzionale 150°C)
Diametro interno tamburo	353 mm
Lunghezza tamburo	1595 mm
Velocità di rotazione del tamburo	Compresa tra 500 e 3500 rpm (regolabile)
Velocità di rotazione della coclea	Compresa tra 0,1 e 55 rpm (regolabile)
Rapporto di snellezza (lunghezza / diametro del tamburo)	4,5

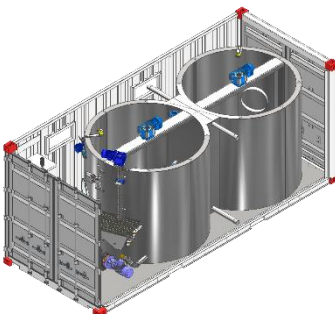
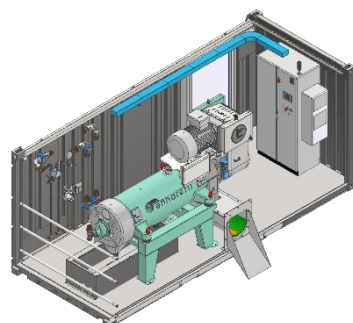
Figura 13. SPACI 11



DATI TECNICI PRINCIPALI GHT 403 VF 75

Massima temperatura del prodotto in Ingresso	80°C (opzionale 150°C)
Diametro interno tamburo	500 mm
Lunghezza tamburo	1860 mm
Velocità di rotazione del tamburo	Compresa tra 500 e 2000 rpm (regolabile)
Velocità di rotazione della coclea	Compresa tra 0,1 e 60 rpm (regolabile)
Rapporto di snellezza (lunghezza / diametro del tamburo)	3,72

Figura 14. SPACI 22



DATI TECNICI PRINCIPALI GHT 503 VF 90

Massima temperatura del prodotto in Ingresso	80°C (opzionale 150°C)
Diametro interno tamburo	500 mm
Lunghezza tamburo	2150 mm
Velocità di rotazione del tamburo	Compresa tra 500 e 3000 rpm (regolabile)
Velocità di rotazione della coclea	Compresa tra 0,1 e 60 rpm (regolabile)
Rapporto di snellezza (lunghezza / diametro del tamburo).	4,3

Figura 14.a SPACI 9

Figura 14.b SPACI 1

Figura 14.c SPACI 9+SPACI 1

Con le suddette unità di separazione Gennaretti si riescono a trattare portate di fango di perforazione che vanno da 20 ÷ 65 m³/h. Di seguito le tabelle con intervalli di portata di fango di perforazione.

GHT.303VF-30kW		GHT.403VF-75kW		GHT.403VF 600-90kW		GHT.503VF-90kW		GHT.503VF 600-135kW	
Portata	Densità	Portata	Densità	Portata	Densità	Portata	Densità	Portata	Densità
m ³ /h	kg/l	m ³ /h	kg/l	m ³ /h	kg/l	m ³ /h	kg/l	m ³ /h	kg/l
23	1,100	35	1,100	67	1,100	54	1,100	65	1,100
20	1,150	31	1,150	59	1,150	47	1,150	57	1,150
18	1,200	28	1,200	53	1,200	42	1,200	50	1,200
14	1,250	23	1,250	44	1,250	33	1,250	40	1,250
12	1,300	19	1,300	37	1,300	28	1,300	33	1,300
10	1,350	17	1,350	32	1,350	24	1,350	29	1,350
9	1,400	15	1,400	28	1,400	21	1,400	25	1,400
TPH 6,5		TPH 10,5		TPH 20		TPH 15		TPH 18	

Figura 15. Tabella portate per le unità di separazione Gennaretti

I valori sono riferiti al miglior condizionamento del fango a monte della centrifuga, ovvero:

- 1) Vasca di omogeneizzazione con agitatori a pale grandi;
- 2) Pompa di aspirazione più vicino possibile alla vasca di omogeneizzazione del fango;
- 3) Il diametro della linea fango è DN80 per Decanter con diametro tamburo 500/600 mm
- 4) Scelta dei prodotti chimici prima nel nostro laboratorio oppure in loco durante la messa in servizio;
- 5) Scelta del dosaggio dei prodotti chimici come da prova di laboratorio;
- 6) Il contenuto di sabbia dovrà essere inferiore al 3%, ottimale, massimo 8%.

A dimostrazione delle prestazioni su indicate, nelle immagini seguenti si riportano le referenze di alcuni nostri clienti che utilizzano le unità di separazione nei cantieri trenchless.



Figura 16. Referenze ICOP spa, Romana Costruzioni spa, Batitunnel srl

8. CONCLUSIONI

La gestione ed il trattamento dei fanghi di perforazione è fondamentale per la tutela dell'ambiente. La scelta delle tecniche di trattamento dipende dalla composizione dei fanghi, dalla normativa vigente e dalle tecnologie disponibili. L'adozione dell'impianto di separazione Gennaretti e la sua innovazione tecnologica rappresentano la migliore soluzione per la gestione dei fanghi di perforazione in termini di sostenibilità, economicità ed efficienza.

L'impianto Gennaretti risulta essere molto efficace per separare i solidi dai liquidi, ed è in grado di garantire il recupero di una significativa parte dei fluidi di perforazione, e ridurre al minimo il volume dei rifiuti solidi.

La separazione continua e automatizzata di solidi e di liquidi offre vantaggi significativi in termini di efficienza, risparmio di risorse e minimizzazione dell'impatto ambientale. La tecnologia del decanter, combinata con una corretta gestione e regolazione, consente di ottenere solidi disidratati di alta qualità e liquidi recuperabili.

In un cantiere microtunnel, rimuovendo i solidi sospesi nel fluido di perforazione sino a $0\ \mu\text{m}$, su $30 \div 60\ \text{m}^3/\text{h}$ dei $120 \div 200\ \text{m}^3/\text{h}$ in circolazione dallo scavo, l'avanzamento della MTBM migliora fino al 50% grazie al mantenimento della viscosità e densità ottimali.

La centrifuga Gennaretti assicura, in sostanza, una gestione sostenibile dei rifiuti industriali e rappresenta una valida soluzione per ottimizzare i tempi.

Il recupero dell'acqua ha rappresentato un aspetto fondamentale nei cantieri trenchless dei nostri Clienti, soprattutto per quelli situati in luoghi dove non c'è disponibilità idrica, in quanto ha ridotto la necessità di approvvigionamento con conseguente riduzione dei costi e miglioramento dell'impatto ambientale. Infatti, l'acqua derivante dal processo di disidratazione del fango di perforazione è stata riciclata e riutilizzata per la preparazione, ad esempio, del fluido di perforazione o come acqua di cantiere senza limiti temporali.

La riduzione dei tempi riduce, con percentuale analoga, i costi del cantiere in termini di minor tempo di ammortamento della MTBM, minor costo della manodopera, minor costo nella gestione della trasferta e minor consumo di gasolio nel generatore.

Il trattamento in continuo del fluido azzerà il rischio di fermo dello scavo per eccessiva viscosità, o per mancanza di spazio dove stoccare un fluido non più utilizzabile.

Al termine dello scavo, dopo pochissime ore termina anche il trattamento del fango di perforazione. L'uso della nostra centrifuga evita lungaggini temporali dovuti al trattamento di volumi residui importanti di fango. L'intera squadra del cantiere inizia lo smontaggio all'unisono ed il montaggio nel cantiere successivo.