



*30 maggio 2024*

## SOLUZIONI NO DIG PER LE RETI MULTIGAS

**Federico Gennaretti**  
**Getech Srl – Gennaretti®**

*per conto di*

**Prof. Ing. Quintilio Napoleoni**  
**Università degli Studi di Roma**  
**«La Sapienza»**

***Impiego ed efficienza delle centrifughe Decanter negli  
impianti di trattamento fanghi derivanti da  
Tecnologie Trenchless per perforazioni orizzontali***  
Presentazione di case history

## COSA SONO I FANGHI DI PERFORAZIONE: FUNZIONI

Il fango di perforazione viene pompato nella testa di scavo durante la perforazione con **TBM**, **Microtunnel e HDD** dove:

- Lava, lubrifica e raffredda gli utensili
- Trasporta all'esterno i detriti di perforazione.
- Impermeabilizza le pareti dello scavo (formazione del filter cake)
- In alcune attrezzature per HDD (TOC) genera anche la forza motrice nell'utensile di scavo (Mud Motor)

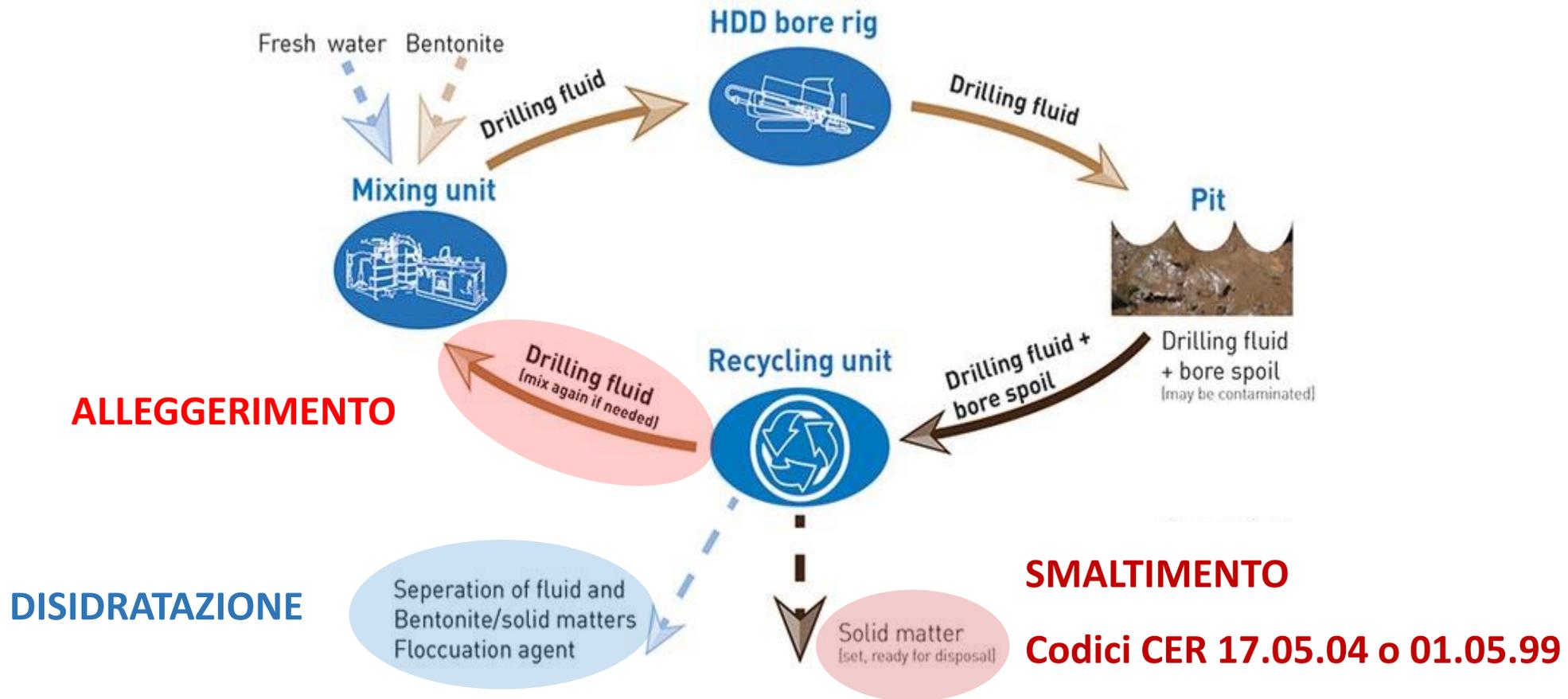
Il fango bentonitico viene utilizzato anche per lubrificare l'interfaccia tubo-terreno

Il fango depurato dai detriti e dal gas disciolto viene nuovamente pompato nella testa di perforazione

# TRATTAMENTO DEI FANGHI PERFORAZIONE

- Il fango viene confezionato all'inizio della perforazione e si cerca di riutilizzarlo più volte (in genere 3-4 volte) rimuovendo i detriti trasportati ed gli eventuali gas disciolti per poi ripomparlo nella testa di scavo
- Il fango, quindi, subisce un primo trattamento di separazione solido/liquido durante le lavorazioni: questa operazione si chiama **ALLEGGERIMENTO DEL FANGO**.
- Alla fine del ciclo di utilizzo (quando il fango ha perso le sue caratteristiche e/o quando il lavoro è finito), è necessario smaltire la miscela di acqua e bentonite. In questa fase è necessario adottare un processo di **DISIDRATAZIONE DEL FANGO** al fine di ridurre i volumi di materiale da avviare a scarica.

# CICLO DI FANGHI IN HDD/MT/TBM

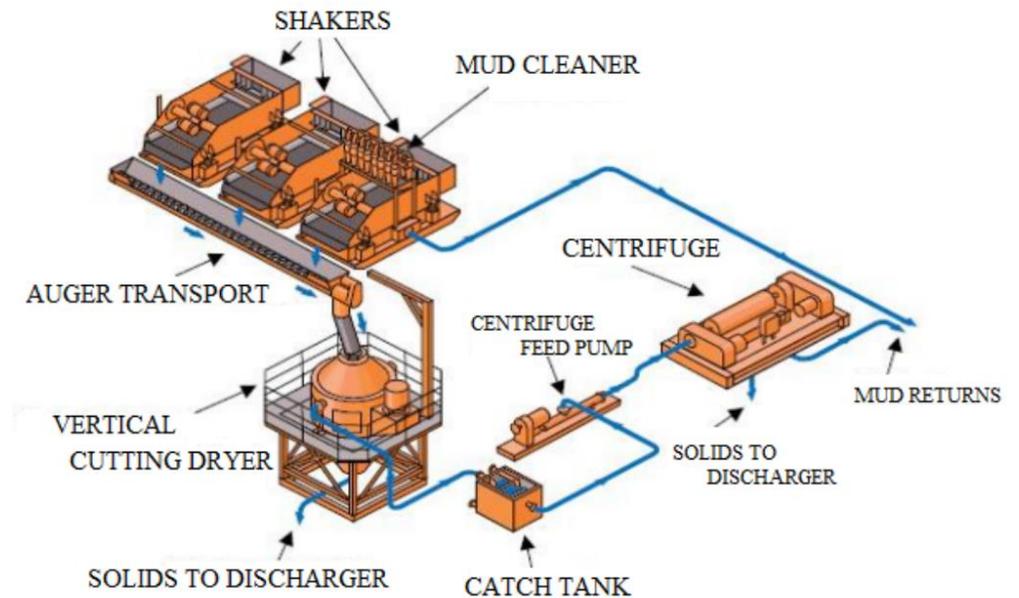


# IMPIANTI DI TRATTAMENTO

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 fluido non più utilizzabile (**disidratazione**)

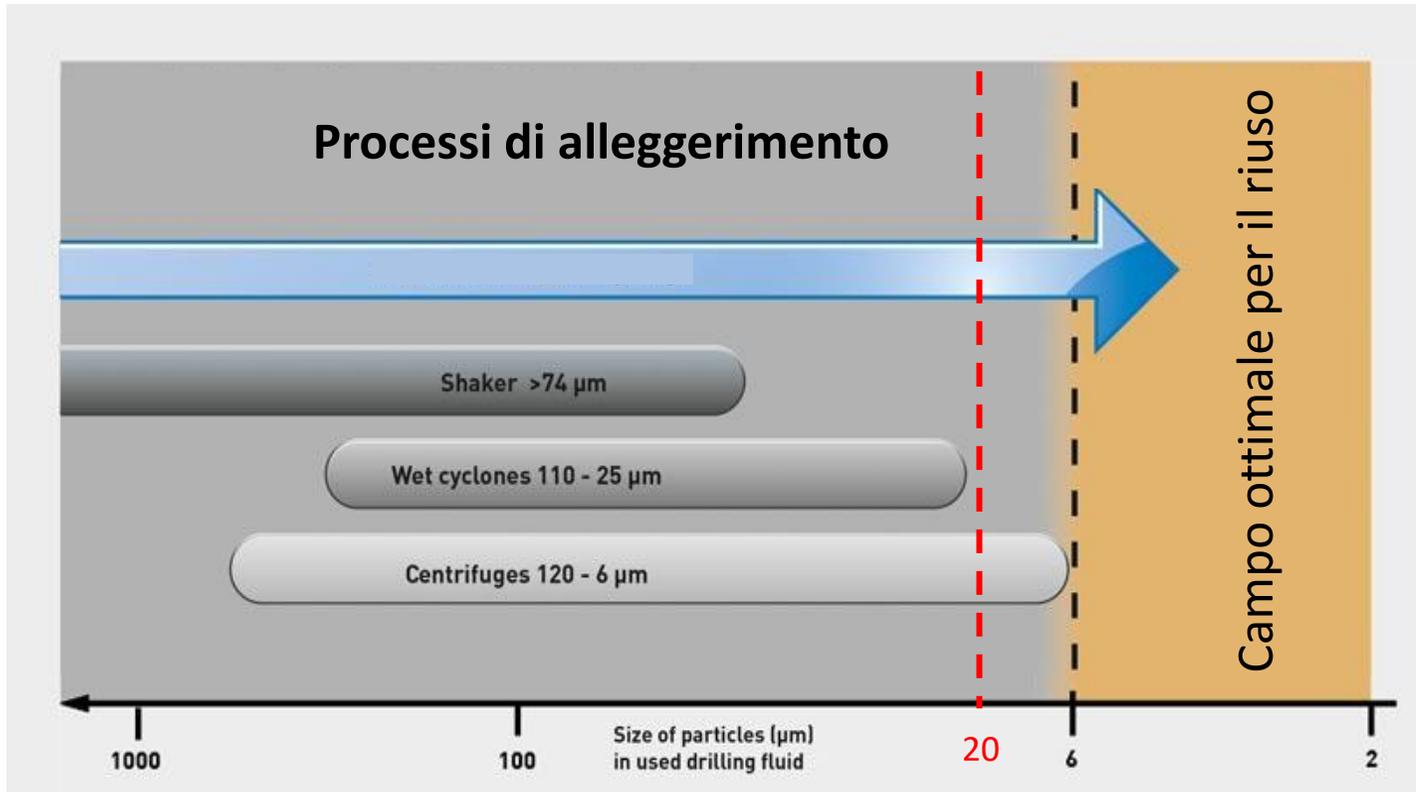
Il sistema tipo è composto da:

- vagli primari e secondari per rimuovere la frazione più grossolana (**> 100  $\mu\text{m}$** )
- Sistema di rimozione dei fini (**< 100  $\mu\text{m}$** ):
  - Cicloni (alleggerimento)
  - Centrifughe (alleggerimento e disidratazione)



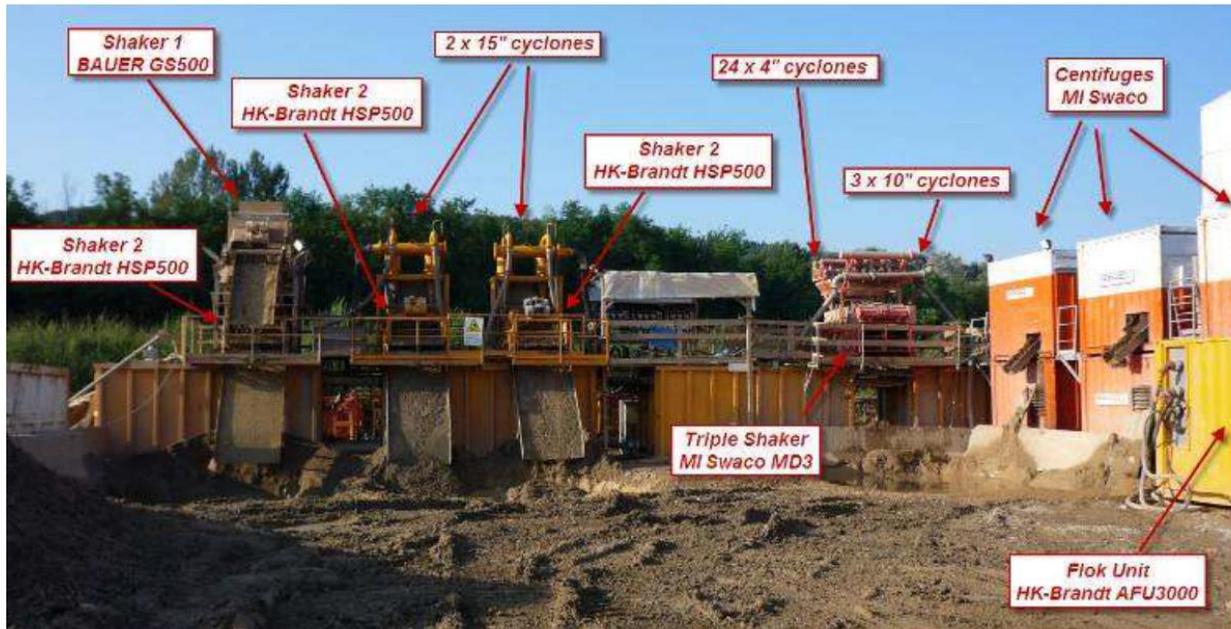
(Sharif et al. 2017)

# IMPIANTI DI TRATTAMENTO



- Campi ottimali di lavoro:
  - Vagli (> 80÷100 µm)
  - Filtropresse (> 80 µm)
  - Cicloni (> 50 µm)
  - Centrifughe (> 20 µm)
  
- Focchi di Bentonite ≈ 20 µm
- Materiale > 20 µm è tutto «inquinante» del fango di perforazione

# IMPIANTI DI TRATTAMENTO



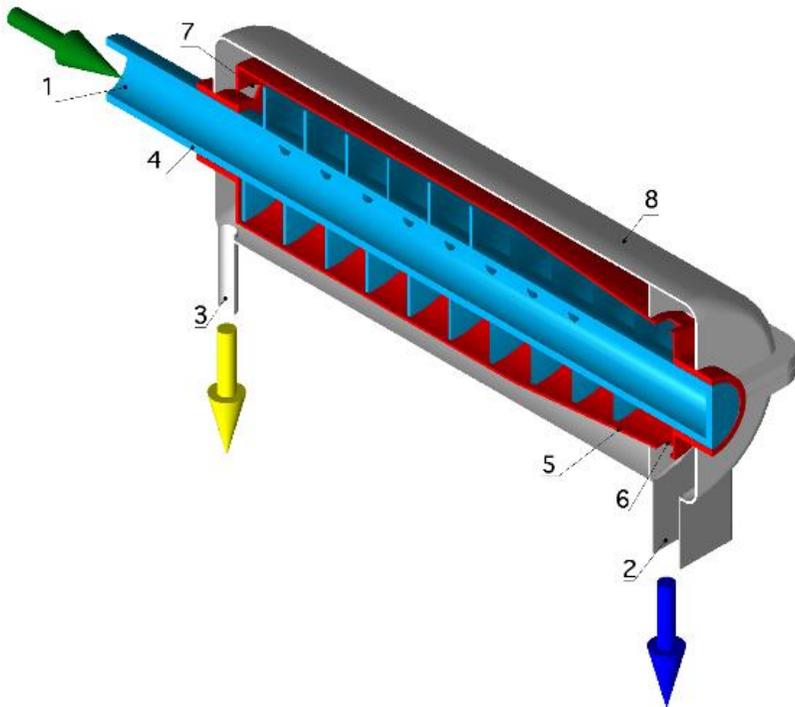
Impianto tipo  
*Saipem, 2017*

Utilizzando vibrovagli e cicloni, le particelle più grandi di 50÷60  $\mu\text{m}$  saranno rimosse dallo smarino, mentre le particelle più piccole possono essere separate solo da una centrifuga (**fase di alleggerimento**).

L'unità di centrifugazione può anche essere utilizzata in combinazione con un sistema di flocculazione per rimuovere «virtualmente» tutti i solidi dai fanghi (**fase di disidratazione**).

# IMPIANTI DI TRATTAMENTO: CENTRIFUGHE

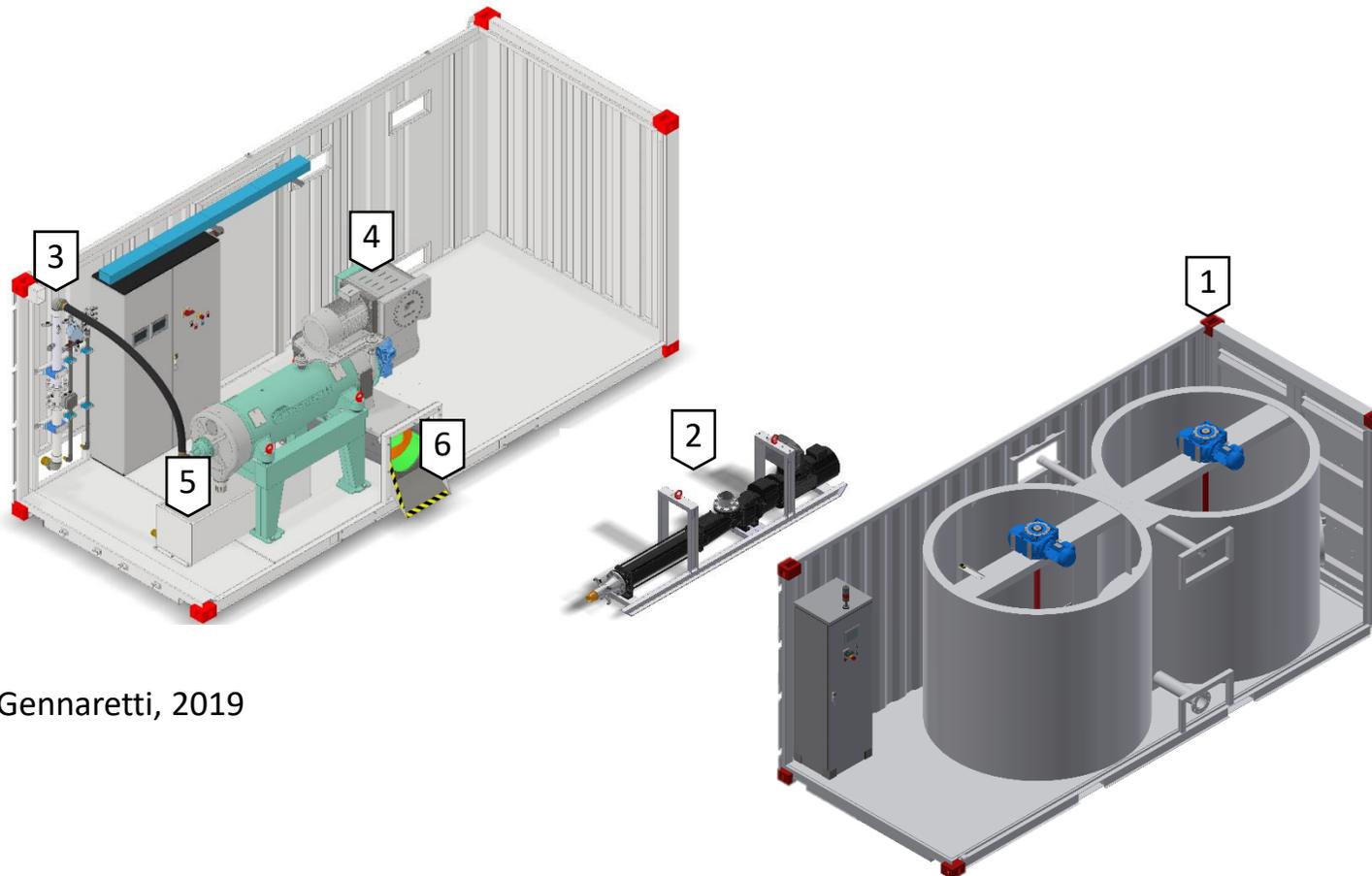
## Impianto con centrifuga - Funzionamento



- Il processo consiste nel far separare l'acqua dal fango mediante l'applicazione di una forza centrifuga, grazie al **diverso peso specifico dei grani**.
- Nello schema di centrifugazione più semplice il fango viene immesso nella centrifuga attraverso un tubo fisso che corre al centro di un tamburo cilindrico (con un'estremità troncoconica) in rotazione a un elevato numero di giri (ad una velocità di circa 800-2.000 giri/min si ottiene una forza centrifuga > 600 volte quella di gravità).
- In brevissimo tempo, per effetto della forza centrifuga, i solidi si addensano contro la parete interna del tamburo e vengono estratti dalla coclea della centrifuga.
- Per migliorare l'efficienza, il fango è condizionato con un polielettrolita (**organico e biodegradabile**).

# IMPIANTI DI TRATTAMENTO: CENTRIFUGHE

Configurazione di un impianto a centrifuga per l'alleggerimento dei fanghi



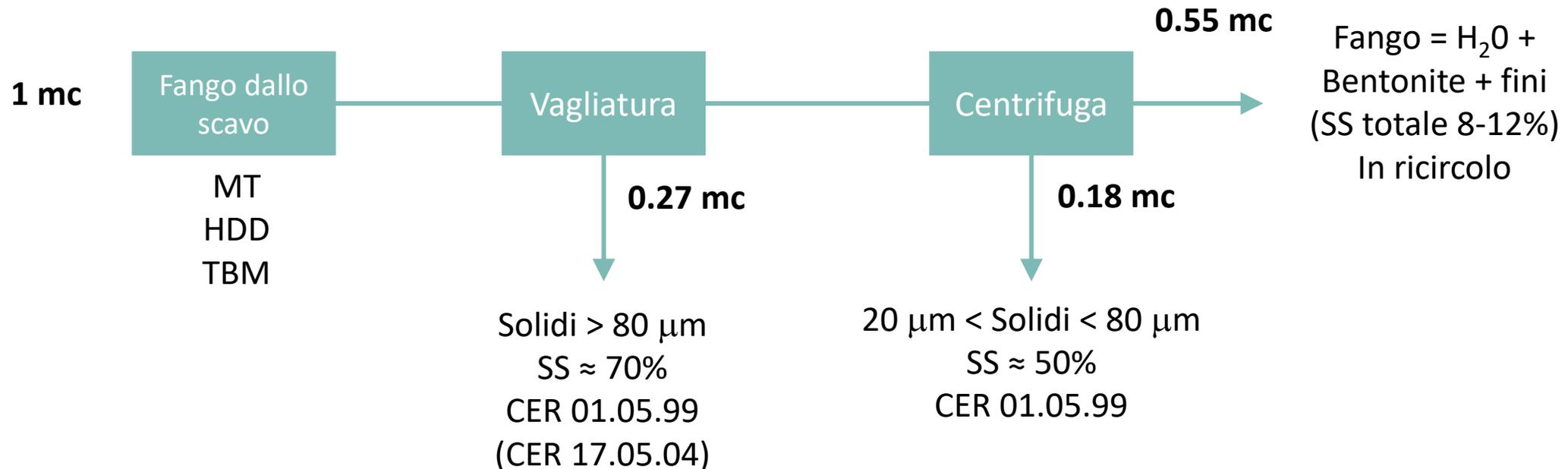
Gennaretti, 2019

Parti fondamentali dell'impianto:

1. Impianto per omogeneizzazione fango
2. Pompa fango alimento impianto
3. Linea fango con misuratore di portata elettromagnetico
4. Centrifuga
5. Scarico acque trattate ( $SS \approx 100 \mu\text{g/l}$ )
6. Scarico fango ( $SS = 8 \div 12\%$ ) da avviare all'impianto di miscelazione

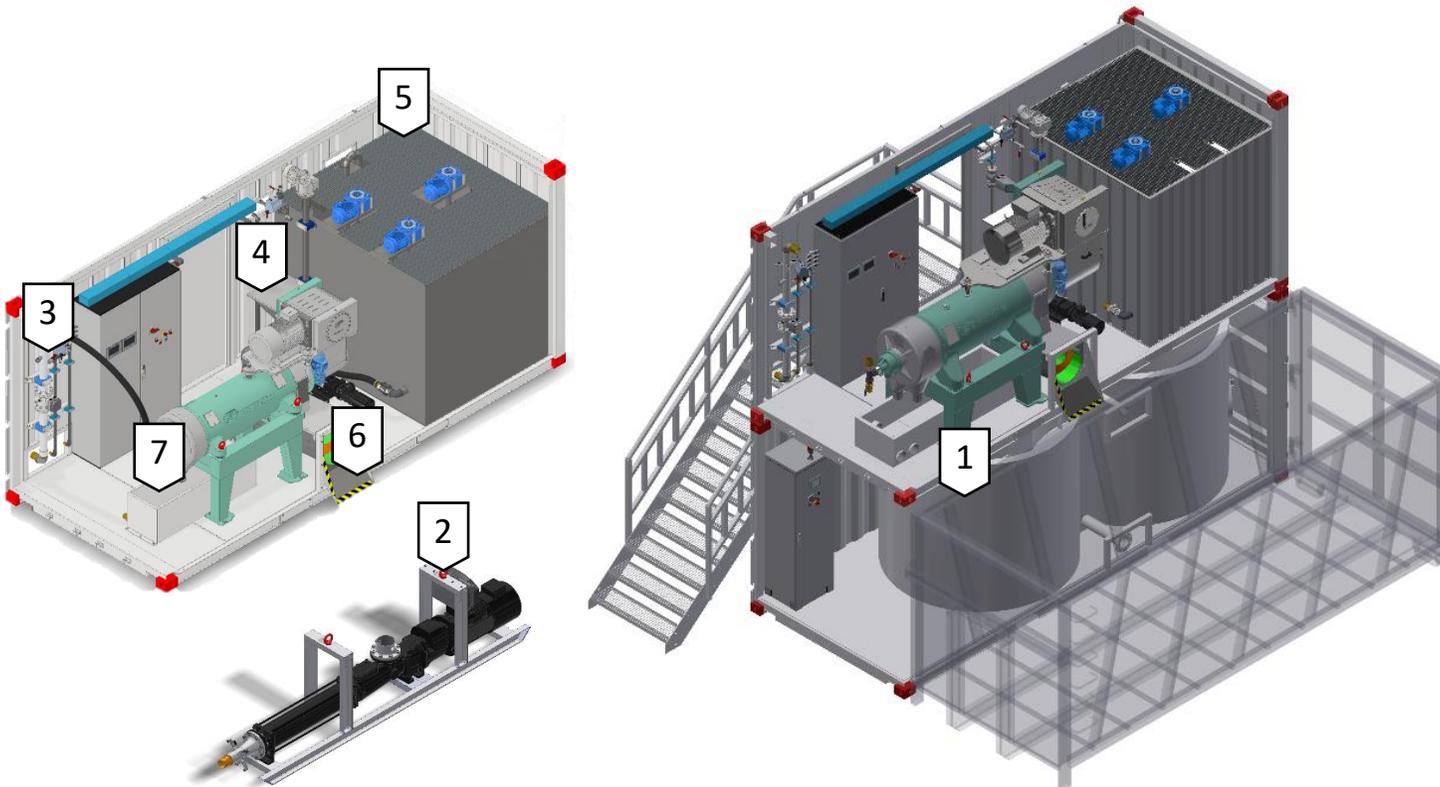
# IMPIANTI DI TRATTAMENTO: CENTRIFUGHE

Bilancio di massa nel processo di alleggerimento



# IMPIANTI DI TRATTAMENTO: CENTRIFUGHE

Configurazione di un impianto a centrifuga per la disidratazione finale



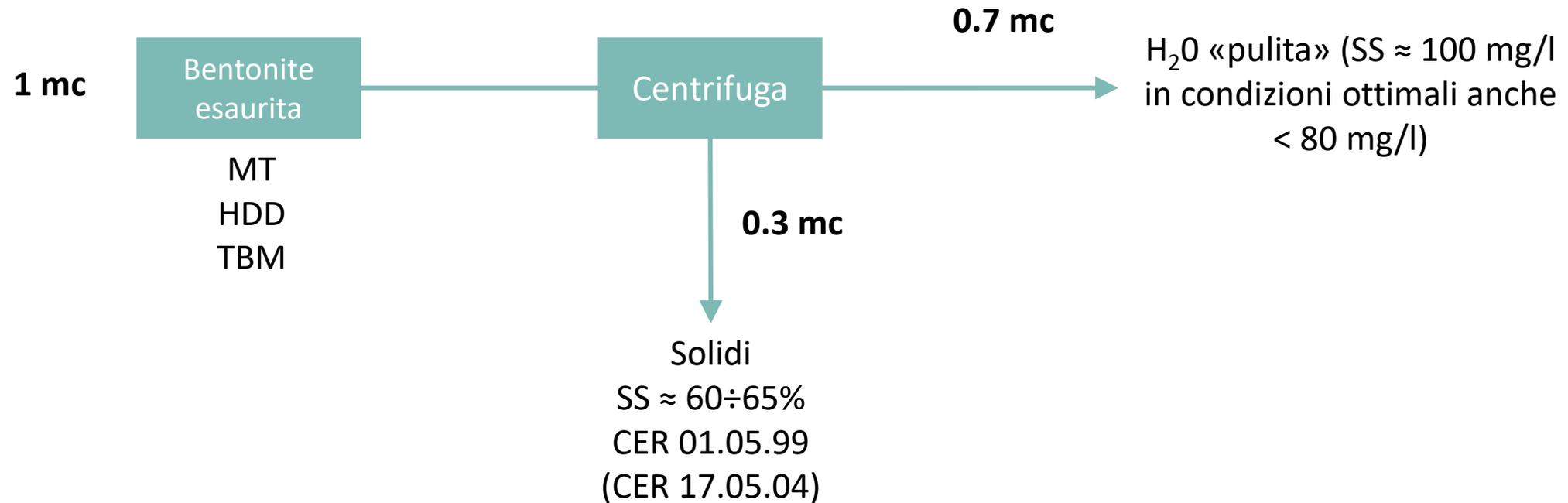
## Parti fondamentali dell'impianto:

1. Impianto per omogeneizzazione fango
2. Pompa fango alimento impianto
3. Linea fango con misuratore di portata elettromagnetico
4. Centrifuga
5. **Stazione di preparazione polielettrolita**
6. Scarico solidi disidratati (SS 60-65%)
7. Scarico acque trattate (SS ≈ 100 mg/l)

Gennaretti, 2019

# IMPIANTI DI TRATTAMENTO: CENTRIFUGHE

Bilancio di massa nel processo di disidratazione



## CENTRIFUGA: PARAMETRI

La variazione dei parametri della centrifuga permette una migliore separazione:

- **velocità tamburo [rpm]**
- **velocità differenziale [rpm]**
- livelli uscita liquido [mm]
- pressione circuito idraulico [bar]
- portata del fango di alimentazione [m<sup>3</sup>/h]
- portata polimero o flocculante [m<sup>3</sup>/h]
- portata coagulante [l/h]



# ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO DELLE PRESTAZIONI IN OPERA

Nel 2022 è iniziata un'attività sistematica di monitoraggio delle prestazioni dei Decanter su cantieri di MT al fine di valutare la possibilità di ottimizzare i parametri operativi dell'attrezzatura in modo da:

- massimizzare l'efficacia del trattamento (alleggerimento o disidratazione)
- minimizzare i tempi di residenza dei fanghi
- minimizzare i costi

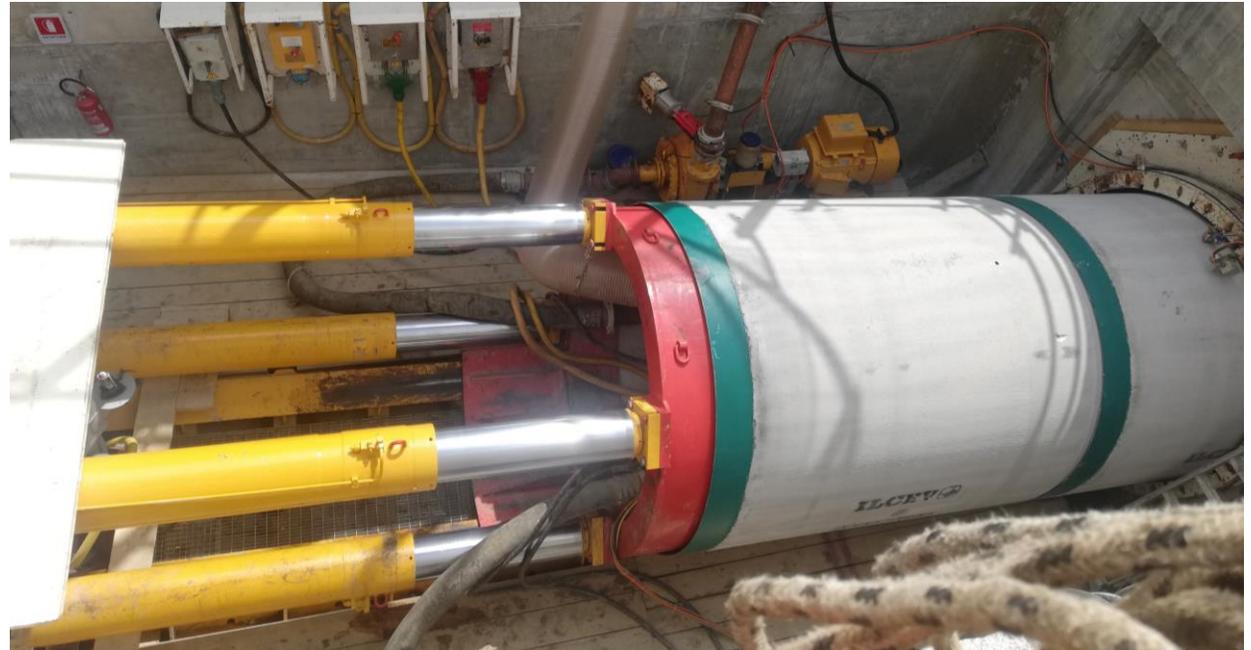
I primi cantieri su cui sono iniziate le attività sono:

- ***Microtunnel Montefotogno a San Leo (RN) – I.C.O.P. S.p.A.***
- *Collettore Isola Farnese a Roma – I.C.O.P. S.p.A.*
- *Microtunnel Fiume Misa a Senigallia (AN) - BATITUNNEL Italia S.r.l.*
- *Microtunnel Fosso Guardengo a Chiaravalle (AN) - BATITUNNEL Italia S.r.l.*

## CASE HISTORY: SAN LEO (RN)

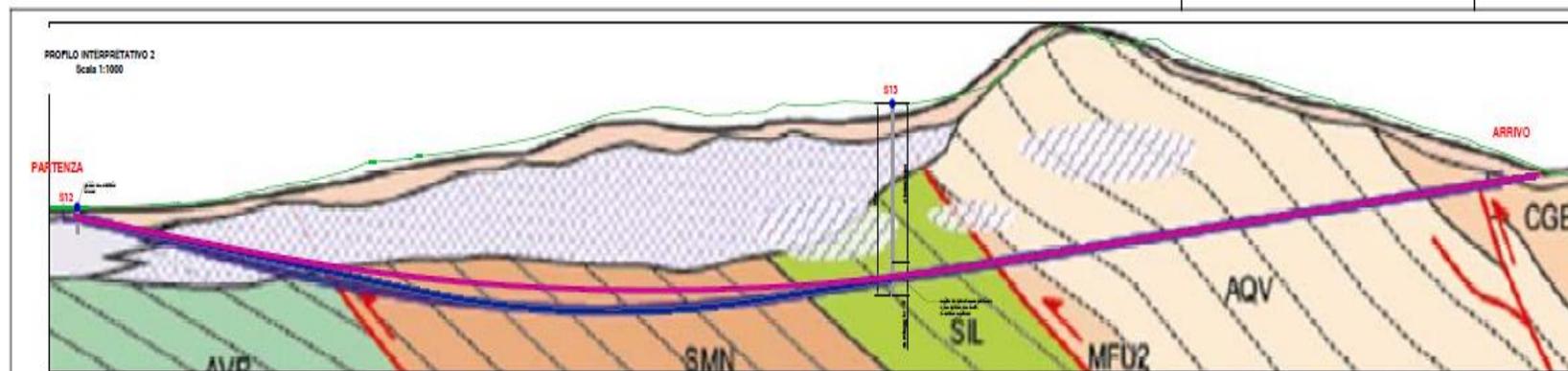
Il cantiere fa parte del progetto denominato “Rifacimento Metanodotto Rimini – Sansepolcro ed opere connesse”, appaltato alla Snam S.p.A., che ha come principale intervento la realizzazione di un nuovo gasdotto.

La relazione del Progetto Esecutivo del Microtunnel Montefotogno è stato eseguito dalla **I.CO.P. S.p.A.**



## CASE HISTORY: SAN LEO (RN)

La galleria si sviluppa in un'area interessata dalla presenza di unità stratigrafiche inizialmente alluvionali ghiaiose, nel tratto centrale presenta un'alternanza di argille e argille marnose e, in arrivo, si sviluppa in una formazione arenaceo marnoso in alternanza a livelli argilloso-marnosi.



Legenda:

Geologia

- Suolo e coperture detritiche
- Depositi alluvionali recenti
- Depositi alluvionali e colluviali antichi e/o di paleofrana
- CGE - Argille di Casa i Gessi
- AQV - Formazione di Acquaviva
- MFU2 - Formazione di Monte Fumaio  
Membro della Vetta
- SMN - Formazione di San Marino
- SIL - Formazione di Siliano
- AVR - Argille varicolori
- Zona ad alta fratturazione
- Faglia

# CASE HISTORY: SAN LEO (RN)

Centrifuga: **GHT.403VF-75**

## DATI TECNICI PRINCIPALI

<b>Capacità idraulica</b>	La capacità effettiva dipende dal prodotto da trattare; dalla percentuale di solido e dalle caratteristiche fisiche di separabilità.
<b>Massima temperatura del prodotto in ingresso</b>	80°C (opzionale 150°C)
<b>Diametro interno tamburo</b>	500 mm
<b>Lunghezza tamburo</b>	1860 mm
<b>Velocità di rotazione del tamburo</b>	Compresa tra 500 e 3200 rpm (regolabile)
<b>Velocità di rotazione della coclea</b>	Compresa tra 0,1 e 60 rpm (regolabile)
<b>Rapporto di snellezza (lunghezza / diametro del tamburo)</b>	3,72

Lunghezza	Larghezza	Altezza	Peso
2900 mm	1420 mm	2140 mm	4500 kg

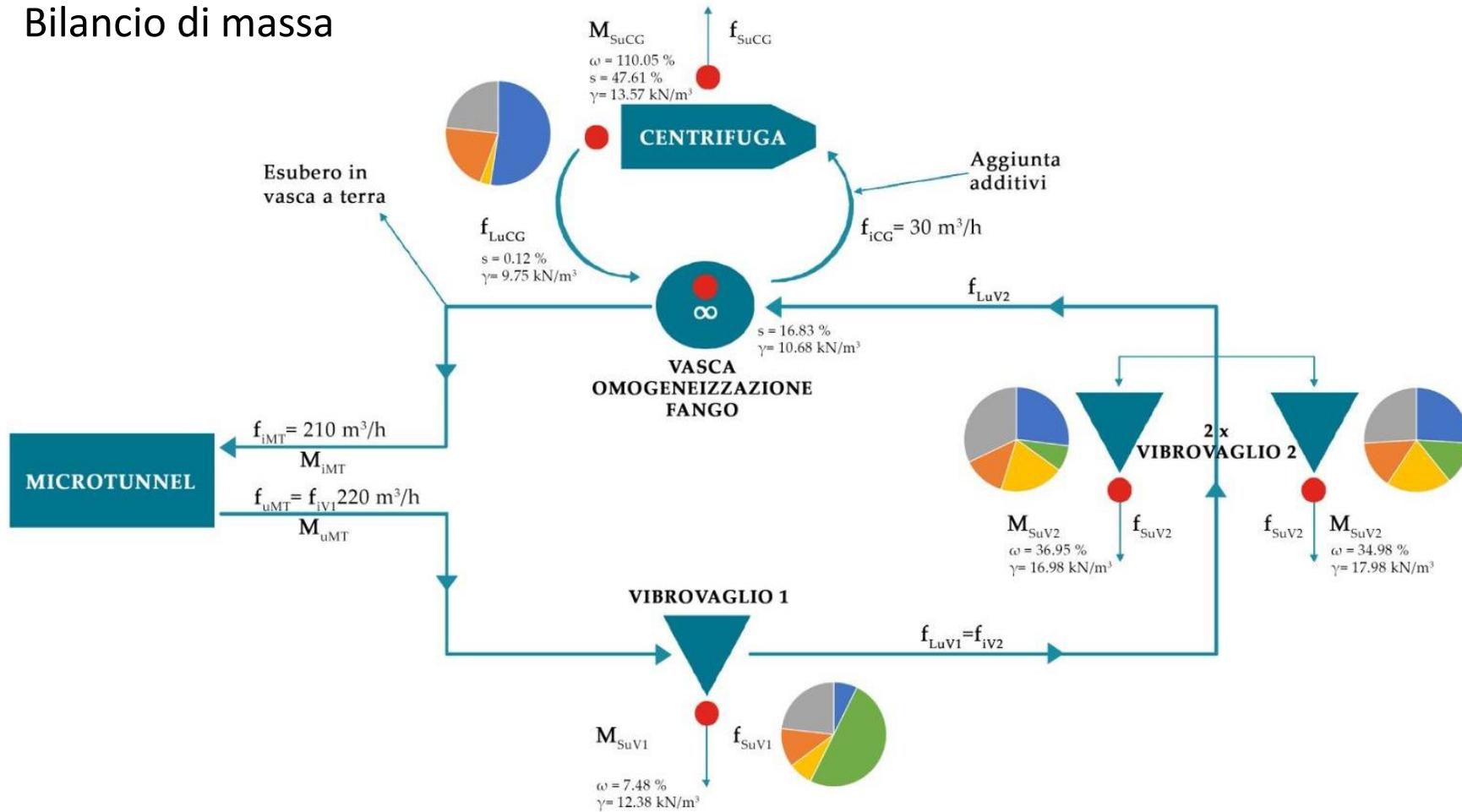


DIRETTIVE E NORMATIVE DI RIFEIRMENTO - 

- DIRETTIVA MACCHINE 2006/42/CE
- DIRETTIVA COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA (EMC) 2014/30/UE

# CASE HISTORY: SAN LEO (RN)

## Bilancio di massa



## CASE HISTORY: SAN LEO (RN)

La campagna prove si è svolta in due giorni, variando la velocità tamburo [rpm] e la velocità differenziale [rpm] e prelevando ogni giorno 9 campioni di terre.

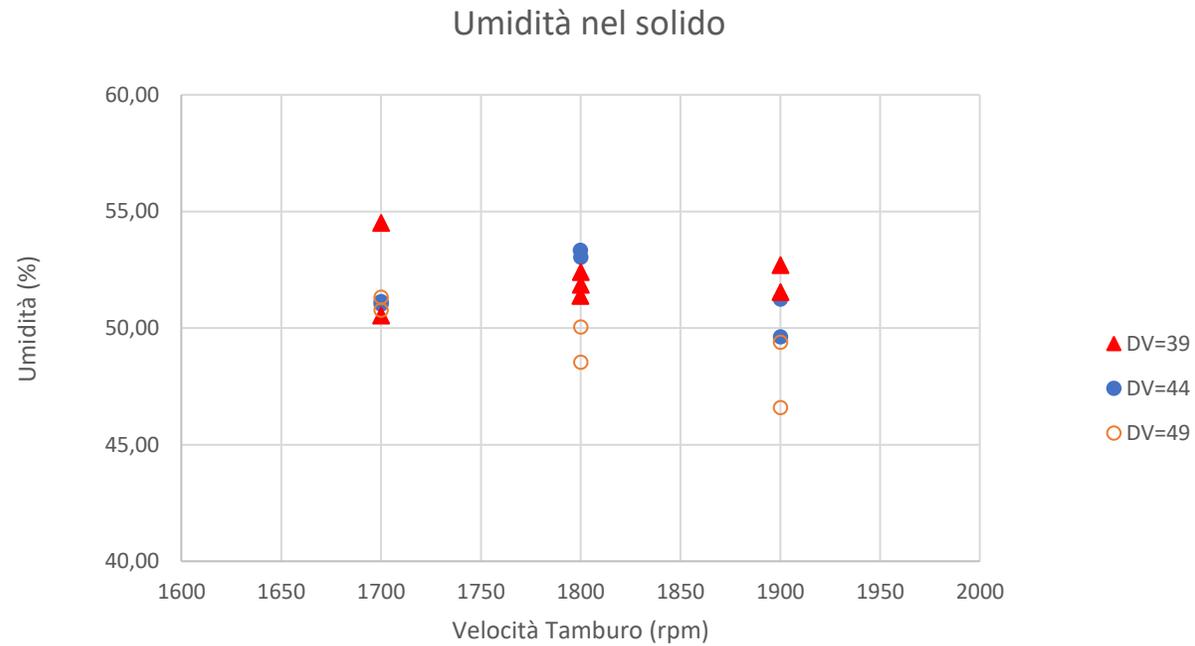
Le prove sono state eseguite **senza utilizzo di additivi (fase di alleggerimento)**.

Sono stati prelevati i campioni nei seguenti punti degli impianti di separazione:

- uscita solida del vibrovaglio sgrossatore
- uscita solida dei due vibrovagli in parallelo
- vasca di omogeneizzazione
- **uscita solida della centrifuga**
- **uscita liquida della centrifuga (ricircolata nella vasca di omogeneizzazione)**

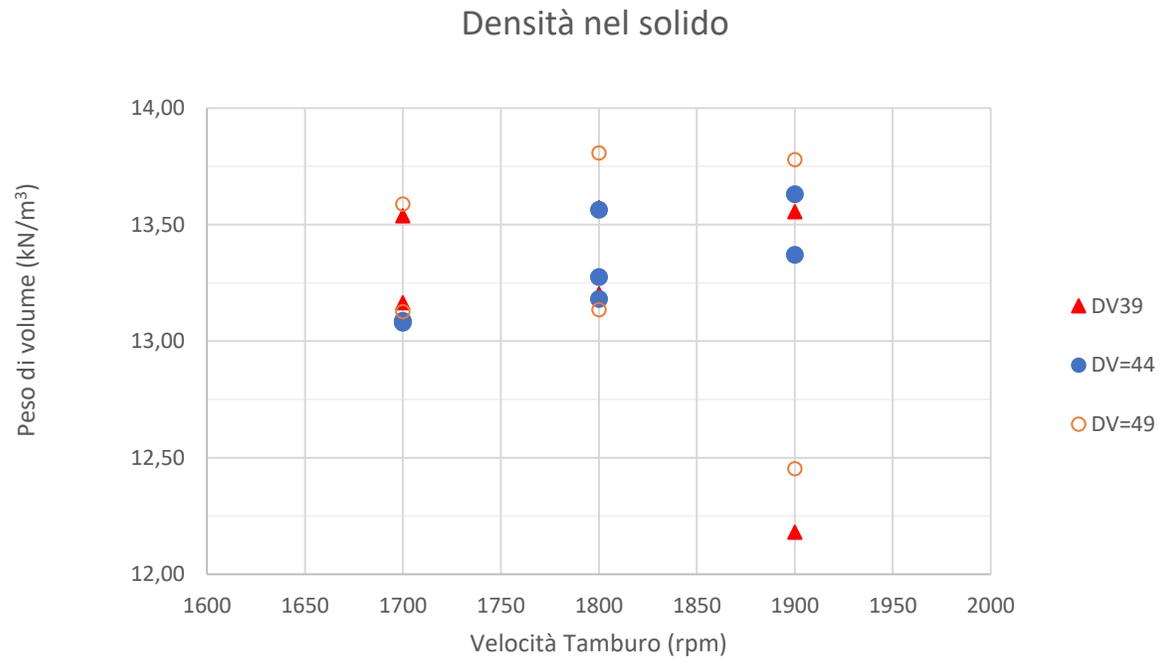


## CASE HISTORY: SAN LEO (RN)



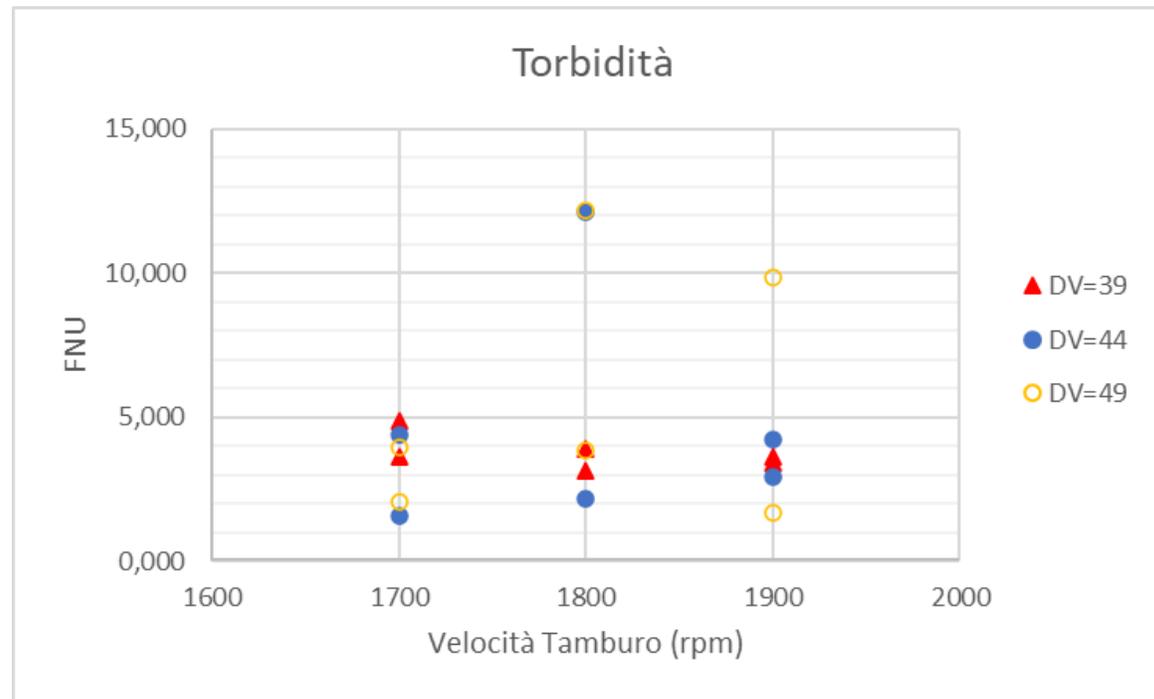
Contenuto d'acqua nella frazione solida (avviata a recupero)

# CASE HISTORY: SAN LEO (RN)



Peso di unità di volume della frazione solida

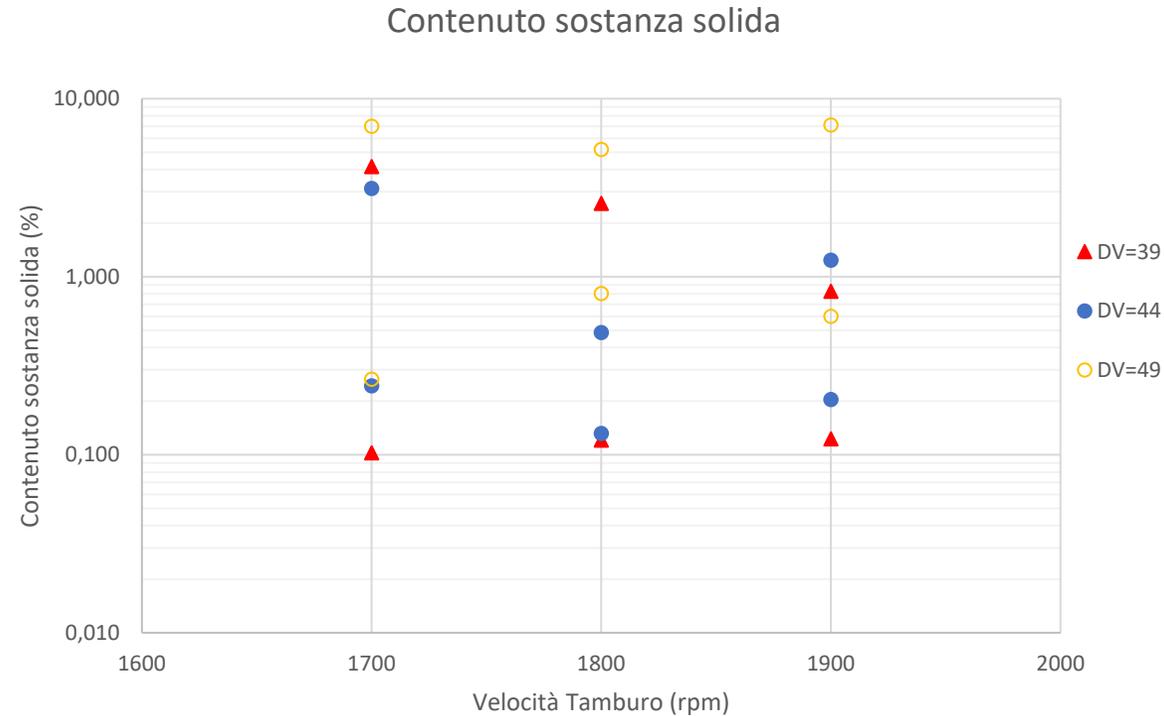
## CASE HISTORY: SAN LEO (RN)



La torbidità dell'acqua è una proprietà ottica che fa sì che la luce venga dispersa e assorbita, piuttosto che trasmessa. La dispersione della luce che passa attraverso un liquido è principalmente causata da solidi sospesi. Maggiore è la torbidità, maggiore è la quantità di luce diffusa.

Torbidimetro Standard ISO – FNU (Formazin Nephelometric Unit)

# CASE HISTORY: SAN LEO (RN)



Contenuto in solidi (secco) su quantità di acqua (%)

(frazione liquida ricircolata = fase di alleggerimento)

## CONCLUSIONI

- I **fanghi di perforazione** sono un elemento fondamentale del processo di perforazione
- La loro composizione dipende dalla natura dei terreni attraversati e dalla tecnica di perforazione
- La **gestione dei fanghi** di perforazioni rappresenta una voce importante nei **costi** di un lavoro NO-DIG
- Il processo di **alleggerimento** deve contribuire alla riduzione dei volumi di fango da utilizzare e ottimizzare l'impiego dei fanghi
- La **disidratazione** finale del fango «esaurito» deve mirare a ridurre il volume di smarino da smaltire in discarica ed ottenere delle acque con contenuti solidi ridotti al minimo
- Le tecniche di trattamento dovrebbero privilegiare le soluzioni che garantiscono **flessibilità, garanzia di risultati e costi ridotti** della gestione complessiva del sistema di trattamento e smaltimento

## CONCLUSIONI

- Le prove eseguite mostrano una evidente sensibilità delle caratteristiche della fase solida alla velocità differenziale fra la coclea e tamburo
- Per ottenere un fango a basso contenuto di liquidi (umidità < 50%) ha più influenza la **velocità differenziale** dell'aumento del numero di giri
- La gestione della fase liquida è strettamente connessa alla fase di trattamento. In fase di alleggerimento si possono ottenere ottimi risultati anche senza additivi (dipende dalla granulometria del terreno attraversato)
- Per ottenere una fase liquida a bassissimo contenuto di solidi (< 80 mg/l) in modo da poter essere scaricata direttamente su acque superficiali, si devono aggiungere necessariamente degli **additivi flocculanti e coagulanti**.

**Prof. Ing. Quintilio Napoleoni**  
quintilio.napoleoni@uniroma1.it  
+39 348 4044805

**Federico Gennaretti**  
Getech Srl – Gennaretti®  
[federico.gennaretti@gennaretti.com](mailto:federico.gennaretti@gennaretti.com)  
+39 348 7116548



*Discover the different separation*