


	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 1 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

**Progetto FSRU ALTO TIRRENO  
 E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI**

**VERIFICA TECNICA DI COMPATIBILITÀ DELLE INTERFERENZE DELL'OPERA  
 CON AREE PAI**



0	Emissione per risposte agli Enti	Tamburini-Mencucci	Nisii	Stefani	Sett. '24
<b>Rev.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>	<b>Data</b>

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 2 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064



## INDICE

<b>SCOPO DEL DOCUMENTO</b>	<b>4</b>
<b>PREMESSA DEL PROGETTO</b>	<b>4</b>
<b>1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E BREVE DESCRIZIONE DEL TRACCIATO</b>	<b>5</b>
1.1. Impianti di linea	7
<b>2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</b>	<b>9</b>
2.1. Documenti di progetto	9
2.2. Normative di riferimento: Autorità di Bacino distrettuale del fiume Po	9
<b>3. ESAME DELLE INTERFERENZE</b>	<b>12</b>
<b>4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E SISMICO</b>	<b>13</b>
<b>5. INQUADRAMENTO SISMICO</b>	<b>16</b>
5.1. Classificazione sismica	16
5.2. Pericolosità sismica di base	17
5.2.1. Periodo di ritorno	17
5.2.2. Parametri spettrali	18
5.3. Pericolosità sismica di base	19
5.3.1. Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche	19
5.3.2. Accelerazione massima attesa in superficie	20
<b>6. VERIFICA TECNICHE DI COMPATIBILITA'</b>	<b>21</b>
6.1. Criteri metodologici e definizione del modello geotecnico	21
6.2. Area PAI 9656 (P3 – Elevata)	23
6.2.1. Descrizione dell'area	23
6.2.2. Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni	24
6.2.3. Falda acquifera	30
6.2.4. Risultati della verifica tecnica di compatibilità	32
<b>7. INTERFERENZE DELLA LINEA IN DISMISSIONE CON LE AREE PAI</b>	<b>33</b>
<b>8. CONCLUSIONI</b>	<b>34</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>35</b>

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 3 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

**ALLEGATO 1 – Sezione stratigrafica interpretativa**

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 4 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

## SCOPO DEL DOCUMENTO

Lo scopo del presente documento è quello di approfondire dettagliatamente le eventuali interferenze del progetto denominato “Collegamento dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti, DN 750 (30”), DP 75 bar” con le aree a dissesto geomorfologico e di versante classificate e riconosciute secondo le Norme del PAI (Piani Assetto Idrogeologico – art. 18) demandati poi alla rispettiva pianificazione urbanistica comunale.

## PREMESSA DEL PROGETTO

Nell’ambito delle iniziative legate alla realizzazione di nuove capacità di rigassificazione regolate dall’art. 5 del DL n.50 del 17/5/2022 e mirate a diversificare le fonti di approvvigionamento di gas ai fini della sicurezza energetica nazionale, Snam FSRU Italia, società controllata al 100% da Snam S.p.A. (“Snam”), ha ottenuto in data 25/10/2022 l’autorizzazione unica per la realizzazione di un Terminale di Rigassificazione nel porto di Piombino, tramite l’ormeggio di un mezzo navale tipo FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) e la realizzazione delle connesse infrastrutture per l’allacciamento alla rete di trasporto esistente (di seguito l’“Autorizzazione Unica”).



L’Autorizzazione Unica, al punto 10, ha prescritto di presentare, entro 45 giorni dalla pubblicazione della Ordinanza medesima sul Bollettino Regionale della Toscana, il progetto integrativo di ricollocazione della FSRU in sito off-shore, nonché il progetto relativo agli interventi necessari per la dismissione della FSRU stessa dal porto di Piombino decorso il suddetto termine di tre anni. Con successive Ordinanze di proroga, il predetto termine è stato fissato al 26 giugno 2023.

Il Progetto FSRU Alto Tirreno, di cui il presente documento è parte integrante insieme ai suoi allegati, illustra la soluzione sviluppata dagli ingegneri e specialisti incaricati da Snam per il ricollocazione della FSRU TUNDRA per i successivi 22 anni una volta lasciato il porto di Piombino. In particolare, gli allegati tecnici riportano le principali caratteristiche del Progetto, analizzano gli aspetti ambientali, paesaggistici ed urbanistici e riportano le valutazioni relative ai temi Seveso ed antincendio.

L’analisi ha escluso la possibilità di trovare un ormeggio a lungo termine della FSRU all’interno di un porto diverso da quello di Piombino, non rinvenendosi in nessun altro porto le seguenti caratteristiche peculiari di Piombino, quali: (i) una banchina idonea per geometria e capacità strutturali, (ii) un pescaggio del porto ovunque maggiore di 15 m, (iii) un punto di ingresso nella Rete nazionale Gasdotti ad una distanza ragionevole ed in grado di ricevere l’incremento di portata previsto (i.e., 5 miliardi di metri cubi/anno).

La ricerca della soluzione si è indirizzata verso possibili siti offshore verificando la sussistenza di tre requisiti essenziali: (i) il collegamento in un punto della Rete Nazionale in grado di ricevere la portata prevista, (ii) la fattibilità tecnica, urbanistica ed ambientale del tracciato della condotta a mare ed a terra, (iii) la capacità della FSRU di svolgere con continuità il servizio di rigassificazione rispetto alle condizioni meteomarine attese nel sito prescelto.

I requisiti sopra richiamati hanno portato a selezionare un sito offshore a circa 2 miglia nautiche (circa 4 km) dalla costa ligure di ponente di fronte a Vado Ligure (SV) potendo evitare sia le rotte di ingresso/uscita del traffico navale che sfruttare l’approdo a terra in corrispondenza dell’area industriale di Tirreno Power.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R23350	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 5 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

## 1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E BREVE DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

Il progetto denominato “FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti” riguarda il riposizionamento della FSRU Tundra dal porto di Piombino ad un punto di ormeggio permanente a largo delle coste di fronte Vado Ligure in Liguria ed il suo collegamento con la Rete Nazionale Gasdotti (RNG).

La FSRU riceverà gas naturale liquefatto (GNL) dalle navi cisterna di GNL che trasferiranno il prodotto in modalità STS (Ship-To-Ship). Il GNL sarà quindi rigassificato a bordo della FSRU e il gas verrà esportato a terra attraverso una nuova condotta DN 650 (26”) fino all’impianto PDE e da qui ai relativi collegamenti fino alla Rete Nazionale Gasdotti.



**Fig. 1—A: Localizzazione del progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti.**

Il Progetto FSRU Alto Tirreno include le seguenti opere:

### Terminale FSRU

- FSRU Golar Tundra (*Floating Storage and Regasification Unit*) con dimensioni pari a circa 292,5 m (lunghezza) x 43,4 m (larghezza).

E le seguenti Opere Connesse costituite dal metanodotto di collegamento tra il Terminale FSRU e la Rete Nazionale Gasdotti che include:

- tratto di condotta sottomarina (sealine) e relativo cavo telecomando DN 650 (26”) DP 100 bar, di lunghezza pari a circa 4,2 km;
- tratti di metanodotto a terra di collegamento tra l’approdo costiero e l’impianto PDE (loc. Casina) in comune di Quiliano e relativo cavo telecomando, denominati:
  - o Allacciamento FSRU Alto Tirreno (tratto a terra) DN 650 (26”), DP 100 bar di lunghezza pari a circa 2,695 km;



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 6 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

- Impianto PDE loc. Casina in comune di Quiliano contenente le apparecchiature di filtraggio e misura del gas naturale, nonché la regolazione della pressione da 100 bar a 75 bar e le due stazioni di lancio/ricevimento pig per il controllo e pulizia della condotta (lato mare e lato terra);
- Il collegamento (con sostituzione di una parte dell'attuale condotta DN 300) tra il PDE in comune di Quiliano e la nuova Area Trappole, interconnessione e regolazione in loc. Chinelli con relativo cavo telecomando, denominato Collegamento dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar di lunghezza pari a circa 23,800 km che a sua volta include:
  - n. 1 Punto di Intercettazione Linea (PIL) e n. 4 Punti di Intercettazione di derivazione importante (PIDI) ubicati lungo il tracciato per intercettare e sezionare il gasdotto in base alla cadenza prescritta dal D.M. 17/04/2008;
  - n. 1 Punto di Intercettazione di derivazione importante (PIDI) con interconnessione con il metanodotto "Cairo Montenotte -Savona DN 300 (12") e regolazione della pressione da 75 bar a 64 bar;
  - n. 1 impianto ex-novo dove è prevista sia la trappola di arrivo del nuovo metanodotto "Collegamento dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar" sia la trappola di partenza a monte del collegamento con il metanodotto "Cairo Montenotte - Savona DN 300 (12"); è altresì prevista anche la interconnessione di entrambi con il metanodotto Ponti-Cosseria DN 750 (30") e regolazione della pressione da 75 bar a 64.

I tratti di condotta a terra in progetto riguardano le seguenti opere:

- Allacciamento FSRU Alto Tirreno (tratto a Terra) DN 650 (26"), DP 100 bar della lunghezza di circa 2,695km con i relativi punti di linea ad esso connessi (n. 2 PIL) e un impianto PDE di lancio-ricevimento pig e regolazione DP100-75 bar, in località Casina (comune di Quiliano-SV);
- impianto PDE contenente le apparecchiature di filtraggio e misura del gas naturale, nonché la regolazione della pressione da 100 bar a 75 bar, e le due stazioni di lancio/ricevimento pig per il controllo e pulizia della condotta (lato mare e lato terra);
- Collegamento dall'Impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar della lunghezza di circa 23,800 km con i relativi punti di linea (n. 1 PIL e n. 5 PIDI) e un impianto di lancio-ricevimento pig, interconnessione e regolazione DP 75-64 bar ubicato in località "Chinelli" (comune di Cairo Montenotte-SV).
  - Dalla linea in progetto sono previsti i collegamenti agli allacciamenti esistenti di seguito elencati:
    - Ricollegamento ad Allacciamento Bormioli DN 100 (4"),
    - Rifacimento Allacciamento 2i Rete Gas DN 100 (4"),
    - Ricollegamento ad Impianto di regolazione di Carcare (SV) DN 500 (20"),
    - Ricollegamento DN 100 (4") per Allacciamento IREN Ambiente e Ferrania,
    - Ricollegamento DN 200 (8") per Allacciamento Cartiere Carrara e Zincol Ossidi,
    - Ricollegamento a cabina di riduzione di Bragno DN 100 (4"),
    - Nuovo Allacciamento Liguria Gas DN 100 (4"),

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 7 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

- o Nuovo stacco per Comune di Cairo Montenotte DN 100 (4”).

Inoltre, è prevista la dismissione dei seguenti tratti:

- Met. Alessandria-Cairo Montenotte e Met. Cairo Montenotte-Savona DN 300 (12”) esistenti, che verranno sostituiti in parte, con il DN 750, dall’impianto PID1 1 di interconnessione e regolazione fino all’area impiantistica di Chinelli per una lunghezza totale di circa 22,430 km.

Per il tratto di Collegamento dall’Impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30”), DP 75 bar lo studio ha portato a mantenere, per una buona parte del tracciato, la direttrice dei Met. Alessandria-Cairo Montenotte e Cairo Montenotte-Savona DN 300 (12”) esistenti per poi giungere all’impianto Area trappole, interconnessione e regolazione in località “Chinelli”.

Di seguito si riporta una descrizione di maggior dettaglio dei tracciati delle principali linee in progetto:

- Allacciamento FSRU Alto Tirreno (tratto a Terra), DN 650 (26”), DP 100 bar (L= 2.695 m ca);
- Collegamento dall’Impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30”), DP 75 bar (L= 23.800 m ca).

### 1.1. Impianti di linea

In accordo alla normativa vigente (DM 17.04.08), la condotta sarà sezionabile in tronchi mediante apparecchiature di intercettazione (valvole) denominate:

- Punto di intercettazione di linea (PIL), che ha la funzione di sezionare la condotta interrompendo il flusso del gas;
- Punto di intercettazione di derivazione importante (PIDI) che, oltre a sezionare la condotta, ha la funzione di consentire sia l’interconnessione con altre condotte, sia l’alimentazione di condotte derivate dalla linea principale.

I Punti di Intercettazione di Linea (PIL) in progetto sono 3 ricadenti nei Comuni di Vado Ligure e Quiliano (PIL n. 1 e PIL n. 2 del tratto DN 650) e Cairo Montenotte (PIL n. 3 del tratto DN 750).

I Punti di intercettazione di derivazione importante (PIDI) in progetto sono 5 ricadenti nei Comuni di Quiliano (PIDI n. 1), Carcare (PIDI n. 2) e Cairo Montenotte (PIDI n. 4, PIDI n. 5 e PIDI n. 6).

Sono poi in progetto i seguenti impianti:

- impianto PDE in comune di Quiliano (loc. Casina);
- impianto di interconnessione e regolazione in località “Chinelli”.

L’Impianto PDE di Quiliano, di nuova realizzazione, sarà ubicato nel comune di Quiliano in Loc. Casina, dove è prevista sia la trappola di arrivo del nuovo metanodotto “Allacciamento FRSU Alto Tirreno (tratto a terra) DN 650 (26”), DP 100 bar”, sia la trappola di partenza del nuovo metanodotto “Collegamento dall’impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30”), DP 75 bar”; all’interno di tale area sono previste le apparecchiature di filtraggio e misura del gas naturale, nonché la regolazione della pressione da 100 bar a 75 bar.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 8 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

L’impianto di interconnessione e regolazione in località “Chinelli” sarà realizzato ex-novo, nel comune di Cairo Montenotte in Loc. Chinelli, dove è prevista sia la trappola di arrivo del nuovo metanodotto “Collegamento dall’impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30”), DP 75 bar”, sia la trappola di partenza a monte del collegamento con il Met. “Cairo Montenotte - Savona DN 300 (12”). È prevista anche l’interconnessione di entrambi con il Met. Ponti-Cosseria DN 750 (30”) e regolazione della pressione da 75 bar a 64 bar.

La collocazione di tutti gli impianti è prevista, per quanto possibile, in vicinanza a strade esistenti dalle quali verrà derivato un breve accesso carrabile. Nei casi in cui non è possibile utilizzare questo criterio, si cercherà comunque di utilizzare l’esistente rete di viabilità minore, realizzando, ove necessario, opere di adeguamento di tali infrastrutture, consistenti principalmente nella ripulitura e nel miglioramento del sedime carrabile, attraverso il ricarico con materiale inerte, e nella sistemazione delle canalette di regimazione delle acque meteoriche.

Tutti i punti di linea sopra descritti sono recintati con pannelli in grigliato di ferro zincato e fissati, tramite piantana in acciaio, su cordolo di calcestruzzo armato.

L’ubicazione degli impianti di linea è indicata nelle planimetrie "Tracciato di progetto" dei vari tratti (vedi doc. PG-TP-D-11200 e PG-TP-D-11400).

Per la descrizione di dettaglio delle varie fasi progettuali previste per l’opera in esame si rimanda allo Studio di Impatto Ambientale (vedi Doc. REL-AMB-E-00001\_Studio Impatto Ambientale – Sezione II – Cap. 1).



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 9 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

## 2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1. Documenti di progetto

Per la redazione del presente documento si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

#### Elaborati di Progetto

1	NQ-R23350-AT-16E-11446	Microtunnel Bragno D.I. 2000 mm mi Fiume Bormida
2	REL-CGB-E-11005	Relazione geologica (tratto a terra)
3	REL-SIS-E-11004	Relazione sismica
4	REL-CI-E-11090	Relazione idrogeologica con schede monografiche delle derivazioni
5	REL-GEO-E-11093	Relazione delle indagini geognostiche
6	REL-PAI-E-11006	Relazione tecnica di compatibilità idraulica negli ambiti del distretto dell'Appennino Settentrionale

### 2.2. Normative di riferimento: Autorità di Bacino distrettuale del fiume Po

L'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po, che subentra alla già Autorità di bacino del fiume Po, è diventata operativa dopo la seduta della Conferenza Istituzionale Permanente del 23 maggio 2017. In tale occasione sono stati annessi i Bacini interregionali del Reno, del Fissero-Tartaro-Canal Bianco, del Conca-Marecchia e i bacini regionali Romagnoli.

Il bacino idrografico del Po interessa il territorio di Liguria, Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Trentino, Veneto, Emilia-Romagna, Toscana, Marche e si estende anche a porzioni di territorio francese e svizzero.

L'Autorità di bacino è luogo di intesa unitaria e sinergia operativa fra tutti gli organi istituzionali interessati alla salvaguardia e allo sviluppo del bacino padano, caratterizzato da complesse problematiche ambientali.

#### La documentazione del PAI

Il principale strumento dell'azione di pianificazione e programmazione dell'Autorità di bacino è costituito dal Piano di bacino, mediante il quale sono "pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo e alla corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche e ambientali del territorio interessato".

La documentazione del PAI è costituita da nove elaborati e tre addendum. In particolare, nell'Elaborato 2, Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici - Inventario dei centri abitati collinari/montani esposti a pericolo, all'Allegato 4, sono illustrate le Delimitazioni delle aree in dissesto in cartografia con scala al 25000. I dati sono aggiornati alla data di approvazione del PAI (24 aprile 2001). È necessario ricordare, infatti, che in base alle Norme del PAI (art. 18) i successivi approfondimenti sui fenomeni di dissesto e le eventuali integrazioni e modificazioni ai vincoli corrispondenti, sono demandati alla pianificazione urbanistica. Per questo motivo e per la relativa consultazione delle norme di uso del territorio, è stata valutata la documentazione prodotta dai Comuni in sede di

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 10 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

attuazione del PAI, nella fattispecie quella presente sul geoportale del comune di Cairo Montenotte:

<https://geoportale2.sportellounicodigitale.it/GisMaster/Default.aspx?IdCliente=009015&IdSer=1>

### Norme di attuazione del PAI

Le norme di attuazione definiscono, in generale, le finalità e gli effetti del Piano e regolamentano le attività di uso e trasformazione del suolo maggiormente interagenti con lo stato di rischio presente sul territorio del bacino, nonché le modalità di attuazione degli interventi strutturali di difesa.

In particolare, le norme contenute nel **Titolo I** definiscono le azioni riguardanti la difesa della rete idrografica e idrogeologica dei versanti, come di seguito meglio specificato.

#### **Titolo I, Parte II – Norme relative alle condizioni generali di assetto del bacino idrografico, Art. 9. Limitazioni alle attività di trasformazione e d'uso del suolo derivanti dalle condizioni di dissesto idraulico e idrogeologico**



1. Le aree interessate da fenomeni di dissesto per la parte collinare e montana del bacino sono classificate come segue, in relazione alla specifica tipologia dei fenomeni idrogeologici, così come definiti nell'Elaborato 2 del Piano:

- frane:
  - **Fa**, aree interessate da frane attive - (pericolosità molto elevata), si intendono quelle in atto o verificatesi nell'arco degli ultimi 30 anni, anche nel caso che detta "attività" sia consistita in una ripresa di movimento interessante in modo parziale e limitato il corpo di frana;
  - **Fq**, aree interessate da frane quiescenti - (pericolosità elevata), sono quelle che hanno dato segni di "attività" in un periodo di tempo antecedente a quello sopra indicato;
  - **Fs**, aree interessate da frane stabilizzate - (pericolosità media o moderata), comprendono le frane interessate da interventi di consolidamento o che hanno raggiunto naturalmente assetti sicuramente di equilibrio.

(omissis) ...

2. Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree **Fa** sono esclusivamente consentiti:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria degli edifici, così come definiti alla lettera a) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche o di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento e restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- le opere di bonifica, di sistemazione e di monitoraggio dei movimenti franosi;
- le opere di regimazione delle acque superficiali e sotterranee;

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 11 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto dello stato di dissesto in essere.

(omissis) ...

3. Nelle aree **Fq**, oltre agli interventi di cui al precedente comma 2, sono consentiti:



- gli interventi di manutenzione straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo, così come definiti alle lettere b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico-funzionale;
- gli interventi di ampliamento e ristrutturazione di edifici esistenti, nonché di nuova costruzione, purché consentiti dallo strumento urbanistico adeguato al presente Piano ai sensi e per gli effetti dell'art. 18, fatto salvo quanto disposto dalle linee successive;
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue e l'ampliamento di quelli esistenti, previo studio di compatibilità dell'opera con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente; sono comunque escluse la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D. Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22. È consentito l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi dello stesso D.Lgs. 22/1997 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 del D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.

...

12. Tutti gli interventi consentiti, di cui ai precedenti commi, sono subordinati ad una verifica tecnica, condotta anche in ottemperanza alle prescrizioni di cui al D.M. 11 marzo 1988, volta a dimostrare la compatibilità tra l'intervento, le condizioni di dissesto e il livello di rischio esistente, sia per quanto riguarda possibili aggravamenti delle condizioni di instabilità presenti, sia in relazione alla sicurezza dell'intervento stesso. Tale verifica deve essere allegata al progetto dell'intervento, redatta e firmata da un tecnico abilitato.

Come si evince quindi dagli articoli e dai commi illustrati sopra, nelle aree Fa e Fq è possibile la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici (testo evidenziato in celeste chiaro), a meno di una verifica tecnica allegata al progetto dell'intervento.

La trattazione esposta nei paragrafi successivi illustra ed approfondisce la tipologia delle interferenze tra il tracciato di progetto e quello della dismissione con le aree PAI.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 12 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

### 3. ESAME DELLE INTERFERENZE

Le linee in progetto ed in dismissione interferiscono con le aree PAI nei tratti riportati nella successiva Tab. 3—A (linee in progetto e in dismissione).

**Tab. 3—A: Interferenze tra i tracciati delle linee in progetto e le aree PAI**

Da (km)	A (km)	Lunghezza (m)	Tipo frana	ID Frana	Metodo Costruttivo
<b>Progetto: Coll. dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar</b>					
17,535	17,695	160	Quiescente	9656 (*)	Trenchless
<b>Dismissione: Met. Alessandria-Cairo Montenotte-Savona DN 300 (12"), MOP 64 bar</b>					
11,674	11,709	35	Attiva	0 (**)	Scavo a cielo aperto
6,317	6,443	126	Quiescente	9656 (*)	Scavo a cielo aperto
(*) id frana PAI: DPCM 24/01/2001					
(**) id frana: DDG Pianificazione territoriale Regione Liguria, n.1, 08/01/2008					

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 13 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

#### 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E SISMICO

Il territorio interessato dai tracciati dello studio in oggetto ricade nei comuni di Vado Ligure, Quiliano, Altare, Carcare e Cairo Montenotte ed è compreso nei Fogli della Carta Geologica Italiana in scala 1:25000:

- Carta Geologica Regionale con elementi di Geomorfologia (CGR), tav. 229.3 - Vado Ligure;
- Carta Geologica Regionale con elementi di Geomorfologia (CGR), tav. 229.4 – Savona;

e nei Fogli della Carta Geologica Italiana in scala 1:50000:

- CARG - Foglio 228 Cairo Montenotte;
- CARG - Foglio 211 Deگو.

L'inquadramento geologico è stato elaborato utilizzando le informazioni presenti nelle note illustrative della cartografia indicata ed i paragrafi successivi riassumono le caratteristiche principali di ciascun tracciato di progetto.

Il settore ligure delle Alpi è il risultato di complessi processi geodinamici, inclusa la subduzione della litosfera oceanica e la successiva collisione tra le placche continentali europea e insubrica. La struttura tettonica delle Alpi Liguri e Marittime è rimasta sostanzialmente invariata, almeno superficialmente, nonostante una rotazione antioraria oligo-miocenica (Vanossi *et alii*, 1994).

Tre sistemi strutturali principali emergono in questo settore: il Piemontese-Ligure, il Pennidico e il Delfinese-Provenzale. Il Piemontese-Ligure, interno ed orientale, è caratterizzato da unità ofiolitiche coinvolte nei processi subduttivi e collisionali, mentre il Pennidico comprende unità che registrano la storia metamorfico-deformativa alpina, appartenenti sia alla parte continentale europea sia al suo margine. Il Delfinese-Provenzale rappresenta la parte più esterna e profonda della catena, coinvolta in modo più blando negli eventi alpini, con basamento cristallino affiorante nel massiccio dell'Argentera-Mercantour.

Le unità Brianzonesi, piemontesi e piemontesi-liguri sono state oggetto di studi (Seno *et alii*, 2003, 2005a, 2005b) che hanno ricostruito l'evoluzione cinematica e il percorso di queste unità. La catena appare come una serie di duplex sovrapposti, con un duplex prepiemontese poco metamorfico interposto tra due duplex (Brianzonese interno e piemontese-ligure) dotati di metamorfismo di alta pressione. La strutturazione delle Alpi Liguri ha attraversato almeno quattro fasi duttili con intensità e direzioni differenti nei diversi gruppi di unità (Dellagiovanna *et alii*, 1997).

Nell'area in cui ricadono i tracciati in progetto, affiorano estesamente unità tettoniche presenti anche in gran parte delle Alpi occidentali, assegnate ai domini paleogeografici piemontese-ligure, prepiemontese e Brianzonese. Di seguito viene illustrata brevemente la collocazione regionale di queste unità, a partire da quelle geometricamente più elevate.

##### Unità Piemontesi-Liguri (di ambiente oceanico)

Le successioni del bacino dell'Oceano Piemontese-Ligure (Vanossi *et alii*, 1986), situato tra le placche europea e insubrica, affiorano estesamente dalle zone di Sestri-Voltaggio fino alla linea Celle-Sanda, prevalentemente nelle Alpi Marittime e Cozie. Queste

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 14 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

successioni, con depositi prevalentemente cretacico-paleocenici, sono considerate paleogeograficamente interne, tra i domini piemontese e oceanico.

Le unità del bacino presentano varie caratteristiche, alcune con successioni complete e altre composte solo dal substrato "ofiolitico". Il substrato è principalmente composto da porzioni di litosfera oceanica, con serpentiniti, metabasalti, e metadioriti attraversati da filoni, eclogiti, metagabbri e metabasalti con brecce ofiolitiche (Chiesa *et alii*, 1975; Cortesogno & Haccard, 1986; Messiga & Piccardo, 1980).

Sia il basamento che le coperture piemontesi-liguri hanno subito metamorfismo, con un primo stadio legato al fondo oceanico caratterizzato da elevati rapporti T/P e un secondo stadio alpino con un alto rapporto P/T.

Le unità di ambiente oceanico delle Alpi liguri e dell'Appennino mostrano analogie. Le serpentiniti si ritiene derivino da peridotiti del mantello superiore; i metagabbri e le eclogiti corrisponderebbero a sequenze intrusive, mentre i metabasalti sarebbero equivalenti ai basalti oceanici. Per quanto riguarda la copertura, le metaradiolariti, gli scisti silicei, i calcari "picchiettati", i marmi, le filladi con livelli calcarei e i calcescisti rappresentano l'equivalente delle successioni sopraofiolitiche dell'Appennino settentrionale, costituendo la trilogia diaspri-calcari a calpionelle-argille a palombini.

#### Unità Prepiemontesi (di margine continentale)

Nelle cartografie considerate, emergono due unità geologiche. La prima è costituita da un basamento paleozoico, caratterizzato da un'evoluzione polimetamorfica pre-alpina con almeno due eventi scistogeni (Cartosegno *et alii*, 1993).

La seconda unità è composta da diversi *klippen* di carbonati mesotriassici di piattaforma e da una trilogia di litofacies norico-retico-liassiche. Queste caratteristiche sono confrontabili con unità prepiemontesi simili nelle Alpi liguri. Altri *klippen* nella stessa area, privi di queste litofacies, sono stati identificati come parte della stessa unità. Ciò è dovuto alle somiglianze nelle facies mesotriassiche e, soprattutto, alla posizione geometrica identica, interposta tra l'unità di basamento e le falde brianzonesi alla base e le unità piemontesi-liguri in sovrapposizione.

#### Unità Brianzonesi

Affioranti in posizione meridionale, esterna, queste unità, storicamente riferite alla "Falda del Gran San Bernardo Auct.", occupano la posizione geometrica più profonda e si estendono con relativa continuità, localmente ricoperte da unità sia piemontesi, sia dai Flysch ad Elmintoidi, grosso modo da Albisola sino a Briançon. I terreni brianzonesi costituiscono anche la porzione arealmente più estesa dei fogli considerati e le loro successioni comprendono: un basamento cristallino, una successione vulcano-sedimentaria sulla quale riposano, con contatto erosionale, coperture ceno-mesozoiche caratterizzate da un'ampia lacuna che si estende dal Carnico al Liassico compreso, aumentando sino al Dogger, nei settori via via più interni.

#### *Basamento paleozoico e tegumento permiano*

È formato da ortogneiss caratterizzati da un solo evento metamorfico pre-alpino (Cortesogno *et alii*, 1993), diversamente dal basamento prepiemontese. I protoliti da cui essi derivano affiorano solo in due unità e sono di natura rispettivamente intrusiva ed effusiva. Sul basamento varisco riposa, in contatto stratigrafico ma discordante (Vanossi, 1991), una successione vulcano-sedimentaria che, a seconda dei settori, può iniziare con metasedimenti, oppure con prodotti vulcanici andesitici o riolitici.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 15 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

### *Coperture meso-cenozoiche*

Le successioni nel settore ligure delle Alpi, analizzate in base a diverse aree, si presentano con varie lacune (Vanossi, 1980; Dallagiovanna *et alii*, 1994). Dopo depositi silicoclastici grossolani noti come "Verrucano Brianzone Auct.", si susseguono quarzareniti, considerate di età scitica, che testimoniano l'ingressione marina. Queste sono seguite da sedimenti pelitici che precedono l'instaurarsi di una piattaforma carbonatica mesotriassica subsidente sviluppata attraverso tre cicli principali (Lualdi & Seno, 1986).

Il primo ciclo (Anisico) evidenzia la crescita di carbonati peritidali con apporti continentali subordinati, formati da dolomie e calcari bioturbati (calcaires vèrmiculès) dell'Anisico. Il secondo ciclo (Anisico-Ladinico) è caratterizzato da sequenze shallowing upward con dolomie biancastre, calcari ancora bioturbati e listati (calcaires rubannès). Infine, il terzo ciclo (Ladinico superiore) consiste in una successione monotona di dolomie grigie di ambiente subtidale. Nel Brianzone ligure, si osservano depositi locali con facies lagunari ed evaporitiche che chiudono la sedimentazione triassica.

Fino al Dogger, il dominio è soggetto a un sollevamento regionale evidenziato da brecce e suoli rossi residuali ("Siderolitico"), aumentando progressivamente verso i settori più interni. Nelle successioni esterne, le dolomie ladiniche sono conservate sotto i depositi neritici del Dogger, mentre nelle regioni interne, i calcari del Malm possono giacere direttamente su quarzareniti, sul "Verrucano Brianzone Auct.", o sugli scisti permiani.

A partire dal Dogger per i settori esterni e dal Malm per quelli più interni, il mare copre l'intero dominio, iniziando una sedimentazione pelagica, verosimilmente in concomitanza con l'apertura e l'espansione dell'oceano Piemontese-Ligure. Tale processo provoca il rapido sprofondamento e la frammentazione del margine continentale passivo europeo. Dal Cretacico inferiore, la sedimentazione diventa estremamente condensata, con la presenza di un hard-ground (Aptiano-?Cenomaniano) in tutte le Alpi Marittime (Lualdi *et alii*, 1989). Successivamente, prevalgono i depositi calcareo-argillosi emipelagici finemente detritici del Cretacico superiore-Paleocene, seguiti da calcari nummulitici e torbiditi dell'Eocene medio-superiore, che chiudono la successione.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R23350	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 16 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

## 5. INQUADRAMENTO SISMICO

### 5.1. Classificazione sismica

Gli studi sulla classificazione sismica si basano essenzialmente sulle conoscenze derivanti dai cataloghi dei terremoti, dalle ricerche sulla zonazione sismogenetica, dagli studi delle relazioni di attenuazione del moto del suolo e dalle valutazioni dell'accelerazione massima ( $a_{max}$ ) attesa al sito con determinati tempi di ritorno.

A seguito dell'emanazione dei criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche da parte dello Stato, inseriti prima nell'allegato 1 dell'Opcm 3274/2003 e in seguito aggiornati con l'Opcm 3519/2006, la Regione Liguria ha individuato le zone sismiche e ha stilato un elenco regionale dei comuni in zona sismica (DGR n.530/2003).

Attualmente la vigente suddivisione delle zone sismiche in Liguria è definita dalla DGR n.216/2017, con l'aggiornamento dato dalla DGR n.962/2018.

La classificazione sismica a livello nazionale prevede quattro classi di pericolosità, come illustrato nella seguente tabella (Tab. 5—A):

**Tab. 5—A: Classificazione sismica, classi di pericolosità.**

Zona sismica	Pericolosità sismica	Accelerazione al suolo (*)
1	Alta	> 0.25 g
2	Media	0.15 ÷ 0.25 g
3	Bassa	0.05 ÷ 0.15 g
4	Molto bassa	< 0.05 g

(\*) Cfr. allegato 1 dell'Opcm 3274/2003



Per la Liguria, non esistono comuni classificati in zona sismica 1 – alta pericolosità.

In base a quanto detto, i territori comunali interessati dal tracciato di progetto appartengono alle zone sismiche 3 e 4 (Tab. 5—B), associate ad una classe di pericolosità sismica bassa e molto bassa.

**Tab. 5—B: Classificazione sismica dei comuni in cui ricadono le interferenze con le linee in progetto e in dismissione.**

Da (km)	A (km)	Lunghezza (m)	Tipo frana	Comune	Zona sismica
<b>Progetto: Coll. dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar</b>					
17,535	17,695	160	Quiescente	Cairo Montenotte	4
<b>Dismissione: Met. Alessandria-Cairo Montenotte-Savona DN 300 (12"), MOP 64 bar</b>					
11,674	11,709	35	Quiescente	Cairo Montenotte	4
6,317	6,443	126	Attiva	Carcare	4



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 17 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

## 5.2. Pericolosità sismica di base

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008) hanno introdotto il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, ribadito dalle NTC 2018.

La “pericolosità sismica di base”, costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni e alle strutture connesse con il funzionamento di opere come i metanodotti.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell’intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV, <http://esse1.mi.ingv.it/>).

Le N.T.C. introducono il concetto di nodo di riferimento di un reticolo composto da 10751 punti in cui è stato suddiviso l’intero territorio italiano. Le stesse NTC 2008 forniscono, per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno  $T_r$  considerati dalla pericolosità sismica, tre parametri:

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima attesa al bedrock con superficie topografica orizzontale;
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro elastico di risposta in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro elastico di risposta in accelerazione orizzontale.

Da un punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito non è sintetizzata più dall’unico parametro  $a_g$ , ma dipende dalla posizione rispetto ai nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, dalla Vita Nominale e dalla Classe d’Uso dell’opera. I punti del reticolo di riferimento riportati hanno un passo di circa 10 km e sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine.



La rappresentazione grafica dello studio di pericolosità sismica di base dell’INGV è caratterizzata da una mappa di pericolosità Sismica del Territorio Nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo rigido (in g) in funzione della probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento considerato.

### 5.2.1. Periodo di ritorno

L’azione sismica calcolata ai sensi delle NTC2018 prevede la definizione del periodo di ritorno dell’azione sismica,  $T_r$ , dipendente dalla probabilità di superamento (funzione dello stato limite) e del periodo di riferimento. Per la costruzione viene identificato un Periodo di Riferimento,  $V_R$ , che si ricava moltiplicando la Vita Nominale,  $V_N$  per il Coefficiente d’Uso,  $C_U$ .

La vita nominale di progetto  $V_N$  di un’opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l’opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

Le NTC 2018 associano a tipi di costruzione un valore minimo della vita nominale espresso in anni; in particolare, per “Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari”, si prevede vita nominale  $\geq 50$ .

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 18 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

Ne segue che la Vita Nominale è scelta in funzione del numero di anni di vita utile previsto per la struttura senza che si debba ricorrere ad interventi di manutenzione straordinaria. Coerentemente con tali indicazioni, la Vita Nominale del manufatto trova quindi riferimento nelle scelte progettuali.

La Classe d'Uso deriva da considerazioni "esterne" che tengono conto di quanto può accadere "in presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso" (NTC 2018 par. 2.4.2). Inoltre, sull'assegnazione della Classe d'Uso intervengono criteri di qualificazione non solo tecnica ma anche "amministrativa" (finalità di protezione civile, competenza statale).

Il metanodotto in progetto appartiene ai gasdotti della rete nazionale e pertanto, nel suo insieme, può considerarsi un'opera infrastrutturale di interesse strategico.

Alla luce di tali considerazioni, si è motivatamente assunto per l'opera la seguente combinazione di  $V_N$  e  $C_U$ , conseguentemente determinando il periodo di riferimento "di progetto":

- $V_N$ , Vita Nominale della costruzione, 50 anni;
- $C_U$ , Coefficiente d'Uso (classe IV), 2.0;
- $V_R$ , Periodo di Riferimento per la costruzione, 100 anni.

Date dalle NTC 2018 (Tab. 3.2.1) le probabilità di superamento  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento, associate all'azione sismica agente per ciascuno degli stati limite di calcolo, il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$ , espresso in anni,

$$T_r = -V_r / (\ln(1 - P_{Vr}))$$

è così determinato:

**Tab. 5—C: Valori di  $T_R$  espressi in funzione di  $V_R$**

Stato limite		Probabilità di superamento $P_{VR}$ nel periodo di riferimento $V_R$	Valori in anni del periodo di ritorno $T_R$ al variare del periodo di riferimento $V_R$	
Esercizio (SLE)	SLO	81%	0,60 $V_R$	60
	SLD	63%	$\cong V_R$	101
Ultimo (SLU)	SLV	10%	$\cong 9,50 V_R$	949
	SLC	5%	19,50 $V_R$	1950

### 5.2.2. Parametri spettrali

Nella Tab. 5—D sono indicati i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  per lo stato limite SLV, calcolati come media dei valori dei nodi della griglia di riferimento.

**Tab. 5—D: Parametri spettrali per le interferenze delle linee in progetto e in dismissione (coordinate WGS84)**

Pericolosità Dissesto	Latitudine (N)	Longitudine (E)	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$
<b>Progetto: Coll. dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar</b>					
Elevata - P3	44°22'40,970"	8°18'25,005"	0,068	2,679	0,326
<b>Dismissione: Met. Alessandria-Cairo Montenotte-Savona DN 300 (12"), MOP 64 bar</b>					
Elevata - P3	44°22'40,970"	8°18'25,005"	0,068	2,679	0,326
Molto elevata - P4	44°20'13,981"	8°18'48,636"	0,073	2,650	0,325

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 19 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

### 5.3. Pericolosità sismica di base

#### 5.3.1. Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto è possibile fare riferimento ad una metodologia semplificata basata sulle categorie di sottosuolo di riferimento (Tabella 3.2.II del NTC 2018) e sulle categorie topografiche (Tabella 3.2.III del NTC 2018).

**Tab. 5—E: Categorie di sottosuolo (Tabella 3.2.II NTC 2018)**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Sulla base dei parametri geotecnici dei terreni rilevati nel corso dell'indagine geognostica eseguita nelle aree interessate dal metanodotto in progetto, con riferimento alla precedente Tab. 5—E, vengono definite le categorie di sottosuolo delle singole aree PAI riportate nella tabella sottostante (Tab. 5—F) per le linee in progetto e in dismissione.

**Tab. 5—F: Categorie di sottosuolo per le interferenze delle linee in progetto e in dismissione (coordinate WGS84)**

Pericolosità Dissesto	ID Frana	Latitudine	Longitudine	Categoria Sottosuolo
<b>Progetto: Coll. dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar</b>				
Elevata - P3	9656	44°22'40,970"	8°18'25,005"	E
<b>Dismissione: Met. Alessandria-Cairo Montenotte-Savona DN 300 (12"), MOP 64 bar</b>				
Elevata - P3	9656	44°22'40,970"	8°18'25,005"	E
Molto elevata - P4	0	44°20'13,981"	8°18'48,636"	E

In relazione all'andamento morfologico locale, con riferimento alla seguente Tab. 5—G, è possibile classificare tutti i siti di interesse come indicato di seguito:

- elevata P3: categoria T1;
- molto elevata P4: categoria T2.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R23350	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 20 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

**Tab. 5—G: Categorie topografiche (Tabella 3.2.III e Tabella 3.2.V NTC 2018).**

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

### 5.3.2. Accelerazione massima attesa in superficie

Nei casi in cui le condizioni stratigrafiche e topografiche siano riconducibili alle categorie indicate in Tab. 5—H, l'accelerazione massima attesa al sito può essere determinata mediante la relazione:

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

in cui:

- $S_S$  = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione stratigrafica
- $S_T$  = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione topografica
- $a_g$  = accelerazione orizzontale massima sul suolo di categoria A.



**Tab. 5—H: Espressioni di  $S_S$  e  $C_C$  (Tabella 3.2.IV NTC 2018)**

Categoria sottosuolo	$S_S$	$C_C$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,70 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Nella sottostante Tab. 5—I sono riportate le accelerazioni massime attese in superficie per le singole aree oggetto di studio.

**Tab. 5—I: Accelerazione massima attesa in superficie per le interferenze con le linee in progetto**

ID Dissesto	$a_g$	$S_S$	$S_T$	$a_{max}$
<b>Progetto: Coll. dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar</b>				
Elevata - P3	0,068	1,6	1,0	0.109
<b>Dismissione: Met. Alessandria-Cairo Montenotte-Savona DN 300 (12"), MOP 64 bar</b>				
Elevata - P3	0,068	1,6	1,0	0.109
Molto elevata - P4	0,073	1,6	1,2	0.140

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 21 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

## 6. VERIFICA TECNICHE DI COMPATIBILITA'

Nel seguente capitolo, verranno esaminate dettagliatamente le interferenze delle aree in dissesto con la linea principale in progetto, e sarà illustrata la metodologia adottata ai fini di determinarne la compatibilità. Nel caso specifico, la linea in progetto interferisce con un'unica area PAI, situata nel comune di Cairo Montenotte. Tale area sarà attraversata utilizzando la tecnica costruttiva *microtunneling*.

Si precisa che, per gli attraversamenti eseguiti con metodologia trenchless, lo studio di compatibilità tra l'area potenzialmente instabile e l'opera in progetto è stata definita attraverso l'elaborazione di una sezione stratigrafica schematica rappresentativa dell'area di interesse. In particolare, la realizzazione del modello geologico di sottosuolo si basa sull'interpretazione dei risultati ottenuti dalla campagna di sondaggi geognostici e prospezioni geofisiche (sismica e geoelettrica) condotte in sito, evidenziando l'assenza di interferenza tra l'opera in progetto ed il volume di terreno potenzialmente instabile.

### 6.1. Criteri metodologici e definizione del modello geotecnico

Il modello geotecnico di sottosuolo è stato definito sulla base del quadro delle conoscenze riguardanti il territorio attraversato dalla condotta in progetto e considerando i risultati della campagna geognostica eseguita in corrispondenza delle zone censite nel PAI (Piano di Assetto Idrogeologico). La campagna di indagine è consistita nell'esecuzione di indagini dirette e indirette.

L'azienda incaricata di condurre le indagini dirette nell'area di interferenza tra l'opera in progetto e l'area PAI in dissesto è Tecno-In Srl con sede a San Donato Milanese (MI).

Nel corso dell'esecuzione dei sondaggi si è provveduto a:



- rilevare la stratigrafia mediante il riconoscimento litologico macroscopico dei terreni attraversati;
- prelevare campioni indisturbati, con campionatore a pareti sottili (Shelby) nei terreni coesivi;
- eseguire prove penetrometriche dinamiche standard in foro (SPT) negli orizzonti granulari con conservazione di campioni rimaneggiati.

I campioni di terreno prelevati dalle differenti ditte sono stati inviati al laboratorio di analisi geomeccanico Orazi (Mombaroccio, PU), ove sono state eseguite prove per la classificazione geotecnica dei terreni e prove meccaniche per la determinazione dei parametri di resistenza al taglio.

L'impresa che ha eseguito le indagini geofisiche è Georisorse Italia di G. Censini & C. s.a.s. di Sinalunga (SI).

L'esame dei risultati ottenuti nelle indagini eseguite ha consentito di ricostruire la successione stratigrafica delle zone interessate dall'opera in progetto. Tale successione può essere schematizzata a grandi linee con un modello a tre strati caratterizzato da:

- *Strato 1*: coltre di copertura, rappresentata dai sedimenti di origine colluviale e di forte alterazione eluviale.
- *Strato 2*: formazione alterata, rappresentata dal cosiddetto substrato pedogenetico, ovvero il materiale roccioso derivante da una prima alterazione della formazione di base.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 22 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

- *Strato 3*: formazione di base, rappresentata dalle rocce appartenenti alla Formazione di Monte Rossotta. Si tratta in genere di dolomie grigio-chiare e scure, con intercalazioni di calcari, calcari dolomitici, di brecce intraformazionali, calcari marmorei e brecce dolomitiche vacuolari (Anisico-Ladinico)



Per quanto riguarda la parametrizzazione geotecnica degli strati considerati sono state fatte le seguenti assunzioni:

- **Coltre di copertura**: sono stati assunti i parametri medi di resistenza residua ( $\phi'_r$  e  $c'_r$ ) ottenuti dalle prove di laboratorio eseguite. Tali valori risultano essere altresì i minimi attribuibili al deposito e poiché non sono previste modifiche del profilo di superficie del pendio a seguito dei lavori, la verifica di stabilità utilizzando tale parametrizzazione risulta del tutto cautelativa.
- **Formazione alterata**: per questo strato sono stati assunti i parametri medi di resistenza al taglio ( $\phi'$  e  $c'$ ) derivati da una valutazione speditiva dell'ammasso roccioso.
- **Formazione integra**: per questo strato sono stati assunti i parametri medi di resistenza al taglio ( $\phi'$  e  $c'$ ) derivati da una valutazione speditiva dell'ammasso roccioso.

Nella tabella sottostante si riporta l'area analizzata, a pericolosità elevata, attraversata con metodologia trenchless (Tab. 6—A). Per un maggiore dettaglio si rimanda agli elaborati grafici corrispondenti (Allegato 1), caratterizzato da uno stralcio planimetrico dell'area in esame, l'ortofoto con individuazione planimetrica dell'opera in progetto e comprensiva del modello geologico di sottosuolo descritto precedentemente.

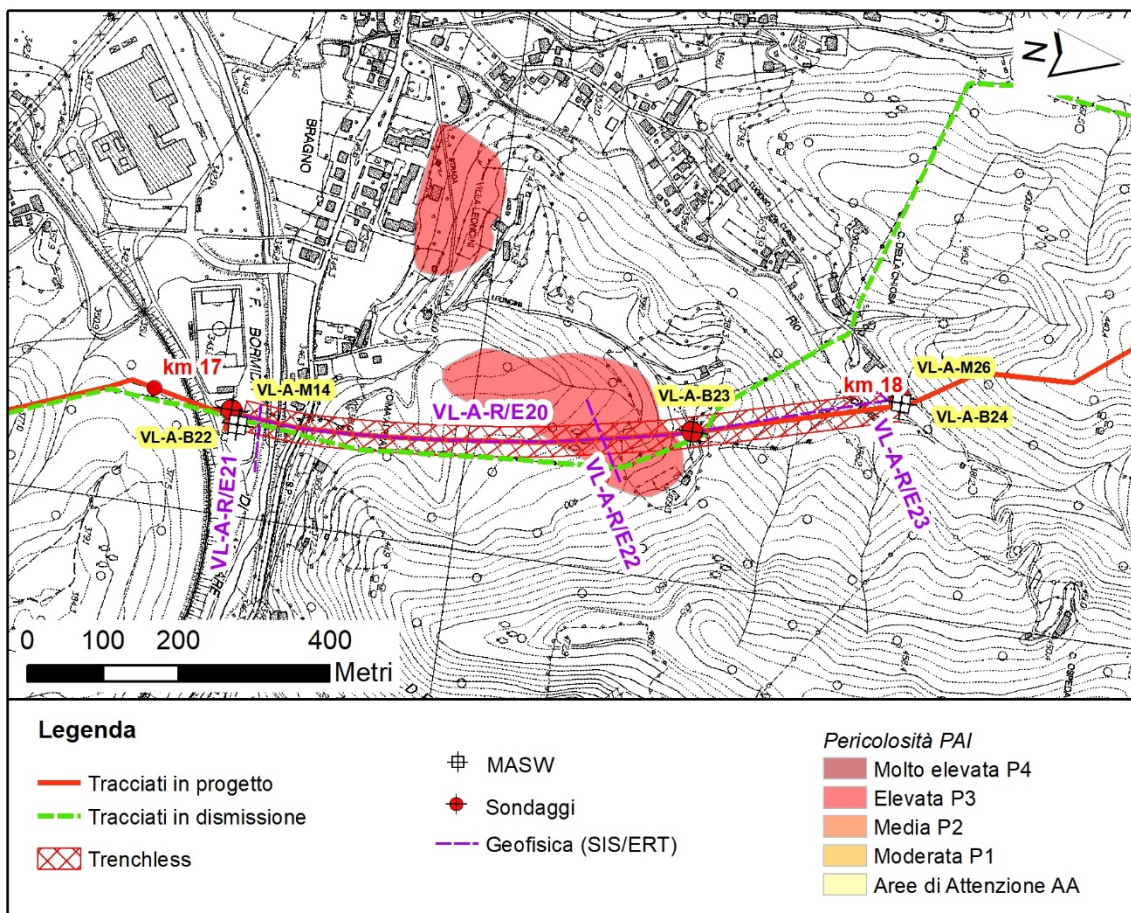
**Tab. 6—A: Attraversamento dell'area PAI di interferenza con la linea in progetto**

Trenchless	ID Frana PAI	Elaborato grafico
<b>Progetto: Coll. dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar</b>		
Microtunnel Bragno	9656	Allegato 1

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R23350	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 23 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

## 6.2. Area PAI 9656 (P3 – Elevata)





**Fig. 6—A: Area PAI 9656 a pericolosità Elevata P3.**

### 6.2.1. Descrizione dell'area

L'area in questione si trova vicino alla località Bragno, nel territorio del comune di Cairo Montenotte, e incide sul tracciato del progetto tra i km 17 e 18. Si tratta di un'area classificata con Indice di Pericolosità P3 (zone di versante con elevata pericolosità) e caratterizzata da un movimento di tipo "complesso". Coinvolge una parte del versante meridionale che scende da uno dei rilievi delle "Colline delle Tane Gallucci", precisamente nella zona di Bragno. Il versante colpito dalla frana ha un'inclinazione del 10-12% e presenta un profilo superficiale piuttosto uniforme. L'area PAI individuata ha una forma allungata, con una lunghezza di circa 350 metri e una larghezza di circa 150 metri.

L'attraversamento dell'area è previsto con metodologia "trenchless" (Microtunnel Bragno) ad una profondità generalmente compresa tra i 60 e i 65 m circa dal piano campagna locale.

La sezione stratigrafica di attraversamento è riportata nell'Allegato 1 della presente relazione.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 24 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064



**Fig. 6—B: Area PAI 9656. Panoramica del versante interessato.**



#### 6.2.2. Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni

Al fine di definire la natura litologica e le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area in esame, le ditte Tecno-In e Georisorse, hanno eseguito indagini geognostiche dirette e indirette (Tab. 6—B).

**Tab. 6—B: Indagini geognostiche dirette e geofisica**

Sondaggi geognostici a carotaggio continuo		
ID sondaggio	Profondità (m)	
VL-A-B22	15,5	
VL-A-B23	33,5	
VL-A-B24	15,5	
Indagini geofisiche (SIS/ERT)		
ID indagine	Lunghezza (m)	Orientamento stendimento
VL-A-R/E-20	870	Longitudinale
VL-A-R/E-21	120	Trasversale
VL-A-R/E-22	120	Trasversale
VL-A-R/E-23	60	Trasversale



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 25 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

### Indagini dirette (sondaggi)

I campioni di terreno prelevati nel corso dell'indagine sono stati trasportati presso il LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI, ove sono state eseguite prove per la classificazione geotecnica dei terreni e prove meccaniche per la determinazione dei parametri di resistenza al taglio.

L'ubicazione delle verticali di indagine è riportata nella Fig. 6—A, le stratigrafie dei sondaggi geognostici, le corrispondenti prove di laboratorio ed il rapporto contenente le tomografie sismiche con l'interpretazione dei risultati sono riportati negli allegati della "Relazione delle Indagini geognostiche" (REL-GEO-E-11093).

L'esame dei dati stratigrafici, geofisici e geotecnici ha messo in evidenza una successione stratigrafica caratterizzata da una coltre di copertura di origine colluviale, in genere compresa tra 3 e 7 metri di spessore, di natura sabbioso-limosa e limoso-sabbiosa, con presenza a tratti di ghiaia fine e grossolana. La coltre di copertura colluviale poggia sia su rocce del Paleozoico (Ortogneiss di Nucetto – VL-A-B22) che su rocce appartenenti alla formazione del Triassico medio (Dolomie di Monte Rossotta – VL-A-B23 e VL-A-B24). In particolare, la formazione degli Ortogneiss di Nucetto è rappresentata da gneiss, dapprima molto alterato (formazione alterata) e poi poco fratturato, in cui sono evidenti i piani di scistosità. Le dolomie di Monte Rossotta, invece, sono caratterizzate, nei sondaggi qui eseguiti, da brecce cementate con diverso grado di alterazione e frammentazione composte da clasti di dimensioni variabili da sub-centimetrici a decimetrici e da quarziti. In sovrapposizione a queste formazioni si collocano i depositi del Bacino Ligure Piemontese rappresentati dai conglomerati della Formazione di Molare. Le rocce di questa formazione sono costituite da conglomerati poligenici alternati ad arenarie conglomeratiche e brecce a clasti eterometrici, prevalentemente di natura ofiolitica.

In particolare, è possibile individuare:

#### **Strato 1:** (dal pc sino a 3.0÷7.0 m di profondità)

Limo sabbioso-argilloso con rara ghiaia e/o sabbia media e sabbia limosa debolmente argillosa con locali livelli di limo argilloso (*coltre di copertura*)

Peso di volume	$\gamma$	19.0÷20.0	kN/m <sup>3</sup>
Resistenza al taglio non drenata	$c_u$	/	kPa
Angolo di resistenza al taglio efficace (picco)	$\varphi'$	29.1÷29.3	°
Coesione intercetta (picco),	$c'$	1.9÷2.5	kPa
Angolo di resistenza al taglio efficace (residuo)	$\varphi'_r$	/	°
Coesione intercetta (residua),	$c'_r$	/	kPa
Classificazione USCS	-	CL	-

#### **Strato 2:** (da 3.0÷7.0 m sino a 8.3÷9.5 m di profondità)

Gneiss molto alterato, Breccia cementata e Quarziti alterate (*formazione alterata*).

Peso di volume	$\gamma$	22.9÷26.7	kN/m <sup>3</sup>
Resistenza compressione monoassiale	$q_u$	1.8÷6.2	MPa

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 26 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

Angolo di resistenza al taglio efficace	$\varphi'$	30÷35	°
Coesione intercetta	$c'$	40÷50	kPa

**Strato 3:** (da 8.3÷9.5 m sino alle massime profondità investigate)

Substrato roccioso rappresentato da Gneiss molto poco fratturato, da brecce cementate molto poco fratturate e quarziti (*formazione integra*)



Peso di volume	$\gamma$	23.3÷26.8	kN/m <sup>3</sup>
Resistenza compressione monoassiale	$q_u$	2.5÷40	MPa
Angolo di resistenza al taglio efficace	$\varphi'$	35÷40	°
Coesione intercetta	$c'$	50÷100	kPa

I parametri di resistenza al taglio delle rocce (Strato 2 e Strato 3) sono stati desunti da una valutazione speditiva dell'ammasso roccioso affiorante sulla base delle indicazioni del sistema GSI (Hoek & Brown, 2019).

*Tomografie sismiche (SIS) e geoelettriche (ERT)*

I risultati ottenuti dalle indagini eseguite vengono restituiti negli allegati della "Relazione delle Indagini geognostiche" (REL-GEO-E-11093) (tomografia sismica, tomografia del gradiente di velocità, tomografia geoelettrica di resistività e sezione interpretativa basata sull'analisi delle suddette tomografie).

Di seguito, a titolo di esempio, si riportano la tomografia sismica e quella geoelettrica della linea longitudinale VL-A-R20, acquisita lungo la percorrenza della trenchless MT Bragno (Fig. 6—C, Fig. 6—D).

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 27 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

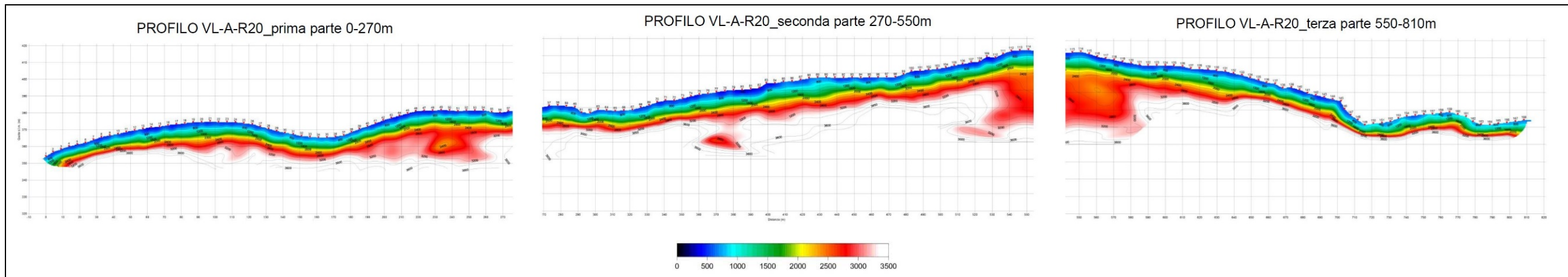


Fig. 6—C: Tomografia sismica ST1: Microtunnel Bragno.

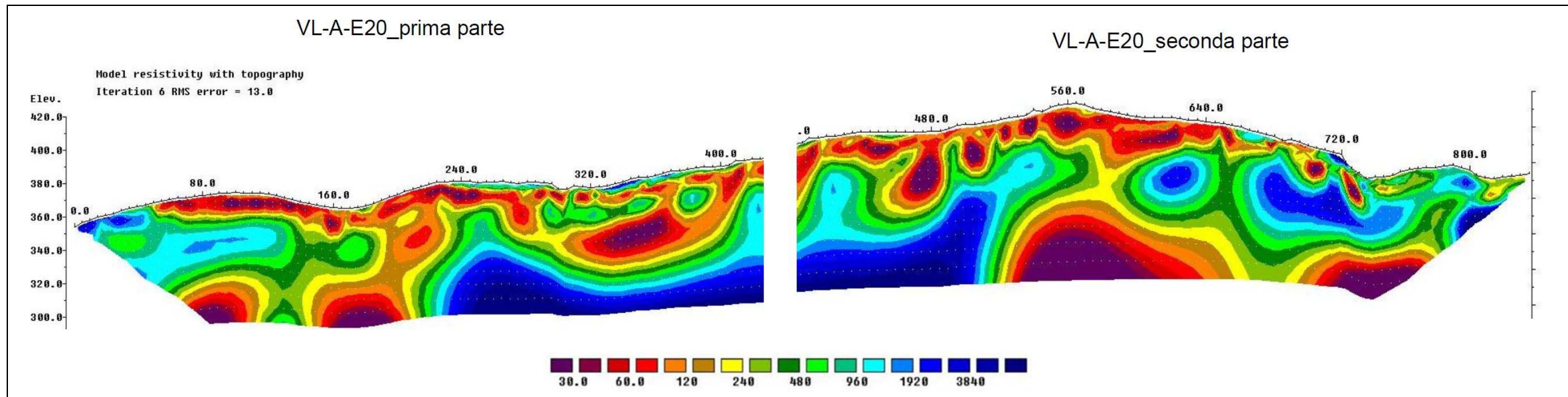


Fig. 6—D: Tomografia sismica ST1: Microtunnel Bragno.



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 28 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

Le sezioni esplorate hanno interessato i terreni del basamento Mesozoico, rappresentato dagli Ortogneiss di Nucetto, in contatto tettonico con le Dolomie di Monte Rossotta, appartenenti alla copertura Mesozoica. In sovrapposizione a queste formazioni si collocano i depositi del Bacino Ligure Piemontese rappresentati dai conglomerati della Formazione di Molare.

Dal punto di vista delle velocità sismiche i termini caratterizzati da VP inferiori a 800-1'000 m/sec, sono stati associati a terreni allentati della copertura detritica superficiale e/o alluvionale, o ai terreni allentati della formazione in situ. I terreni detritici si presentano con spessori che raramente superano i 10m, mentre la copertura alluvionale può presentare spessori maggiori. Il substrato compatto è caratterizzato da VP superiori a 2'400-2'500 m/sec e si colloca a profondità di circa 10-15m dal p.c. Per maggiori particolari si rimanda all'Allegato 2 che contiene la trattazione integrale.

Da quanto sopra descritto, risulta che nel tratto di interferenza con l'area PAI, ovvero quella suscettibile di dissesti, la profondità della trivellazione si attese a profondità di oltre 30 metri circa (la trenchless è ubicata a profondità comprese tra i 60 e i 65 metri dal piano campagna) e l'opera in progetto attraversa litotipi dotati di buone caratteristiche geomeccaniche presentando velocità delle onde P comprese tra i 2000 e i 2400 m/sec (cfr. Fig. 6—E e sezione interpretativa riportata in Allegato 1).

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 29 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

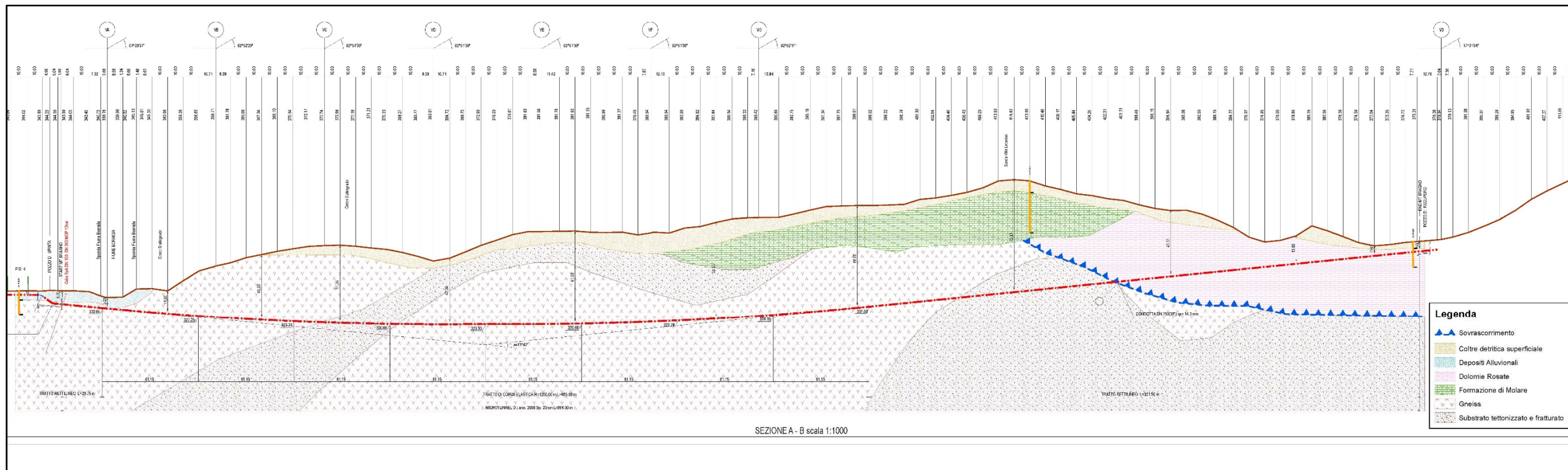


Fig. 6—E: sezione interpretativa (Microtunnel Bragno)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 30 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

### 6.2.3. Falda acquifera

Dalla cartografia geologica ufficiale, l'area PAI in oggetto copre il contatto tra i terreni appartenenti alla formazione delle Ortogneiss di Nucetto (NUC) costituite da ortogneiss granitoidi, quelli della formazione delle dolomie di monte Rossotta (DSO) e i terreni della formazione di Molare.

Dal punto di vista idrogeologico i terreni coinvolti potrebbero essere soggetti a una doppia permeabilità, da media ad alta sia per porosità che per fratturazione. A titolo di chiarimento si fa riferimento alla figura in basso che illustra l'idrogeologia dell'area di interesse (Fig. 6—F).



PROGETTISTA



COMMESSA  
NQ/R23350

CODICE TECNICO  
-

LOCALITÀ

ALTO TIRRENO

REL-PAI-E-11064

PROGETTO

FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete  
Nazionale Gasdotti

Fg. 31 di 35

Rev.  
0

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

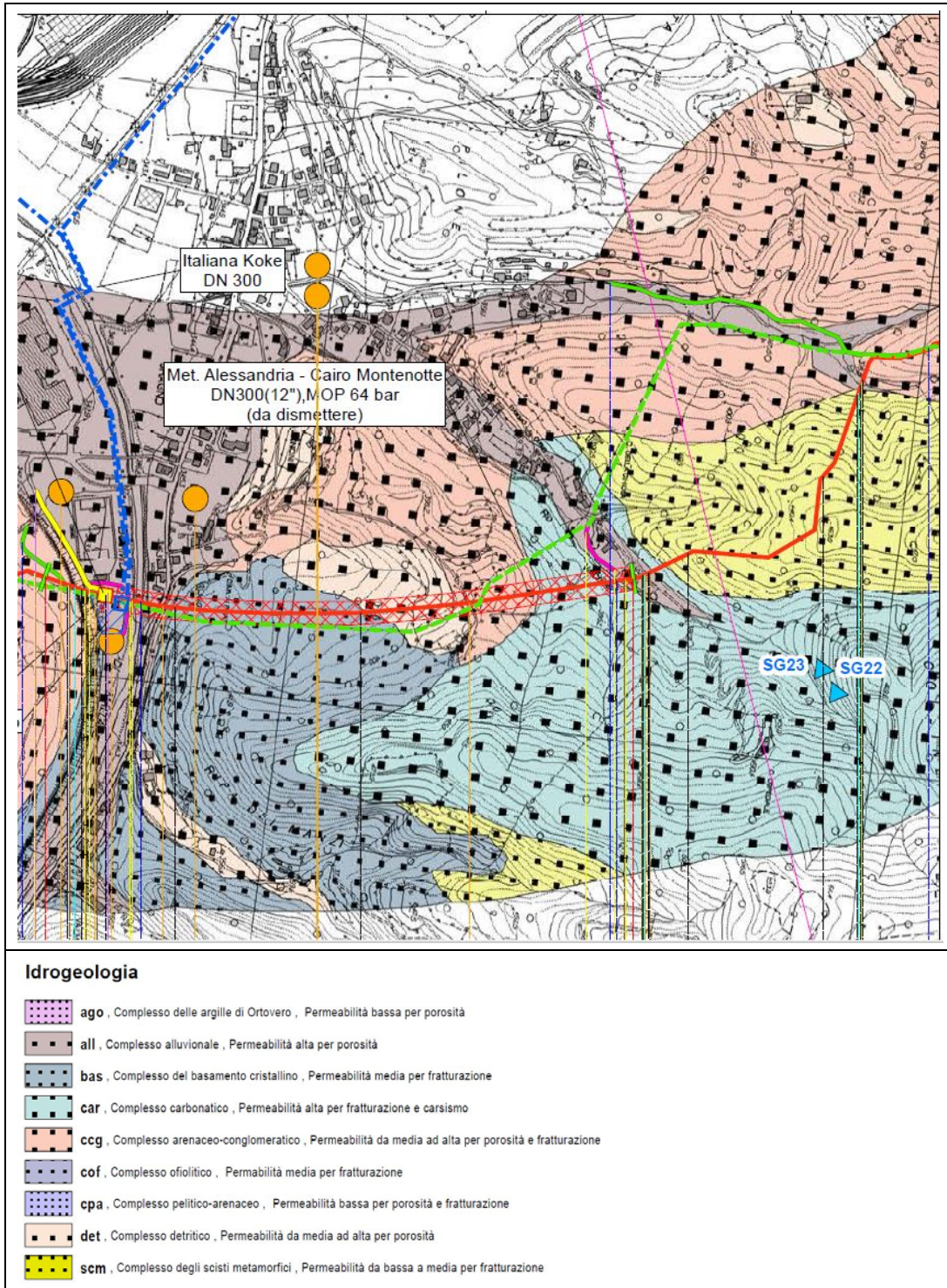


Fig. 6—F: Idrogeologia dell'area di interesse

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 32 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

#### 6.2.4. Risultati della verifica tecnica di compatibilità



L'esame della sezione stratigrafica schematica dell'attraversamento dell'area PAI (Allegato 1) mostra che la *trenchless*, nel tratto di interesse, si trova a profondità maggiori di circa 65 metri dal piano campagna locale.

L'opera attraversa dapprima la formazione rocciosa degli ortogneiss di Nucetto e poi quella triassica delle dolomie di Monte Rossotta ad una profondità tale da non interferire con la coltre in potenziale dissesto, classificata come quiescente (P3).

La sezione di attraversamento è riportata nelle Tavola N. 1 dell'Allegato 1.

Per i motivi sopra esposti si ritiene che nella percorrenza dell'area PAI a codice 9656 esista la compatibilità tra l'opera in progetto e le condizioni analizzate.



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 33 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

## 7. INTERFERENZE DELLA LINEA IN DISMISSIONE CON LE AREE PAI

Lungo la linea in dismissione, la condotta fuori esercizio sarà rimossa ripristinando le condizioni morfologiche e le opere di stabilizzazione esistenti (come opere di sostegno e di drenaggio).

Nei tratti di linea in dismissione ricadenti in aree PAI, i lavori di rimozione non comporteranno un aggravio delle preesistenti condizioni di stabilità del versante.

Si consideri che i lavori per la rimozione della condotta fuori esercizio e del successivo rinterro della trincea non comportano sostanziali modifiche delle condizioni di stabilità dei versanti preesistenti ai lavori di rimozione, in quanto poco invasivi e richiedenti movimenti terra di ridotta entità.


Infatti, le principali fasi di lavoro consistono in:

- a) scotico di terreno nella fascia a cavallo della condotta;
- b) taglio della condotta in sezioni individuate in base alla lunghezza da rimuovere, alle condizioni morfologiche delle aree, alla presenza d'infrastrutture, ecc.;
- c) estrazione della condotta, per ogni tratto, procedendo con idonei mezzi di tiro e/o di sollevamento;
- d) ripristini morfologici e delle opere di stabilizzazione, se presenti.

Per quanto riguarda l'ultima fase di lavoro, si evidenzia che:

- le opere di stabilizzazione, se presenti, saranno ricostruite come preesistenti;
- i drenaggi verranno ripristinati in modo da assicurarne la loro continuità funzionale;
- le opere di drenaggio superficiale (cunette, fascinate, ecc.) verranno ricostruite.

Nei tratti di linea in dismissione ricadenti in aree PAI potrebbe essere anche valutata l'inertizzazione della tubazione che minimizza i rischi connessi alla movimentazione del terreno durante i lavori della dismissione del metanodotto esistente.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 34 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

## 8. CONCLUSIONI

Nel presente studio, relativo al progetto “FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti”, sono descritte le interferenze dei tracciati in progetto ed in dismissione con le aree PAI individuate nel Piano di Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico dell’Autorità del Bacino Distrettuale del Po’.

Per quanto riguarda la linea in progetto, si registra un’interferenza con un’area a pericolosità elevata, attraversata con metodologia trenchless descritta nella tabella sottostante:

**Tab. 8—C: Attraversamento dell’area PAI di interferenza con la linea in progetto**


Trenchless	ID Frana PAI	Elaborato grafico
<b>Progetto: Coll. dall’impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30”), DP 75 bar</b>		
Microtunnel Bragno	9656	Allegato 1

L’area in questione si trova vicino alla località Bragno, nel territorio del comune di Cairo Montenotte, e incide sul tracciato del progetto tra i km 17 e 18. Si tratta di un’area classificata con Indice di Pericolosità P3 (zone di versante con elevata pericolosità) e caratterizzata da un movimento di tipo "complesso".

L’attraversamento dell’area è previsto con metodologia “trenchless” (Microtunnel Bragno) ad una profondità generalmente compresa tra i 60 e i 65 m circa dal piano campagna locale.

L’area in questione è stata oggetto di indagini geognostiche dirette ed indirette che hanno consentito la definizione del Modello geologico del sottosuolo. L’esame della sezione stratigrafica schematica dell’attraversamento dell’area PAI (Allegato 1) mostra che la *trenchless*, nel tratto di interesse, si trova a profondità maggiori di circa 65 metri dal piano campagna locale. L’opera attraversa dapprima la formazione rocciosa degli ortogneiss di Nucetto e poi quella triassica delle dolomie di Monte Rossotta ad una profondità tale da non interferire con la coltre in potenziale dissesto, classificata come quiescente (P3).

Le verifiche di compatibilità sulla base del modello geologico ricostruito non evidenziano situazioni critiche per cui l’opera in progetto è compatibile con le condizioni di stabilità delle aree analizzate.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NQ/R23350</b>	<b>CODICE TECNICO</b> -
	<b>LOCALITÀ</b> ALTO TIRRENO	<b>REL-PAI-E-11064</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 35 di 35	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM 023113-370-000-LA-E-80064

## BIBLIOGRAFIA

Boulanger, R. W. (2003). High overburden stress effects in liquefaction analyses. *Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering*, 129(12), 1071-1082.

Bruschi, A. (2014). *Liquefazione dei terreni e fenomeni associati. Verifica, calcolo, prevenzione.* Dario Flaccovio Editore S.r.L.

Iwasaki, T., Arakawa, T., & Tokida, K. I. (1982). Simplified procedures for assessing soil liquefaction during earthquakes. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering. Proc. Conference, Southampton, July 1982. Vol. 2, 925–939.*

Liao S. & Whitman R.V. (1986a). Overburden correction factors for SPT in sand. *J. Geotech. Engrg., ASCE*, 112(3), 373-377.

Robertson, P. K. (2009). Interpretation of cone penetration tests—a unified approach. *Canadian geotechnical journal*, 46(11), 1337-1355.

Robertson, P. K. (2010, May). Soil behaviour type from the CPT: an update. In *2nd international symposium on cone penetration testing, USA* (pp. 9-11).

Taramelli T., & Mercalli, G. (1888). *Il terremoto ligure del 23 Febbraio 1887. Memoria. Estratto dagli Annali dell'Ufficio Centrale di Meteorologia e di Geodinamica. Parte IV, Volume VIII.* Roma, Tipografia Metastasio.

Seed H.B. & Idriss I.M. (1982). *Ground Motion and Soil Liquefactions During Earthquake*, Monograph Series, Earthquake Engineering Research Institute, Berkeley, California.

Youd, T. L., & Perkins, D. M. (1978). Mapping liquefaction-induced ground failure potential. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, 104(4), 433-446.

Youd et al. (2001). Liquefaction resistance of soil: summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils. *J. Geotech. Geoenviron, Eng.* 2001, 127:817-833.