

PRASSI DI RIFERIMENTO UNI LINEE GUIDA E RACCOMANDAZIONI PER LA GESTIONE DEI FLUIDI E DEI FANGHI BENTONITICI NELLE LAVORAZIONI TRENCHLESS

STEFANO AMENTA

SNAM RETE GAS

DIEGO SEBASTIANI

GEEG

7 Ottobre 2026



PRASSI DI RIFERIMENTO

UNI/PdR 196

13 LUGLIO 2026

Linee guida e raccomandazioni per la gestione dei fluidi e dei fanghi bentonitici nelle lavorazioni trenchless

Guidelines and recommendations for the management of bentonite slurries in trenchless activities

TESTO ITALIANO

ICS 93.020



PRESENTAZIONE DELLA PdR 196

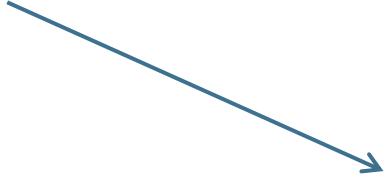
La Prassi di Riferimento è il risultato del lavoro di un gruppo multidisciplinare composto da progettisti, Università, committenti, imprese esecutrici e produttori. La pluralità di competenze impiegate ha permesso di affrontare il tema da prospettive complementari e di elaborare un riferimento tecnico completo e fruibile.

Dedicata alla divulgazione scientifica, fornisce delle linee guida e raccomandazioni per la classificazione e l'impiego corretto delle bentoniti nella preparazione di fluidi di perforazione (a base d'acqua) per opere di ingegneria in sotterraneo mediante tecnologie trenchless.

La PdR nasce dall'esigenza di uniformare terminologia e denominazioni, intende fornire indicazioni chiare e operative sulle buone pratiche da adottare nella gestione dei fluidi e dei fanghi di perforazione nella realizzazione di opere trenchless.

OBIETTIVI E CONTENUTI DELLA PdR

Argomenti principali:

1. **Proprietà e caratteristiche** dei prodotti bentonitici e degli additivi eventualmente impiegati; 
 2. **Caratteristiche dei fluidi di perforazione** 
 3. **Caratteristiche dei fanghi di perforazione** 
 4. **Controlli operativi** da eseguire in corso d'opera: 
 5. **Caratteristiche dei prodotti di risulta** dal processo di separazione: **alleggerimento e disidratazione** 
- Fornisce indicazioni per:
- la **valutazione del prodotto commerciale**,
 - la sua **miscelazione con acqua** (comportamento fisico/chimico),
 - le **caratteristiche dei fluidi**, in relazione alle condizioni geologico-geotecniche.
- Include linee guida per:
- la **gestione dei fluidi di perforazione** prima e durante l'uso,
 - indicazioni sulle principali **modalità di esecuzione di test di controllo** in laboratorio e in cantiere,
 - la **gestione dei materiali** di scavo (smarino) e del fango di perforazione.

OBIETTIVI E CONTENUTI DELLA PdR

PdR suddivisa in 5 sezioni principali:

1. una **prima sezione**, brevemente descritta nel punto 5 e meglio descritta in Appendice A, relativamente al **quadro normativo di riferimento**;
2. una **seconda sezione**, contenuta nel punto 6, di descrizione **delle caratteristiche e proprietà delle bentoniti**, dei fluidi a base bentonitica e delle **principali prove di laboratorio** che ne definisco le proprietà;
3. una **terza sezione**, contenuta nel punto 7, relativa ai **campi di applicazione** e agli impieghi in fase di realizzazione delle opere;
4. una **quarta sezione**, contenuta nel punto 8, relativa ai **controlli operativi da eseguire in corso d'opera sui fluidi e fanghi di perforazione** (laboratorio e cantiere);
5. **quinta sezione**, contenuta nel punto 9, relativa al **processo di separazione (focus sul processo di alleggerimento e disidratazione)** e gestione dei materiali di risulta

BENTONITE

Materiale commerciale costituito prevalentemente da minerali argillosi naturali appartenenti al gruppo dei fillosilicati, famiglia delle smectiti, caratterizzati da struttura cristallina stratificata (fogli) ad elevata capacità di scambio cationico.

In funzione della **composizione mineralogica** in natura troviamo:

- **Montmorillonite** – la più comune;
- **Beidellite** – smectite ricca in alluminio;
- **Nontronite** – smectite ferrifera, con Fe^{3+} dominante;
- **Saponite** – smectite magnesiaca, tipica di ambienti basaltici;
- **Hectorite** – smectite contenente litio, di origine vulcanica;
- **Stevensite** – smectite magnesiaca con basso contenuto di Al e Fe.

- **bentonite naturale:** bentonite che non ha subito trattamenti chimici o fisici atti a modificarne la natura mineralogica o compositiva;
- **bentonite attivata:** bentonite naturale, generalmente calcica, che subisce un processo chimico di attivazione (scambio ionico), mediante l'aggiunta di sali di sodio o composti a base di sodio o magnesio, al fine di trasformarla in bentonite sodica;
- **bentonite estesa:** bentonite naturale sottoposta a pretrattamento industriale mediante l'aggiunta di extender, principalmente polimeri naturali o semi-sintetici, impiegati principalmente per migliorare le proprietà reologiche, la stabilità del fango e/o la resistenza alle contaminazioni.

PdR - BENTONITI NATURALI

Più comuni

Bentonite sodica

Utilizzi principali:

fluidi da perforazione;

barriere impermeabilizzanti;

leganti per sabbie da fonderia;

sigillature ambientali.

NOTA: Elevata capacità di rigonfiamento in acqua, buona dispersione in acqua.

Bentonite calcica

Utilizzi principali:

enologia (chiarifica dei vini);

cosmetica;

ceramica;

agricoltura.

NOTA: Buona capacità di adsorbimento di acqua, basso rigonfiamento in acqua.

Diverse varianti cristallografiche determinate dal tipo di catione dominante che influisce direttamente le proprietà fisiche e ne determina l'impiego.

Bentonite potassica

Utilizzi principali:

chiarifica dei succhi di frutta (per esempio mela, mirtillo); applicazioni alimentari specifiche.

NOTA: Basso contenuto di sodio, compatibilità con impianti di ultrafiltrazione.

Bentonite magnesiacca

Utilizzi principali:

ricerca scientifica;

applicazioni ambientali o catalitiche.

NOTA: Composizione rara e variabile

PROPRIETÀ E CARATTERISTICHE DEI PRODOTTI

- Fluidi di perforazione bentonitici – Proprietà fisiche:
 - la densità;
 - la viscosità;
 - la tixotropia;
 - la resistenza al taglio di soglia (Yield Point);
 - l'assenza di acqua libera (bleeding);
 - la capacità di formare un filter cake
- Fluidi di perforazione bentonitici – Principali funzioni:
 - la rimozione dei detriti del materiale scavato;
 - il sostegno delle pareti di scavo;
 - la riduzione della permeabilità del contatto tra lo scavo e il terreno;
 - il mantenimento della stabilità delle pareti scavate;
 - il raffreddamento degli utensili di scavo, la lubrificazione e il supporto del cavo nella fase di perforazione;
 - la riduzione al minimo delle interazioni con l'ambiente circostante

BENTONITE

ASPETTI AMBIENTALI E GESTIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Dal punto di vista dei **rischi per la salute dell'uomo e dell'ambiente** la bentonite:

- **non è considerata pericolosa** né per l'ambiente né per l'uomo secondo il Regolamento EC 1272/2008 e la precedente Direttiva 67/548/EC;
- non è separatamente classificata dall'Occupation Safety and Health Administration (OSHA);
- **non è stata classificata come cancerogeno** dall'OSHA, dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) e dal Programma Tossicologico Nazionale (NTP);
- è esente dalla Registrazione REACH secondo l'allegato V.7;
- è stata definita una sostanza non pericolosa a seguito di una valutazione del rischio condotta con la supervisione della European Bentonite Association (EUBA).

FANGO DI PERFORAZIONE - caratteristiche dei prodotti di risulta dal processo di separazione

PROCESSO DI SEPARAZIONE (aspetti tecnologici)

- VAGLI / VIBROVAGLI
- CICLONI
- DECANter CENTRIFUGO



PROCESSO DI ALLEGGERIMENTO

FANGO DI PERFORAZIONE - caratteristiche dei prodotti di risulta dal processo di separazione

PROCESSO DI SEPARAZIONE (aspetti tecnologici)

- VAGLI / VIBROVAGLI
- CICLONI
- DECANter CENTRIFUGO
- FILTROPRESSA



PROCESSO DI DISIDRATAZIONE

BENTONITE - ADDITIVI

Additivi per supportare il processo di separazione - FLOCCULANTI

Scopo principale favorire l'aggregazione delle particelle colloidali, presenti in sospensione, accelerando la sedimentazione per flocculazione (è un processo fisico-chimico che può seguire la coagulazione, finalizzato alla promozione di processi di aggregazione dei microflocchi in strutture più grandi e sedimentabili – non sempre necessaria, dipende dal tipo di fango e dagli obiettivi di gestione)

Principali Flocculanti

Poliacrilammidi (PAM)

Anioniche: adatte per fanghi con particelle a carica positiva o neutra.

Cationiche: utilizzate quando le particelle hanno carica negativa.

Non ioniche: impiegate in condizioni neutre o quando si vuole evitare interazioni elettrostatiche forti.

Polielettroliti sintetici

Derivati da acrilammide e altri monomeri funzionalizzati.

Possono essere formulati per avere pesi molecolari e cariche specifiche in base al tipo di fango.

Flocculanti naturali

Amido modificato, gomma di guar, chitosano – meno comuni ma utilizzati in particolari contesti.

BENTONITE - ADDITIVI

Additivi per supportare il processo di separazione - COAGULANTI

Additivo in grado di neutralizzare eventuali cariche negative presenti nelle particelle in sospensione nel fluido \fango bentonitico, permettendo l'aggregazione in flocculi di maggiore dimensioni.

Principali Coagulanti

Sali di alluminio

Alluminio solfato ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) – comunemente noto come allume.

Policloruro di alluminio (PAC) – più efficace e stabile rispetto all'allume, spesso usato in ambienti con pH variabile.

Sali di ferro - particolarmente efficaci in presenza di elevate concentrazioni di solidi sospesi

Cloruro ferrico (FeCl_3)

Solfato ferroso (FeSO_4)

Coagulanti organici

Poliammine – utilizzati in alcune formulazioni per migliorare la compatibilità con altri additivi.

PdR – APPENDICI

APPENDICE A (INFORMATIVA)
QUADRO NORMATIVO NAZIONALE DI
RIFERIMENTO

APPENDICE C (INFORMATIVA)
ESEMPIO DI SCHEDA INFORMATIVA
DI SICUREZZA DEL PRODOTTO
COMMERCIALE

APPENDICE B (INFORMATIVA)
ESEMPIO DI SCHEDA INFORMATIVA SULLE
CARATTERISTICHE TECNICHE DEL
PRODOTTO COMMERCIALE

APPENDICE D (INFORMATIVA)
ESEMPIO DI SCHEDA DI MONITORAGGIO
DELLE CARATTERISTICHE DEI FLUIDI DI
PERFORAZIONE

FLUIDI DI PERFORAZIONE - controlli operativi da eseguire in corso d'opera

Tipo	Dettaglio controllo	Frequenza Micro-TBM	Frequenza TOC
Qualità dell'acqua di miscelazione	pH dell'acqua	Inizio cantiere	Inizio cantiere
Qualità dell'acqua di miscelazione	Durezza dell'acqua	Inizio cantiere	Inizio cantiere
Qualità dell'acqua di miscelazione	Salinità dell'acqua	Inizio cantiere	Inizio cantiere
Fluido bentonitico	Viscosità Marsh del fluido	Per singola spinta* * E comunque ad ogni significativo cambio di litologia.	Per singolo turno/ giornalmente* * E comunque ad ogni significativo cambio di litologia.
Fluido bentonitico	Yield point del fluido	Giornalmente/ settimanalmente* * E comunque ad ogni significativo cambio di litologia.	Giornalmente/ settimanalmente* * E comunque ad ogni significativo cambio di litologia.
Fluido bentonitico	Perdita di filtrato – test API	Giornalmente/ settimanalmente* * E comunque ad ogni significativo cambio di litologia.	Giornalmente/ settimanalmente* * E comunque ad ogni significativo cambio di litologia.

Tipo	Dettaglio controllo	Frequenza Micro-TBM	Frequenza TOC
Fluido bentonitico	Spessore del filter cake	Giornalmente/ settimanalmente* * E comunque ad ogni significativo cambio di litologia.	Giornalmente/ settimanalmente* * E comunque ad ogni significativo cambio di litologia.
Fluido bentonitico	pH complessivo del fango	Giornalmente/ settimanalmente	Giornalmente/ settimanalmente* * E comunque ad ogni significativo cambio di litologia.
Fluido bentonitico	Bleeding a 1 ora	Giornalmente* * E comunque ad ogni significativo cambio di litologia.	Giornalmente/ settimanalmente* * E comunque ad ogni significativo cambio di litologia.
Fluido bentonitico	Densità del fluido	Per ogni spinta	Giornalmente/ settimanalmente* * E comunque ad ogni significativo cambio di litologia.
Fluido bentonitico	Contenuto di sabbia	Per ogni spinta	Giornalmente/ settimanalmente* * E comunque ad ogni significativo cambio di litologia.

Grazie per l'attenzione