

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83030	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 2 di 60	Rev. 0

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
2	DISCIPLINA DELLE AREE DI VERSANTE IN DISSESTO	5
2.1	Autorità di Bacino Regionale delle Marche	5
2.2	Autorità di Bacino Interregionale del fiume Tronto	6
3	ESAME DELLE INTERFERENZE	7
4	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE	8
4.1	Inquadramento geologico	8
4.2	Assetto strutturale	10
4.3	Inquadramento geomorfologico	11
4.4	Assetto litologico-morfologico lungo la linea principale di progetto	12
5.	CARATTERISTICHE SISMICHE	14
5.1	Classificazione sismica	14
5.2	Parametri nel Nodo Sismico di riferimento	14
5.3	Parametri V_N e C_U	15
5.4	Parametri spettrali	16
5.5	Parametri di risposta sismica locale	17
5.5.1	Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche	17
5.5.2	Accelerazione massima attesa in superficie	18
6	VERIFICHE DI STABILITÀ DEL VERSANTE – GENERALITÀ	20
6.1	Introduzione	20
6.2	Azione sismica	20
6.3	Ricostruzione stratigrafica e parametrizzazione geotecnica	21
6.4	Metodi e condizioni delle verifiche	22
7	VERIFICA TECNICA DI COMPATIBILITÀ	24
7.1	Area 3 (F-19-0148 P3)	25
7.2	Area 25 (F-26-0010 P3)	28
7.2.1	Descrizione dell'area	29
7.2.2	Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni	30

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche	SPC. LA-E-83030	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 3 di 60	Rev. 0

7.2.3	Analisi di stabilità del versante	32
7.2.4	Analisi dei risultati e Verifica tecnica di compatibilità	35
7.3	Area 26 (F-28-0013 P4)	36
7.3.1	Descrizione dell'area	36
7.3.2	Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni	38
7.3.3	Considerazioni finali e Verifica tecnica di compatibilità	39
7.4	Area 27 (F-30-0010 P4)	40
7.4.1	Descrizione dell'area	40
7.4.2	Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni	42
7.4.3	Analisi di stabilità del versante	44
7.4.4	Analisi dei risultati e Verifica tecnica di compatibilità	47
7.5	Area 28 (1 - H3)	48
7.5.1	Descrizione dell'area	49
7.5.2	Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni	50
7.5.3	Analisi di stabilità del versante	52
7.5.4	Analisi dei risultati e Verifica tecnica di compatibilità	55
7.6	Area 29 (15 – H3)	56
7.6.1	Descrizione dell'area	57
7.6.2	Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni	58
7.6.3	Considerazioni finali e Verifica tecnica di compatibilità	60
7.7	Interferenze della linea in dismissione con le aree PAI	60

Allegato 1: BEDUSCHI GEOTECNICA Srl – San Daniele Po (CR):
Indagine geognostica Luglio 2017

Allegato 2: LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI – Mombaroccio (PU)
Tabelle riassuntive prove di laboratorio geotecnico– Agosto 2017

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche SPC. LA-E-83030		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 4 di 60	Rev. 0

1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione relativa al progetto di “Rifacimento metanodotto Ravenna – Chieti: Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto DN 650 (26”), DP 75 bar ed opere connesse” sono descritte le interferenze dei tracciati in progetto ed in dismissione con le aree a pericolosità idrogeologica elevata e molto elevata nei PAI di competenza in cui l’opera ricade, ovvero:

- Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico (PAI) dell’Autorità di Bacino Regionale delle Marche;
- Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino Interregionale del fiume Tronto.

In base all’art. 12 comma 3 delle Norme di Attuazione del PAI Marche ed all’art. 7 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI del fiume Tronto, è possibile la *“realizzazione ed ampliamento di infrastrutture tecnologiche o viarie, pubbliche o di interesse pubblico, nonché delle relative strutture accessorie; tali opere sono condizionate ad uno studio da parte del soggetto attuatore in cui siano valutate eventuali soluzioni alternative, la compatibilità con la pericolosità delle aree e l’esigenza di realizzare interventi per la mitigazione della pericolosità, previo parere vincolante dell’Autorità di Bacino”*

Ai fini del rilascio del parere di compatibilità idrogeologica da parte dell’Autorità di Bacino è stato predisposto il presente studio di dettaglio, esteso ad un ambito morfologico significativo finalizzato ad evidenziare la compatibilità delle trasformazioni previste con le condizioni idrogeologiche dell’area.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche	SPC. LA-E-83030	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 5 di 60	Rev. 0

2 DISCIPLINA DELLE AREE DI VERSANTE IN DISSESTO

2.1 Autorità di Bacino Regionale delle Marche

Il Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico dei bacini di rilievo regionale (PAI) delle Marche redatto ai sensi dell'art. 17 comma 6-ter della Legge 18 maggio 1989, n. 183 è stato approvato con Delibera del Consiglio Regionale n. 116 del 21/01/2004.

Il PAI identifica e quantifica le situazioni di degrado sotto il profilo idrogeologico ed individua le relative presumibili cause, in funzione del livello di conoscenza già raggiunto e con la previsione di aggiornamenti dinamici in funzione del completamento delle conoscenze e dell'evoluzione dei fenomeni.

A tal scopo vengono definite come:

Pericolosità: probabilità che il dissesto si manifesti entro un tempo predefinito con una certa intensità, da valutarsi unitamente ad altri fattori determinabili in funzione dello specifico dissesto oggetto di valutazione;

Vulnerabilità: percentuale del valore dell'elemento fisico che si stima possa essere persa nel caso l'elemento stesso sia esposto ad un definito dissesto.

Rischio: valore non solo economico di elementi fisici omogenei soggetti alla medesima tipologia di dissesto, e che quindi devono risultare esposti.

Le aree soggette a pericolosità e a rischio idrogeologico gravitativo per fenomeni franosi sono state individuate sulla base di una ricognizione delle informazioni specifiche contenute negli strumenti urbanistici comunali, nei PTC provinciali e in altri studi specifici di settore già elaborati (CARG, SCAI, RIM, IFFI, Studi GNDCI); ai fenomeni censiti è stata attribuita una pericolosità graduata su quattro livelli definiti in base alla tipologia del fenomeno e al relativo stato di attività come risultanti dalla omogeneizzazione e classazione della documentazione acquisita.

Nell'elaborato cartografico di riferimento (Carta del Rischio idrogeologico) sono indicati differenti livelli di pericolosità dei fenomeni gravitativi, distinti in:

- Aree di versante a Pericolosità molto elevata AVD_P4
- Aree di versante a Pericolosità elevata AVD_P3
- Aree di versante a Pericolosità media AVD_P2
- Aree di versante a Pericolosità moderata AVD_P1

Ciascuna frana è rappresentata con un codice alfanumerico che indica il bacino idrografico di riferimento, il numero progressivo ed il grado di pericolosità.

I livelli di rischio, dati dalla combinazione del livello di pericolosità e della vulnerabilità degli elementi esposti al rischio, sono rappresentati con varie colorazioni:

- Aree di versante a Rischio molto elevato AVD_R4 (colore rosso)
- Aree di versante a Rischio elevato AVD_R3 (colore arancio)
- Aree di versante a Rischio medio AVD_R2 (colore giallo)
- Aree di versante a Rischio moderato AVD_R1 (colore verde)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche	SPC. LA-E-83030	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 6 di 60	Rev. 0

Secondo le Norme di Attuazione del PAI, nelle aree pericolosità media P2 e moderata P1 (art. 12 comma 2) sono consentite trasformazioni dello stato dei luoghi previa esecuzione di indagini nel rispetto delle vigenti normative tecniche.

Nelle aree di versante in dissesto a Pericolosità elevata P3 (art. 12 comma 3 lettera j) e molto elevata P4 (art. 12 comma 4) è consentita la realizzazione di interventi per reti ed impianti tecnologici di interesse pubblico purché non aggravino le condizioni di instabilità dell'area in frana, previo parere vincolante dell'Autorità di Bacino.

2.2 Autorità di Bacino Interregionale del fiume Tronto

Il piano stralcio per la parte relativa all'assetto delle aree a rischio idrogeologico per frane e valanghe ha come finalità:

- l'individuazione e la perimetrazione dei dissesti da frana e valanga e l'attribuzione di diversi livelli di pericolosità e di rischio;
- la definizione di norme e modalità di gestione del territorio volte al rispetto delle specificità morfologiche, ambientali e paesaggistiche connesse ai naturali processi evolutivi dei versanti, indirizzate alla difesa del suolo ed al mantenimento delle relative condizioni di equilibrio;
- la definizione degli interventi necessari per la mitigazione del rischio per le popolazioni esposte, per i beni, per le attività economiche e per le infrastrutture, in rapporto alle pericolosità individuate.

La definizione delle norme e modalità di gestione e disciplina di tutela delle aree a rischio idrogeologico per frane e valanghe, cartografate negli elaborati denominati "Carta Territoriale dei dissesti" e "Carta del dissesto e delle aree esondabili" è articolata per:

- differenti indici di pericolosità dei fenomeni gravitativi, distinti in:
 - **H3** - Aree di versante a Pericolosità elevata
 - **H2** - Aree di versante a Pericolosità media
 - **H1** - Aree di versante a Pericolosità moderata
 - **H0** - Aree di versante a Pericolosità molto bassa
- differenti livelli di rischio suddivisi in:
 - **R4** - Aree a rischio molto elevato
 - **R3** - Aree a rischio elevato
 - **R2** - Aree a rischio medio
 - **R1** - Aree a rischio moderato

In base a quanto riportato all'art. 7 delle Norme Tecniche di attuazione al PAI, nelle aree ad indice di pericolosità H0, H1 e H2 sono consentite trasformazioni dello stato dei luoghi previa esecuzione di indagini nel rispetto delle vigenti normative tecniche.

Nelle aree a rischio idrogeologico per frane con indice di pericolosità elevata, H3, è consentita, nel rispetto delle vigenti normative tecniche, la realizzazione ed ampliamento di infrastrutture tecnologiche o viarie, pubbliche o di interesse pubblico, nonché delle relative strutture accessorie.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83030	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 7 di 60	Rev. 0

3 ESAME DELLE INTERFERENZE

I tracciati della condotta principale ed in dismissione interferiscono con aree in frana classificate a pericolosità elevata e molto elevata della cartografia del PAI nei tratti riportati nelle successive Tabelle 3/A e 3/B.

Nell'esame delle interferenze, alle aree è stata assegnata la numerazione (Nr. ID) già individuata per tutte le interferenze PAI già nel Progetto di fattibilità tecnica ed economica (SPC-LA-E-83015 Commessa 023066), e riportata nel contempo, la numerazione adottata dal PAI. La ripetizione delle sigle nelle tabelle indica che le linee in progetto o in dismissione attraversano lo stesso corpo franoso.

Tabella 3/A: Interferenze tra tracciato della linea principale in progetto ed aree in frana classificate dal PAI a pericolosità elevata e molto elevata

Nr. ID	Da (km)	A (km)	Lunghezza (km)	Classificazione	Codice PAI
PAI Marche					
3	13,585	14,260	0,675	P3 – pericolosità elevata	F-19-0148
25	53,170	53,505	0,335	P3 – pericolosità elevata	F-26-0010
26	58,620	58,655	0,035	P4 - Pericolosità molto elevata	F-28-0013
27	71,305	71,410	0,105	P4 - Pericolosità molto elevata	F-30-0010
PAI fiume Tronto					
28	72,890	72,970	0,080	H3 – Pericolosità elevata	1
29	74,405	74,455	0,050	H3 – Pericolosità elevata	15

Tabella 3/B: Interferenze tra tracciato della linea principale in dismissione ed aree in frana classificate dal PAI a pericolosità elevata e molto elevata

Nr. ID	Da (km)	A (km)	Lunghezza (km)	Pericolosità geomorfologica	Codice PAI
PAI Marche					
34	8,445	9,145	0,700	P3 – pericolosità elevata	F-18-0132
3	12,100	12,770	0,670	P3 – pericolosità elevata	F-19-0148
50	40,950	41,350	0,400	P3 – pericolosità elevata	F-24-0032
53	43,130	43,345	0,215	P3 – pericolosità elevata	F-24-0021
54	43,390	43,790	0,400	P3 – pericolosità elevata	F-24-0026
58	47,945	48,070	0,125	P3 – pericolosità elevata	F-26-0012
25	49,080	49,420	0,340	P3 – pericolosità elevata	F-26-0010
26	54,410	54,445	0,035	P4 - Pericolosità molto elevata	F-28-0013
27	65,735	65,840	0,105	P4 - Pericolosità molto elevata	F-30-0010
PAI fiume Tronto					
29	68,730	68,770	0,040	H3 – Pericolosità elevata	15

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche	SPC. LA-E-83030	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 8 di 60	Rev. 0

4 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE

4.1 Inquadramento geologico

Il tracciato del metanodotto attraversa unità geologiche appartenenti alla Successione plio-pleistocenica del Bacino periadriatico marchigiano-abruzzese ed ai depositi continentali quaternari che la ricoprono in modo discontinuo.

La Successione plio-pleistocenica si è deposta in una bacino subsidente, formatosi nella parte esterna dell'edificio a *thrust* dell'Appennino Centrale, mentre la parte interna andava incontro a fenomeni di progressivo sollevamento ed emersione (Bigi *et al.*, 1995).

Seguendo lo schema di Centamore *et al.* (2009), la base della successione Plio-Pleistocenica è caratterizzata da depositi sabbioso-conglomeratici di ambiente neritico-litorale, affioranti al margine occidentale del bacino periadriatico, all'esterno del territorio di studio. Su tali depositi sabbioso-conglomeratici poggia una potente successione pelitica all'interno della quale si intercalano, a varie altezze stratigrafiche, orizzonti sabbioso-conglomeratici o sabbioso-argillosi a geometria tabulare o lenticolare (Argille Azzurre).

Superiormente la successione è chiusa in discordanza da depositi neritico-litorali, sabbioso-conglomeratici, del Siciliano (Formazione di Fermo). All'interno della successione siciliana i depositi conglomeratici, intercalati a più livelli nelle sabbie litorali, evidenziano la progradazione delle facies deltizie.

Le successioni neogenico-pleistoceniche si sono deposte in bacini caratterizzati da una fisiografia piuttosto complessa, in gran parte ereditata dalle fasi tettoniche precedenti e in continua evoluzione per gli effetti di una intensa tettonica sin-sedimentaria, caratterizzata da eventi compressivi con direzione di raccorciamento NE-SO, che hanno riattivato in parte le strutture a *thrust* prodottesi nel Pliocene inferiore. Il bacino si è articolato in una serie di dorsali e depressioni sia ad andamento longitudinale che trasversale. Faglie trasversali ed oblique hanno suddiviso a loro volta i bacini in diversi settori a differente evoluzione tettonico-sedimentaria. Le dorsali sono costituite da anticlinali in crescita al disopra di incipienti *thrust*, probabilmente sviluppatasi per processi di inversione tettonica su antiche faglie normali listriche immergenti ad ovest.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche SPC. LA-E-83030		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 9 di 60	Rev. 0

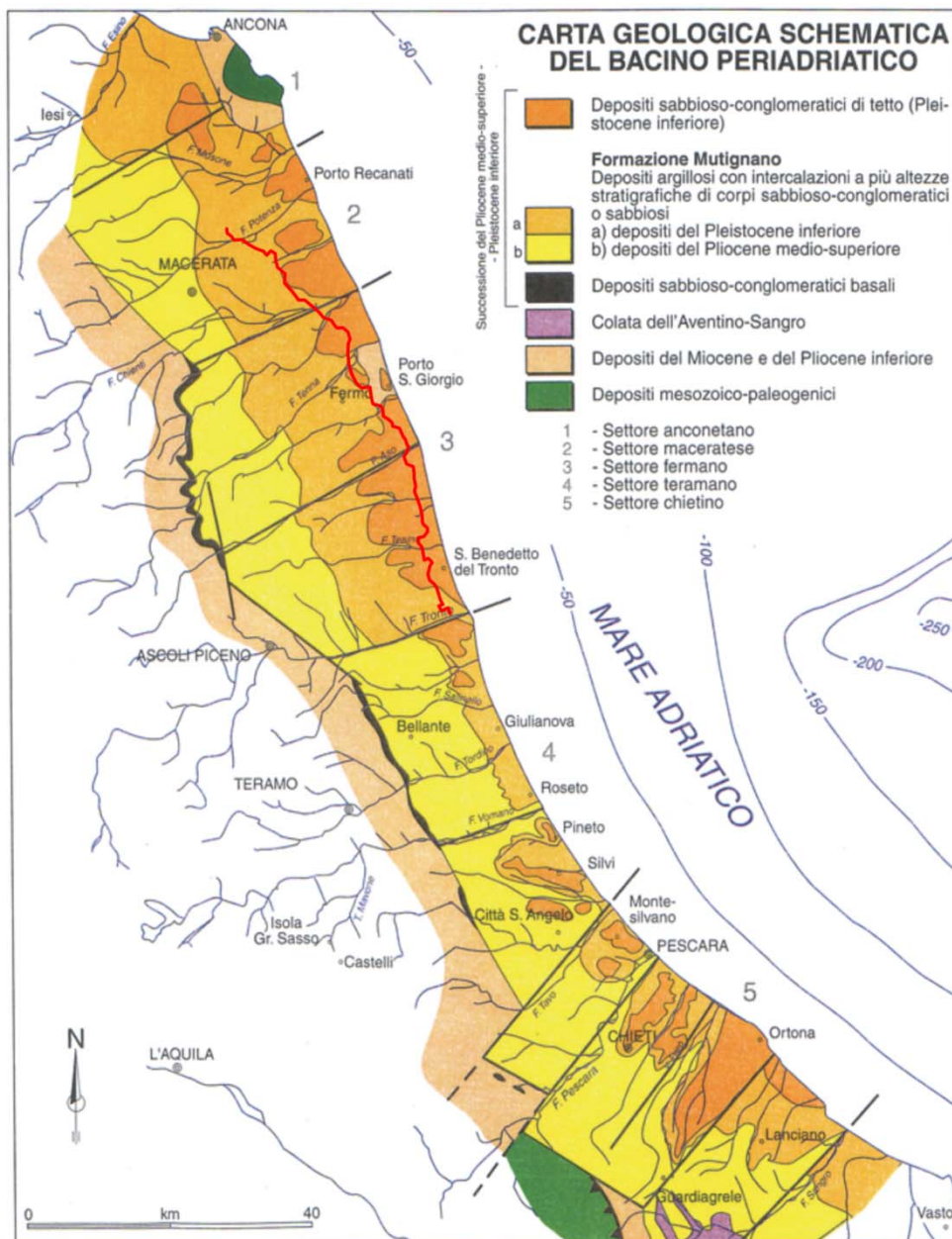


Figura 4.1/A: Carta geologica schematica del bacino periadriatico. In rosso il tracciato in progetto (da: Centamore et al., 2009, modificato).

Il bacino periadriatico (Bigi *et al.*, 1995) risulta quindi differenziato, da nord a sud, in quattro settori (anconetano, fermano, teramano e chietino) i primi due dei quali rientrano nel territorio di studio.

Il settore anconetano è caratterizzato fino al Pliocene superiore da condizioni di alto morfologico, fino in parte all'emersione; nel Pleistocene inferiore esso subisce un

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche SPC. LA-E-83030		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 10 di 60	Rev. 0

parziale annegamento, cui corrisponde una sedimentazione prevalentemente argillosa. Nel Pleistocene medio infine si registra un ciclo trasgressivo delimitato a tetto ed a letto da depositi grossolani, depositi in ambienti di piattaforma e spiaggia.

Nel Pliocene e nel Pleistocene inferiore il settore fermano rappresenta la parte più depressa del bacino, in cui si deposita una potente sequenza argillosa, di ambiente profondo, fino a batiale, interrotta da intercalazioni di depositi torbiditici clastici grossolani. Nel Pleistocene medio-superiore si ha una netta diversificazione delle condizioni fisiografiche del settore, con sedimentazione sabbioso-ghiaiosa di ambiente da piattaforma a spiaggia, a delta conoide, o argillosa con crostoni travertinosi (stagni costieri).

In discordanza sui vari termini della successione marina plio-pleistocenica affiorano depositi continentali del Pleistocene medio basale, di ambiente da conoide alluvionale a piana alluvionale, a lago costiero. Il paesaggio continentale era caratterizzato, ai piedi dei rilievi occidentali, da una serie di conoidi alluvionali coalescenti, che bordavano un'ampia piana alluvionale, in cui si sviluppava un reticolo idrografico di tipo *braided*, limitata verso est da laghi costieri (Centamore *et al.*, 2009).

I depositi continentali di origine fluviale, ampiamente diffusi nel territorio, sono tradizionalmente suddivisi in quattro ordini di terrazzi (Cantalamessa *et al.*, 2004) e classificati, nella più recente cartografia geologica, all'interno di diversi Sintemi. Le alluvioni del primo e del secondo ordine sono attribuite al Pleistocene inferiore-medio, quelle del terzo ordine al Pleistocene superiore, mentre il quarto ordine appartiene all'Olocene.

Dove terminano i rilievi collinari, esiste una fascia litorale relativamente poco estesa (da qualche centinaio di metri a circa un chilometro) formata da sedimenti di origine marina di variabile granulometria, da sabbie fini a ghiaie. Solo localmente sono presenti dune di limitate dimensioni, stabilizzate da vegetazione arborea e arbustiva.

I versanti di tutto il territorio sono interessati da estese coperture detritiche rappresentate principalmente da depositi eluvio – colluviali, sviluppati a spese delle sequenze argillose e argilloso-limose Plio-Pleistoceniche.

Molto diffusi nei versanti costituiti da litotipi argilloso-limosi delle sequenze Plio-Pleistoceniche sono i depositi di frana. Si tratta generalmente di accumuli di modesto spessore, legati a fenomeni superficiali di deformazione plastica (soliflussi) nelle coltri eluvio-colluviali o negli orizzonti alterati del substrato. Alle frane di scorrimento e colamento sono associati per contro depositi di maggiore spessore, che coinvolgono più profondamente il substrato argilloso.

4.2 Assetto strutturale

Dopo la conclusione, nel Pliocene inferiore, della migrazione verso Est del sistema catena-avanfossa-avampaese in regime compressivo, il quadro geodinamico è caratterizzato da processi di sollevamento regionale e di tettonica estensionale nella parte interna-occidentale della catena in

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche	SPC. LA-E-83030	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 11 di 60	Rev. 0

emersione e dall'impostazione del bacino periadriatico marchigiano-abruzzese in regime blandamente compressivo (formazione delle dorsali intrabacinali).

Nel Pleistocene inferiore, attenuatasi la fase compressiva all'origine delle dorsali intrabacinali, si ha un sollevamento differenziale della successione Plio-Pleistocenica che assume una struttura monoclinale con blanda inclinazione verso E di 3°-5°.

Durante il Pleistocene nel settore marchigiano si sviluppano sistemi di faglie normali di modesto rigetto, ad andamento sia appenninico che trasversali (Cantalamessa G. *et al.*, 2004).

4.3 Inquadramento geomorfologico

Il territorio attraversato dal metanodotto percorre tre unità fisiografiche principali, costituite dai rilievi collinari, l'unità di paesaggio più diffusa, dalle piane alluvionali di fondovalle e dalla bassa fascia costiera.

Nel suo complesso il paesaggio collinare è progressivamente digradante verso Est; le dorsali principali che lo costituiscono hanno andamenti prevalentemente orientati in direzione SO-NE o OSO-ENE e raggiungono quote modeste, superando di poco i 200 m s.l.m. (Colle Sgariglia, Madonna della Noce).

La morfologia del rilievo è controllata sostanzialmente dall'assetto stratigrafico-strutturale della successione Plio-Pleistocenica: le sequenze arenaceo-conglomeratiche, e talora i terrazzi alluvionali Pleistocenici più alti, formano rilievi tabulario pianalti definiti da ripide scarpate spesso subverticali, che nella parte inferiore dei versanti assumono forme tendenzialmente concave, in corrispondenza dell'affioramento di *facies* argillose o argilloso-limose maggiormente erodibili. A spese delle unità argillose si sono sviluppate forme calanchive, che occupano sui versanti superfici caratterizzate da un denso reticolo idrografico minore.

Per quanto riguarda l'idrografia, le forme del rilievo controllano anche l'andamento, tipicamente antiappenninico, dei numerosi fiumi e torrenti che scorrono in gran parte lungo valli conseguenti, in direzione SO-NE o OSO-ENE. Da nord a sud i corsi d'acqua più importanti sono il Potenza, il Chienti, il Tenna, l'Aso, il Tesino ed il Tronto. Gli alvei hanno tracciati generalmente rettilinei o moderatamente sinuosi.

Il reticolo di drenaggio ha *pattern* variabili, più frequentemente angolati o subparalleli, a traliccio. Caratteristica della fascia periadriatica marchigiano-abruzzese è l'asimmetria areale dei versanti, significativamente più estesi in sinistra idrografica che in destra. Nei fondovalle più ampi sono riconoscibili i diversi ordini di terrazzamenti separati da scarpate ben marcate.

Nella successione Plio-Pleistocenica, generalmente a quote più alte dei terrazzi del I ordine, lungo le dorsali spartiacque, si riconoscono superfici di

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche	SPC. LA-E-83030	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 12 di 60	Rev. 0

spianamento relitte, legate alle fasi più antiche di modellamento del rilievo, riferibili alla “superficie villafranchiana “ di Demangeot.

I fenomeni franosi sono particolarmente frequenti nei versanti a substrato argilloso e argilloso-limoso. Le coltri eluvio-colluviali e gli orizzonti superficiali alterati del substrato argilloso sono estesamente interessati da fenomeni di deformazione plastica (soliflussi), caratterizzati da movimenti lenti che riguardano coltri di spessore modesto.

Le sequenze arenaceo-conglomeratiche sono soggette, dove formano scarpate subverticali, a frane di crollo, generalmente di limitate dimensioni. Frane di scorrimento rotazionale, colamenti, frane complesse, queste ultime corrispondenti spesso a scorrimenti rotazionali evolventi in colamento, interessano le parti marginali dei rilievi tabulari sabbioso-conglomeratici e i sottostanti versanti argillosi e argilloso-limoso-sabbiosi.

4.4 Assetto litologico-morfologico lungo la linea principale di progetto

Dall'area trappole di Recanati il tracciato percorre, nel versante sinistro della valle del Potenza, rilievi collinari a bassa acclività, formati da terreni appartenenti alle Argille Azzurre.

I bassi versanti e la pianura sottostante sono formati da depositi alluvionali terrazzati debolmente sospesi sull'alveo.

Risalendo il versante destro della valle del fiume Potenza la linea di progetto percorre ancora rilievi collinari a bassa acclività, formati da un substrato di Argille Azzurre con estese coperture di coltri eluvio-colluviali.

Il percorso collinare continua fino all'entrata nella valle del fiume Chienti, nei pressi di Montecosaro. L'ampio fondovalle è occupato da depositi alluvionali terrazzati.

A nord di Casette d'Ete il tracciato risale il versante destro della valle, che percorre all'interno della Formazione di Fermo, costituita principalmente dalle facies arenacee e conglomeratiche. La morfologia è più aspra, in particolare nel primo tratto collinare. Le sequenze arenaceo-conglomeratiche terminano poco prima dell'attraversamento della S.P. 27 Elpidiense.

Successivamente la linea attraversa colline dall'acclività poco accentuata, formate da depositi alluvionali terrazzati, fino al fondovalle del fiume Tenna.

Dopo la risalita sul versante destro, il tracciato attraversa, con frequente utilizzo di metodologie trenchless, numerose dorsali e valli secondarie orientate trasversalmente al percorso (tra le quali vi è il rilievo collinare della città di Fermo) costituite da argille e marne della Formazione delle Argille Azzurre, e dalle coperture superficiali (depositi eluvio-colluviali, accumuli di frana, depositi alluvionali terrazzati).

In prossimità di Casette Santa Margherita viene raggiunto lo stretto fondovalle del fiume Ete Vivo.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche SPC. LA-E-83030		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 13 di 60	Rev. 0

Il tratto successivo percorre rilievi collinari formati nei bassi versanti da argille e marne (Formazione della Argille Azzurre) e nelle parti sommitali da sequenze arenaceo-conglomeratiche della Formazione di Fermo, in cui, a fondovalle incisi si alternano rilievi tabulari. Molto estese sono le coperture eluvio-colluviali e i depositi di frana.

Nell'attraversamento della valle del fiume Aso il tracciato percorre un versante sinistro estesamente occupato da depositi alluvionali terrazzati ed un versante destro più acclive, con accumuli di frana.

Un lungo tratto successivo è caratterizzato ancora da dorsali a morfologia tabulare di variabile ampiezza, costituite da sequenze prevalentemente arenaceo-conglomeratiche e arenaceo-pelitiche, alternate a incisioni vallive molto frequenti in cui scorrono corsi d'acqua secondari o di maggiore rilievo (i più importanti sono il torrente Menocchia, il torrente Sant'Egidio, il fiume Tesino, il torrente Albula), formate da una substrato argilloso prevalente, con copertura eluvio-colluviale pressoché continua e frequenti accumuli franosi, fino alla importante valle del fiume Tronto.

La valle del fiume Tronto è una tipica valle asimmetrica; il tracciato di progetto ne attraversa l'esteso versante sinistro, formato da ampi terrazzi alluvionali, di poco sospesi sull'alveo attuale e poi la vasta piana alluvionale, nei pressi dello svincolo autostradale di S. Benedetto del Tronto, dove il tracciato si arresta in corrispondenza del PIDI n.13.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83030	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 14 di 60	Rev. 0

5. CARATTERISTICHE SISMICHE

5.1 Classificazione sismica

Nella classificazione sismica dei comuni italiani di cui all'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 (Allegato 1 – Allegato A) ed in base all'elenco delle zone sismiche della Regione Marche di cui alla DGR n. 136 del 17 febbraio 2004 i comuni su cui ricadono le interferenze PAI oggetto del presente studio sono classificati come nella Tabella 5.1/A e nella Tabella 5.1/B seguenti:

Tabella 5.1/A: Classificazione sismica dei comuni su cui ricadono le interferenze PAI della linea principale in progetto

Nr. ID	Da (km)	A (km)	Lunghezza (km)	Comune	Zona sismica
PAI Marche					
3	13,585	14,260	0,675	Montecosaro	2
25	53,170	53,505	0,335	Campofilone	3
26	58,620	58,655	0,035	Cupra Marittima	3
27	71,305	71,410	0,105	San Benedetto del Tronto	3
PAI fiume Tronto					
28	72,890	72,970	0,080	Monteprandone	2
29	74,405	74,455	0,050	San Benedetto del Tronto	3

Tabella 5.1/B: Classificazione sismica dei comuni su cui ricadono le interferenze PAI della linea principale in dismissione

Nr. ID	Da (km)	A (km)	Lunghezza (km)	Comune	Zona sismica
PAI Marche					
34	8,445	9,145	0,700	Montelupone	2
3	12,100	12,770	0,670	Montecosaro	2
50	40,950	41,350	0,400	Fermo	2
53	43,130	43,345	0,215	Altidona	3
54	43,390	43,790	0,400	Altidona	3
58	47,945	48,070	0,125	Campofilone	3
25	49,080	49,420	0,340	Campofilone	3
26	54,410	54,445	0,035	Cupra Marittima	3
27	65,735	65,840	0,105	San Benedetto del Tronto	3
PAI fiume Tronto					
29	68,730	68,770	0,040	San Benedetto del Tronto	3

5.2 Parametri nel Nodo Sismico di riferimento

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 dalla e NTC2018.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche SPC. LA-E-83030		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 15 di 60	Rev. 0

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 del terreno (espressa in g/10);

F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro 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.

5.3 Parametri V_N e C_U

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 ≥ 50 .

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 discende invece 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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche	SPC. LA-E-83030	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 16 di 60	Rev. 0

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.I) 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:

Tabella 5.3/A: 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

5.4

Parametri spettrali

Nella Tabella 5.4/A , per i vari stati limite, sono indicati i valori dei parametri a_g , F_o e T_c^* , calcolati come media dei valori dei nodi della griglia di riferimento.

Tabella 5.4/A: Parametri spettrali: $V_N = 50$ anni - Classe d’Uso IV (Opere strategiche) – Stato limite SLV – $T_R = 949$ anni per le interferenze PAI della linea principale in progetto

Nr. ID	Codice PAI	Latitudine	Longitudine	a_g	F_o	T_c^*
PAI Marche						
3	F-19-0148	43.315923	13.614145	0.237	2.509	0.319
25	F-26-0010	43.067660	13.830770	0.235	2.506	0.323
26	F-28-0013	43.023949	13.840307	0.235	2.494	0.324
27	F-30-0010	42.936710	13.862000	0.234	2.491	0.330
PAI fiume Tronto						
28	1	42.922351	13.866271	0.234	2.480	0.334
29	15	42.911919	13.870437	0.234	2.477	0.342

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83030	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 17 di 60	Rev. 0

Tabella 5.4/B: Parametri spettrali: $V_N = 50$ anni - Classe d'Uso IV (Opere strategiche) – Stato limite SLV – $T_R = 949$ anni per le interferenze PAI della linea principale in dismissione

Nr. ID		Latitudine	Longitudine	a_g	F_o	T_c^*
PAI Marche						
34	F-18-0132	43.342605	13.589048	0.236	2.515	0.317
3	F-19-0148	43.315923	13.614145	0.237	2.509	0.319
50	F-24-0032	43.133142	13.792805	0.235	2.507	0.321
53	F-24-0021	43.116058	13.802558	0.235	2.506	0.321
54	F-24-0026	43.113897	13.804706	0.235	2.506	0.321
58	F-26-0012	43.076835	13.824036	0.235	2.475	0.331
25	F-26-0010	43.067660	13.830770	0.235	2.506	0.323
26	F-28-0013	43.023949	13.840307	0.235	2.494	0.324
27	F-30-0010	42.936710	13.862000	0.234	2.491	0.330
PAI fiume Tronto						
29	15	42.911919	13.870437	0.234	2.477	0.342

5.5 Parametri di risposta sismica locale

5.5.1 Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, in assenza della valutazione dell'effetto della risposta sismica locale sulla base di analisi specifiche 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).

- Categoria di sottosuolo di riferimento

Tabella 5.5/A: Categorie di sottosuolo (Tabella 3.2.II NTC 2018)

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
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>Depositi 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>Depositi 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.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83030	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 18 di 60	Rev. 0

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 Tabella 5.5/A, vengono definite le categorie di sottosuolo delle singole aree PAI riportate nella sottostante Tabella 5.5/B.

Tabella 5.5/B: Categorie di sottosuolo per le interferenze PAI della linea principale in progetto

Nr. ID	Codice PAI	Latitudine	Longitudine	Categoria sottosuolo
PAI Marche				
3	F-19-0148	43.315923	13.614145	C
25	F-26-0010	43.067660	13.830770	B
26	F-28-0013	43.023949	13.840307	B
27	F-30-0010	42.936710	13.862000	B
PAI fiume Tronto				
28	1	42.922351	13.866271	B
29	15	42.911919	13.870437	B

- *Condizioni topografiche*

In relazione all'andamento morfologico locale, con riferimento alla seguente Tabella 5.5/C, è possibile classificare tutti i siti di interesse come categoria T1

Tabella 5.5/C: Categorie topografiche (Tabella 3.2.III e Tabella 3.2.V NTC 2018)

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	---	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1.4

5.5.2 Accelerazione massima attesa in superficie

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale è possibile valutare l'accelerazione massima attesa al sito mediante la relazione:

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad \text{in cui:}$$

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,

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83030	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 19 di 60	Rev. 0

Tabella 5.5/D: Espressioni di S_s (Tabella 3.2.IV NTC 2018)

Categoria sottosuolo	S_s
A	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.20$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.50$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.80$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.60$

Nella sottostante Tabella 5.5/E sono riportate le accelerazioni massime attese in superficie per le singole aree PAI oggetto di studio.

Tabella 5.5/E: Accelerazione massima attesa in superficie per le interferenze PAI della linea principale in progetto

Nr. ID	Codice PAI	a_g	S_s	S_T	a_{max}
PAI Marche					
3	F-19-0148	0.237	1.34	1.0	0.318
25	F-26-0010	0.235	1.16	1.0	0.273
26	F-28-0013	0.235	1.17	1.0	0.275
27	F-30-0010	0.234	1.17	1.0	0.274
PAI fiume Tronto					
28	1	0.234	1.17	1.0	0.274
29	15	0.234	1.17	1.0	0.274

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83030	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 20 di 60	Rev. 0

6 VERIFICHE DI STABILITÀ DEL VERSANTE – GENERALITÀ

6.1 Introduzione

Le verifiche di stabilità sono state eseguite in linea generale lungo sezione longitudinale interessata dalla posa della condotta in progetto.

6.2 Azione sismica

Nel caso si utilizzino approcci basati sul metodo pseudo-statico, l'azione sismica deve essere rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente coinvolto dal meccanismo di rottura ipotizzato e la cui direzione è modulata da due coefficienti k qui di seguito definiti (NTC 2018 paragrafo 7.11.5.3.2).

Nella norma è previsto che nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontali e verticali di tale forza possono quindi esprimersi come:

$$F_h = k_h \cdot W$$

$$F_v = k_v \cdot W$$

con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale, che risultano essere:

$$k_h = \beta_s \cdot a_{\max} / g$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove:

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa (Tabella 6.2/A)

a_{\max} accelerazione massima attesa su sito di riferimento rigido

g accelerazione di gravità

Tabella 6.2/A: Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (Tabella 7.11.1 NTC 2018)

	Categoria di sottosuolo	
	A	B,C,D,E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Sulla base dei dati sopra esposti per le varie aree oggetto di studio risultano i valori di k_h riportati nella seguente Tabella 6.2/B:

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche	SPC. LA-E-83030	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 21 di 60	Rev. 0

Tabella 6.2/B: Valori di k_h per le interferenze PAI della linea principale in progetto

Nr. ID	Codice PAI	a_g	Categoria sottosuolo	a_{max}	β	k_h
PAI Marche						
3	F-19-0148	0.237	C	0.318	0.28	0.089
25	F-26-0010	0.235	B	0.273	0.28	0.076
26	F-28-0013	0.235	B	0.275	0.28	0.077
27	F-30-0010	0.234	B	0.274	0.28	0.077
PAI fiume Tronto						
28	1	0.234	B	0.274	0.28	0.077
29	15	0.234	B	0.274	0.28	0.077

6.3 Ricostruzione stratigrafica e parametrizzazione geotecnica

Sulla base del quadro delle conoscenze riguardanti il territorio attraversato dalle condotte in progetto, è stato individuato un insieme di siti nei quali si è ritenuto opportuno approfondire l'indagine tramite un'apposita campagna geognostica.

In particolare le indagini geognostiche sono state individuate prevalentemente in corrispondenza delle situazioni di criticità morfologica di versante quali le interferenze con zone censite nel PAI (Piano di Assetto Idrogeologico), con situazioni di incerta o potenziale stabilità a lungo termine e con zone interessate da fenomeni erosivi potenzialmente regressivi, allo scopo di ottimizzare il tracciato, di definire gli interventi di mitigazione delle criticità presenti e/o gli interventi migliorativi della situazione attuale da realizzare contestualmente alla costruzione.

La campagna della indagine è consistita nell'esecuzione di sondaggi geognostici e prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT) o prove penetrometriche dinamiche continue pesanti (DPSH).

Le indagini geognostiche sono state realizzate dalla Ditta BEDUSCHI GEOTECNICA Srl di San Daniele PO (CR) – Luglio 2017 e sono consistite in:

- n. 14 sondaggi geognostici a carotaggio continuo;
- n. 6 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT);
- n. 8 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH)

Nel corso dei sondaggi geognostici 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 nel corso dei sondaggi geognostici, sono stati inviati al Laboratorio Geomeccanico Orazi sas di Michele e Marco Orazi di Mombaroccio (PU) ove sono state eseguite prove geotecniche di classificazione fisico-volumetrica

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche SPC. LA-E-83030		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 22 di 60	Rev. 0

e meccaniche per la determinazione dei parametri di resistenza al taglio in termini di tensioni totali e di tensioni efficaci.

La stratigrafia dell'immediato sottosuolo delle aree di interferenza PAI lungo il tracciato della condotta in progetto può essere a grandi linee schematizzato mediante la presenza di una coltre di copertura di origine eluvio-colluviale, di alcuni metri di spessore, poggianti sulla formazione di base rappresentata dalle argille marnose o dalle sabbie debolmente cementate plio-pleistoceniche.

Per quanto riguarda la parametrizzazione dei sedimenti sono state fatte le seguenti assunzioni:

- **Coltre di copertura:** sono stati assunti i parametri medi di resistenza residua (ϕ'_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 modificazioni del profilo di superficie del pendio a seguito dei lavori, risulta del tutto cautelativa la verifica di stabilità unica con tale parametrizzazione.
- **Formazione plio-pleistocenica argilloso-marnosa:** le caratteristiche geomorfologiche e l'assetto giaciturale della formazione plio-pleistocenica argilloso-marnosa ha permesso di escludere che eventuali movimenti gravitativi potessero interessare la formazione di base; per questo, al di là di una mera caratterizzazione litologico-geotecnica qualitativa della formazione, nelle verifiche di stabilità si è considerata la formazione integra come "bedrock" escludendo che le superfici di scivolamento ipotizzate potessero interessare tale orizzonte. A tal fine sono stati assegnati dei parametri geotecnici con valori di resistenza al taglio di picco mediamente riferibili alla formazione delle "Argille Azzurre":

6.4 Metodi e condizioni delle verifiche

I calcoli di stabilità sono stati eseguiti applicando il metodo dell'equilibrio limite nella versione di Morgenstern & Price (1965), così come rielaborato da Zhu ed al. (2005) con il programma freeware SSAP 4.9.6 (2018) Slope Stability Analysis Program del dott. geol. L. Borselli docente della Facoltà di Ingegneria, Universidad Autonoma de San Luis Potosí, Mexico.

Sono state effettuate ricerche automatiche di superfici complesse anche in presenza di sollecitazioni sismiche. L'azione sismica è stata simulata con il metodo pseudo-statico, per mezzo di un'azione statica equivalente, calcolata con i coefficienti sismici orizzontali e verticali (paragrafo 7.11.3.5.2 NTC 2018).

In relazione alle particolari condizioni stratigrafiche delle aree nella zona oggetto di studio non sono presenti falde idriche né esistono i presupposti per una loro formazione data la presenza preponderante di sedimenti argilloso-limosi scarsamente permeabili.

In relazione alla necessaria previsione di opere di drenaggio (sottocondotta e/o trasversali alla stessa) nelle aree critiche attraversate, sono state assunte due differenti condizioni idrauliche:

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche SPC. LA-E-83030		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 23 di 60	Rev. 0

- saturazione dei sedimenti alla profondità della superficie piezometrica rilevata nel corso dell'indagine geognostica;
- saturazione della coltre di copertura sino alla base delle opere drenanti al fine di verificare la situazione limite a seguito della posa del condotta.

I calcoli sono stati eseguiti su 10000 superfici di scivolamento di forma complessa, distribuite sull'intera sezione considerata mediante l'algoritmo di Morgenstern & Price (1965).

Nei calcoli sono state considerate “critiche” tutte le superfici con coefficiente di sicurezza $F_s < 1.1$ in condizioni statiche e $F_s < 1.0$ in presenza di sollecitazioni sismiche.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche	SPC. LA-E-83030	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 24 di 60	Rev. 0

7 VERIFICA TECNICA DI COMPATIBILITA'

In questo capitolo sono riportate le analisi condotte su ogni singola interferenza, della condotta in progetto, con le aree a pericolosità idrogeologica elevata e molto elevata censite nei PAI.

Ciascuna scheda comprende:

- stralcio planimetrico dell'area;
- descrizione dell'area nel tratto interessato dalle linee in progetto e/o in dismissione;
- la descrizione, dove necessario, degli interventi previsti dal progetto per assicurare la compatibilità dell'opera con l'area a pericolosità idrogeologica.
- immagine fotografica rappresentativa del tratto interessato dalle linee in progetto e/o in dismissione.

Le schede sono state compilate sulla scorta dei dati acquisiti nel corso dei sopralluoghi tecnici e sulla base della consultazione dei PAI dell'Autorità di Bacino Regionale delle Marche e dell'Autorità di Bacino interregionale del Fiume Tronto.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche SPC. LA-E-83030		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 25 di 60	Rev. 0

7.1 Area 3 (F-19-0148 P3)

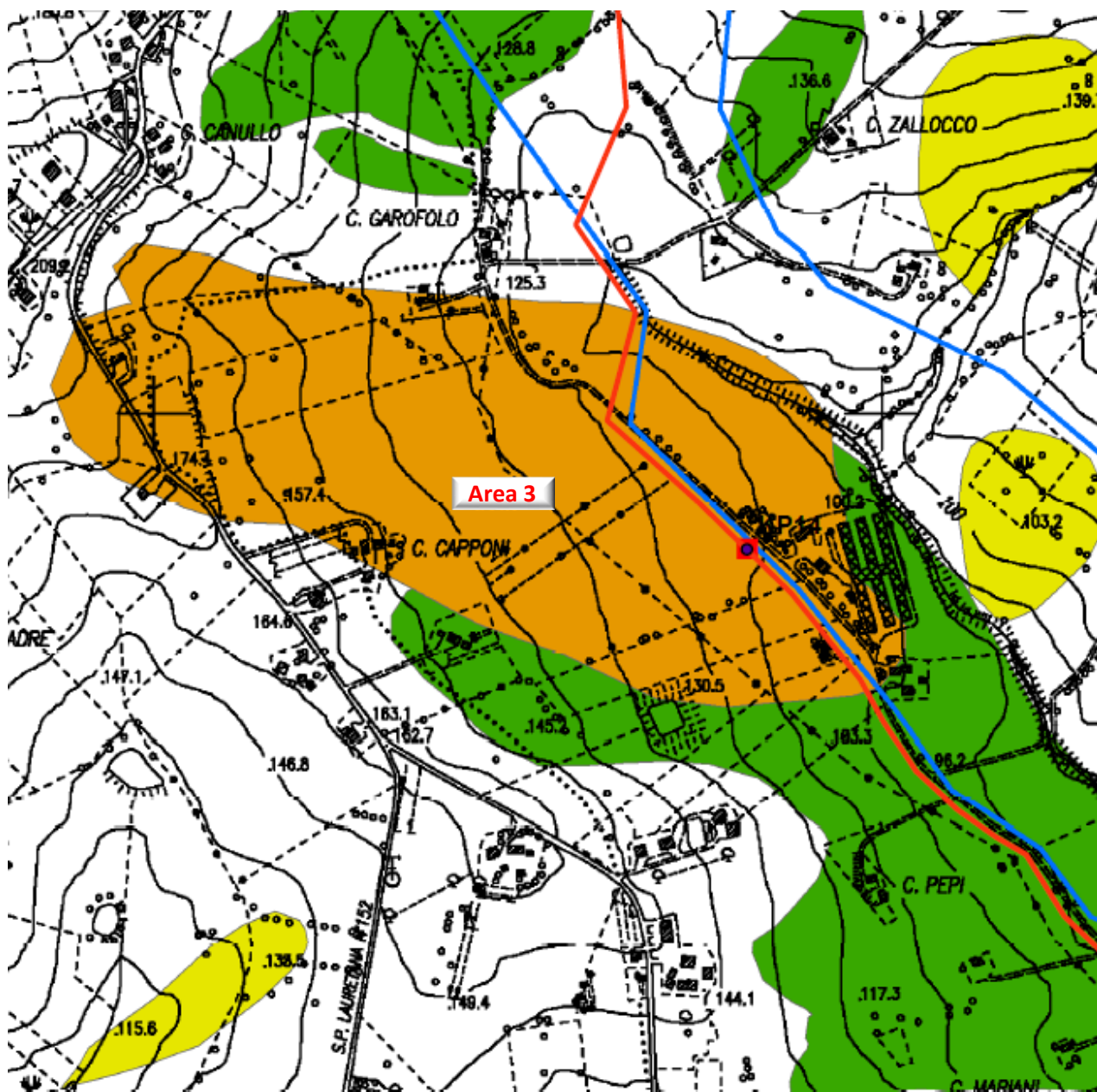


Figura 7.1/A Area 3: F-19-0148 P3 dell'AdB delle Marche.

— Metanodotto in progetto

— Metanodotto in dismissione

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche SPC. LA-E-83030		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 26 di 60	Rev. 0

Si tratta di un'area che si sviluppa lungo il versante in destra idrografica della valle del Fosso di Pagliano.

L'area classificata come frana di scivolamento attiva con Indice di Pericolosità P3 (Pericolosità elevata), ha forma allungata e rappresenta la porzione settentrionale di tutta un'area interessata da antichi dissesti.

Il corpo franoso, di circa 1 km di lunghezza, può essere suddiviso in due aree morfologicamente distinte:

- la parte alta, di circa 200 m di lunghezza, a ridosso della SP n. 152 "Lauretana", con profilo di superficie uniforme ed acclività media attorno al 15%;
- la parte basale, che rappresenta la zona di trasporto ed accumulo, con acclività media attorno al 7-8% e blande ondulazioni e locali aree di ristagno idrico nella coltre detritica argillosa, senza tuttavia particolari indizi di movimenti gravitativi in atto.



Foto 7.1/A: Area 3. Parte iniziale dell'attraversamento al piede dell'area PAI

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche SPC. LA-E-83030		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 27 di 60	Rev. 0



Foto 7.1/B: Area 3. Attraversamento al piede dell'area PAI

Per quanto riguarda lo studio di dettaglio per la verifica tecnica di compatibilità dell'opera, si fa presente che sono in corso di completamento la campagna geognostica e le relative prove di laboratorio geotecnico.

Qualora dai risultati della verifica tecnica risultassero criticità dal punto di vista della stabilità dei versanti, saranno indicati tutti gli interventi necessari per garantire la sicurezza dell'opera.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche SPC. LA-E-83030		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 28 di 60	Rev. 0

7.2 Area 25 (F-26-0010 P3)

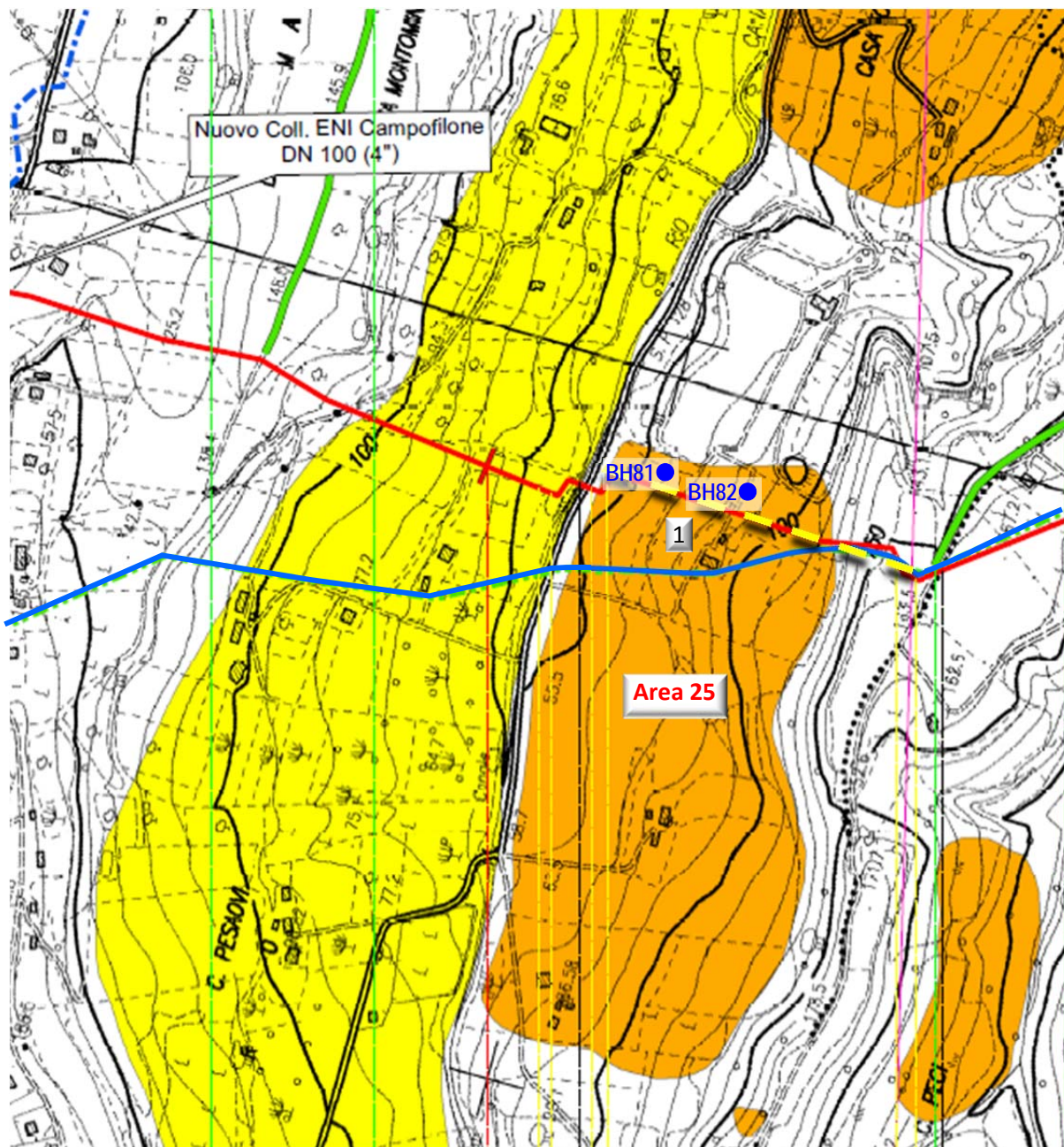


Figura 7.2/A Area 25: F-26-0010 P3 dell'AdB delle Marche.

- Metanodotto in progetto
- Metanodotto in dismissione
- BH Sondaggi geognostici
- 1 Traccia di sezione

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83030	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 29 di 60	Rev. 0

7.2.1 Descrizione dell'area

L'area 25 classificata come frana complessa attiva con Indice di Pericolosità P3 (Pericolosità elevata) è situata sul versante destro della valle del Rio Canale, a sud dell'abitato di Campofilone.

L'area 25 ha larghezza di circa 800 m ed una lunghezza di circa 300 m con acclività media al 26%. La morfologia è caratterizzata da un settore centrale a conca ed a bassa acclività, affiancato da due dorsali a maggiore pendenza media. A monte dell'area perimetrata come dissesto si osserva una marcata rottura di pendio, in corrispondenza dell'affioramento dei litotipi sabbioso-conglomeratici.

L'immediato sottosuolo dell'area, nella parte inferiore del versante, a minore acclività, è costituito da coltri detritiche eluvio-colluviali; nella parte sommitale del rilievo affiora la litofacies sabbioso-conglomeratica della formazione di Fermo che da origine a pendii di acclività più marcata.

Il tracciato della condotta in progetto attraversa l'area 25, in posizione marginale, per una lunghezza di circa 250 m, lungo la linea di massima pendenza. L'assenza di indizi di movimenti di riattivazione recente evidenziano uno stato di attività sostanzialmente quiescente.



Foto 7.2/A: Area 25. Parte iniziale dell'attraversamento al piede dell'area PAI

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche	SPC. LA-E-83030	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 30 di 60	Rev. 0

7.2.2 Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni

Al fine di definire la natura litologica e le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti nell'area in esame, la ditta BEDUSCHI Srl, ha eseguito un'indagine geognostica, nel periodo Luglio 2017, consistita in:

- n. 2 sondaggi geognostici, a carotaggio continuo, con prelievo di campioni indisturbati, spinti sino alla profondità massima di 15.0 m dal p.c. locale, identificati in planimetria con BH81-BH82;

I campioni di terreno prelevati nel corso dell'indagine sono stati trasportati presso il Laboratorio Geomeccanico Orazi ove sono state eseguite prove geotecniche di classificazione fisico-volumetrica e meccaniche per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio in termini di tensioni totali ed efficaci.

L'ubicazione delle verticali di indagine è riportata nella Figura 7.2/A, le stratigrafie dei sondaggi geognostici sono riportati nell'Allegato 3 mentre le tabelle riassuntive delle prove di laboratorio geotecnico sono riportate nell'Allegato 4.

L'esame dei dati stratigrafici e geotecnici in possesso, ha messo in evidenza, nell'area, una successione stratigrafica, caratterizzata:

- nella parte alta del versante, al di sotto di un orizzonte superficiale di terreno agrario limoso-argilloso di circa 1 m di spessore, è presente la formazione plio-pleistocenica in facies sabbioso-ghiaioso-conglomeratica;
- nella parte bassa del versante, da una coltre di copertura di origine colluviale, di circa 5 m di spessore, di natura argilloso-limosa e/o limoso-argillosa, da molto consistente (primi 2-3 m) a estremamente consistente. La coltre colluviale poggia sulla formazione plio-pleistocenica argilloso-marnosa, sormontata da un orizzonte eluviale di circa 3 m di spessore, di sabbia limosa moderatamente addensata.

Per una migliore definizione dell'assetto geologico-stratigrafico locale, di seguito si fornisce una diversa suddivisione stratigrafica per la parte alta del versante (BH82) ed una per la parte bassa (BH81).

Parte alta del versante Sondaggio BH82

Strato 1: (dal p.c. sino a 1.0 m di profondità)

Argilla limosa e limo argilloso molto consistente di colore marrone con elementi ghiaiosi sparsi (terreno agrario e/o coltre colluviale).

- Peso di volume, $\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$

Strato 2: (da 1.0 m sino alla massima profondità investigate)

Sabbia limosa da addensata a molto addensata, con livelli ghiaiosi a luoghi cementati (formazione plio-pleistocenica di base).

- Peso di volume, $\gamma = 19.0 \div 20.0 \text{ kN/m}^3$
- Indice SPT, $N_{\text{SPT}} = 18 \div \text{rifiuto} \text{ colpi/30cm}$
- Angolo di resistenza al taglio efficace, $\varphi' = 35 \div 45^\circ$

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche SPC. LA-E-83030		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 31 di 60	Rev. 0

Parte basale del versante Sondaggio BH81

Strato 1: (dal pc sino a 5.0 m di profondità)

Argilla limosa e limo argilloso da molto consistente a estremamente consistente, di colore marrone, con livelli centimetrici di ghiaia fina; in superficie (primi 2÷3 m) il grado di consistente è sensibilmente inferiore a quello della parte basale (*coltre colluviale*).

• Peso di volume,	γ =	19.0÷20.0	kN/m ³
• Contenuto d'acqua naturale,	W_N =	17.8÷20.7	%
• Limite liquido,	LL =	45.5÷46.4	%
• Indice di plasticità,	IP =	24.9÷25.6	-
• Classifica USCS,	=	CL	
• Resistenza al taglio non drenata,	c_u =	120÷200	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace <small>(picco)</small>	φ' =	23.9	°
• Coesione intercetta <small>(picco)</small> ,	c' =	30.5	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace <small>(residuo)</small>	φ'_r =	14.9÷17.3	°
• Coesione intercetta <small>(residua)</small> ,	c'_r =	3.5÷4.9	kN/m ²

Strato 2: (da 5.0 m sino a 8.0 m di profondità)

Sabbia limosa moderatamente addensata, con locali livelli ghiaiosi a luoghi cementati (fascia di alterazione eluviale).

• Peso di volume,	γ =	19.0	kN/m ³
• Angolo di resistenza al taglio efficace,	φ' =	30÷35	°

Strato 3: (da 8.0 m sino alle massime profondità investigate)

Argilla limosa e limo argilloso, estremamente consistente, di colore marrone e grigiastro con interstrati centimetrici di sabbia limosa (formazione plio-pleistocenica di base).

• Peso di volume,	γ =	20.5÷21.0	kN/m ³
• Resistenza al taglio non drenata,	c_u =	200÷300	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace,	φ' =	23÷26	°
• Coesione intercetta,	c' =	40÷60	kN/m ²

Falda acquifera

Nel corso della campagna geognostica è stata rilevata la presenza della superficie piezometrica soltanto nel sondaggio BH81 ad una profondità di circa – 14 m dal pc locale.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche SPC. LA-E-83030		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 32 di 60	Rev. 0

7.2.3 *Analisi di stabilità del versante*

Visto lo sviluppo della condotta in progetto, lungo la massima pendenza del versante, nel presente paragrafo vengono analizzati i risultati delle analisi di stabilità di versante effettuate lungo n. 1 sezione rappresentativa, secondo i criteri riportati nel precedente Capitolo 6 “*Verifiche di stabilità del versante – Generalità*”, in particolare le verifiche sono state eseguite sulla base delle seguenti assunzioni:

Parametri geotecnici:

Coltre copertura argilloso-limosa:

$$\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi = 16.1^\circ \quad c = 4.2 \text{ kN/m}^2$$

Formazione di base argilloso-marnosa:

$$\gamma = 21.0 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi = 24.0^\circ \quad c = 50 \text{ kN/m}^2$$

Formazione di base sabbioso-ghiaioso-conglomeratica:

$$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi = 35.0^\circ \quad c = 0 \text{ kN/m}^2$$

Parametri sismici:

$$k_h = 0.076 \quad k_v = 0.038$$

Condizioni idrauliche:

Falda attuale: assente Falda progetto = -3.0 m

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 33 di 60	Rev. 0

SSAP 4.9.6 (2018) - Slope Stability Analysis Program
Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
SSAP/DXF generator rel. 1.5.2 (2018)

Data : 22/6/2018
Località :
Descrizione :
[n] = N. strato o lente

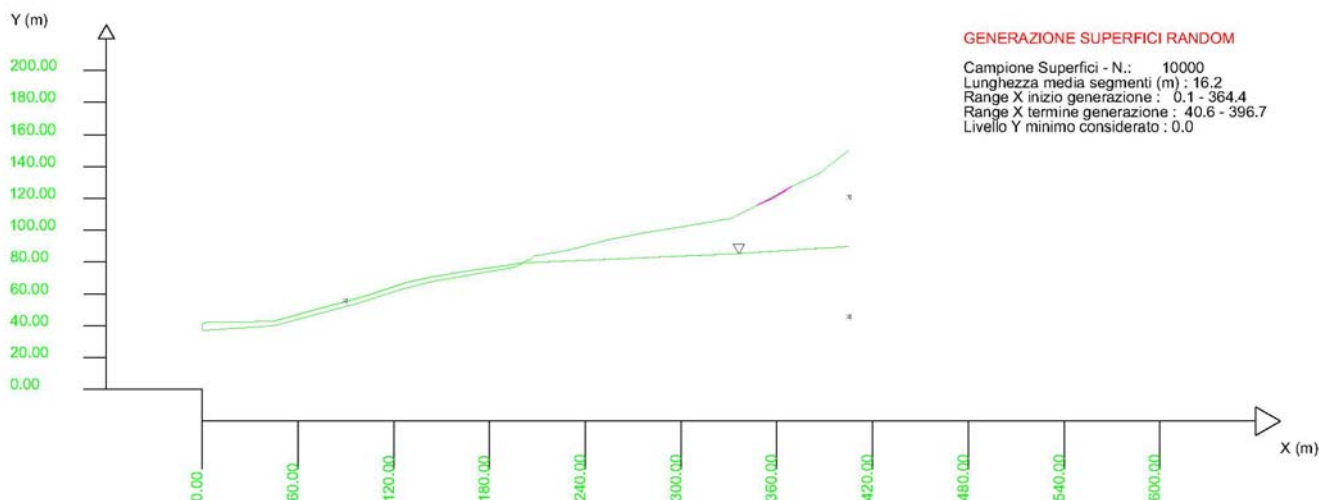
Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi°	C°	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa				
1	35.00	0	0	19.00	20.00	0	0	0	0
2	24.00	50.00	0	21.00	22.00	0	0	0	0
3	16.10	4.20	0	19.50	20.00	0	0	0	0

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.2918
Range Fs : 1.2918 1.2958
Differenza % Range Fs : 0.30
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0000

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)



GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 10000
Lunghezza media segmenti (m) : 16.2
Range X inizio generazione : 0.1 - 364.4
Range X termine generazione : 40.6 - 396.7
Livello Y minimo considerato : 0.0

Figura 7.2/B: Situazione attuale: Falda assente – Assenza sisma

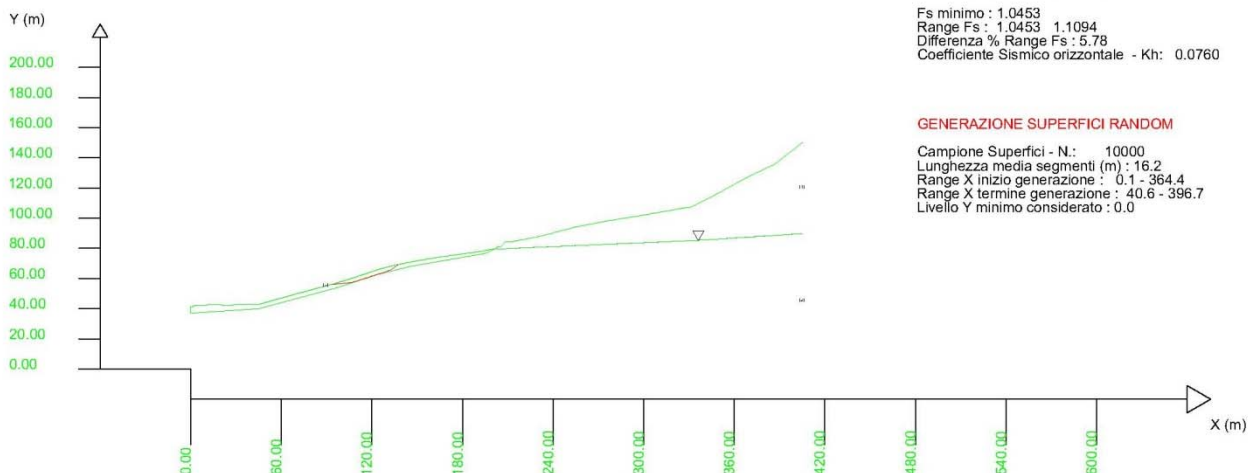
SSAP 4.9.6 (2018) - Slope Stability Analysis Program
Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
SSAP/DXF generator rel. 1.5.2 (2018)

Data : 22/6/2018
Località :
Descrizione :
[n] = N. strato o lente

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi°	C°	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa				
1	35.00	0	0	19.00	20.00	0	0	0	0
2	24.00	50.00	0	21.00	22.00	0	0	0	0
3	16.10	4.20	0	19.50	20.00	0	0	0	0

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)



DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.0453
Range Fs : 1.0453 1.1094
Differenza % Range Fs : 5.78
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0760

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 10000
Lunghezza media segmenti (m) : 16.2
Range X inizio generazione : 0.1 - 364.4
Range X termine generazione : 40.6 - 396.7
Livello Y minimo considerato : 0.0

Figura 7.2/C: Situazione attuale: Falda assente – Presenza sisma

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83030	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 34 di 60	Rev. 0

SSAP 4.9.6 (2018) - Slope Stability Analysis Program
Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
SSAP/DXF generator rel. 1.5.2 (2018)

Data : 29/5/2018
Località :
Descrizione :
[n] = N. strato o lente

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi' deg	C' kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI	mi	D
1	35.00	0	0	19.00	20.00	0	0	0	0
2	24.00	50.00	0	21.00	22.00	0	0	0	0
3	16.10	4.20	0	19.50	20.00	0	0	0	0

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.2919
Range Fs : 1.2919 1.2985
Differenza % Range Fs : 0.50
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0000

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 10000
Lunghezza media segmenti (m) : 16.2
Range X inizio generazione : 0.1 - 364.4
Range X termine generazione : 40.6 - 396.7
Livello Y minimo considerato : 0.0

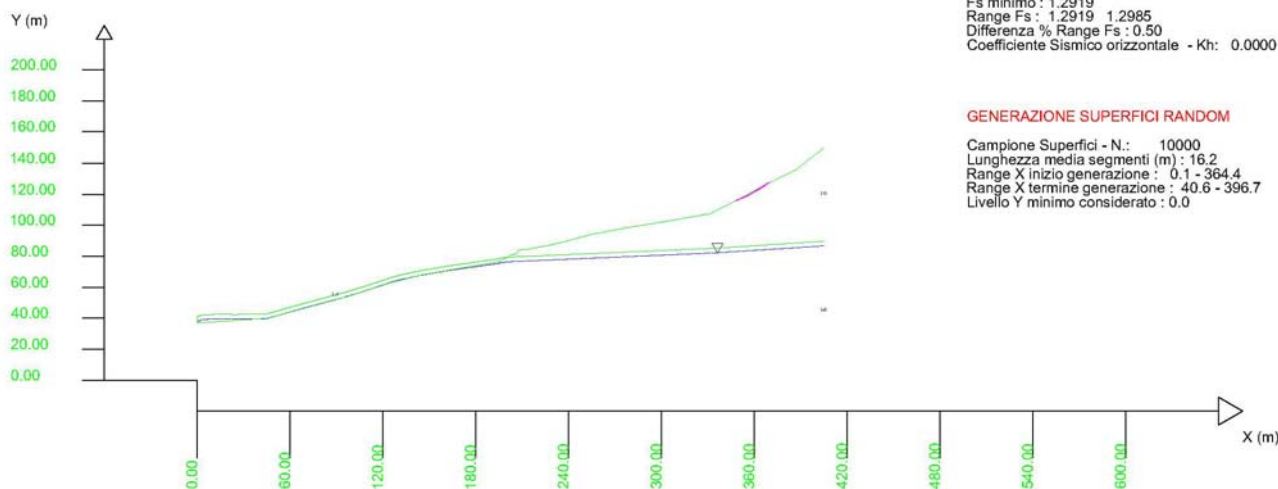


Figura 7.2/D: Situazione di progetto: Falda -3.0 m – Assenza sisma

SSAP 4.9.6 (2018) - Slope Stability Analysis Program
Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
SSAP/DXF generator rel. 1.5.2 (2018)

Data : 29/5/2018
Località :
Descrizione :
[n] = N. strato o lente

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi' deg	C' kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI	mi	D
1	35.00	0	0	19.00	20.00	0	0	0	0
2	24.00	50.00	0	21.00	22.00	0	0	0	0
3	16.10	4.20	0	19.50	20.00	0	0	0	0

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)

SUPERFICI REGISTRATE CON Fs ENTRO INTERVALLO PREDEFINITO

Fs minimo : 0.5000
Fs massimo : 1.1000
N.Superfici plottate : 5
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0760

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 10000
Lunghezza media segmenti (m) : 16.2
Range X inizio generazione : 0.1 - 364.4
Range X termine generazione : 40.6 - 396.7
Livello Y minimo considerato : 0.0

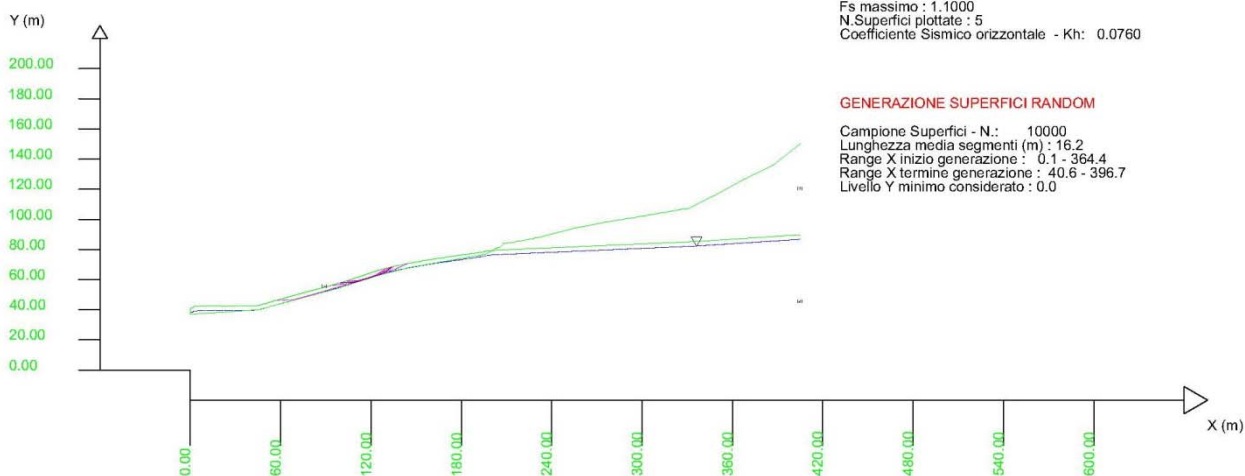


Figura 7.2/E: Condizioni progetto: Falda -3.0 m – Presenza sisma

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche SPC. LA-E-83030		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 35 di 60	Rev. 0

7.2.4 *Analisi dei risultati e Verifica tecnica di compatibilità*

Dall'esame dei dati delle verifiche di stabilità del versante, riportati schematicamente nelle sezioni del paragrafo precedente, è possibile formulare le seguenti considerazioni.

Le caratteristiche stratigrafiche della parte basale del versante evidenziano la presenza di una coltre di copertura colluviale limoso-argillosa, da molto consistente a estremamente consistente, di circa 5 m di spessore; nei primi 2-3 m della coltre il grado di consistenza è minore per cui si è ipotizzato che sia questa la parte potenzialmente instabile.

Nella situazione attuale (falda assente) il pendio, in condizioni statiche presenta valori minimi del fattore di sicurezza $F_s > 1.292$ (Figura 7.2/B) mentre in caso di sollecitazioni sismiche si hanno valori del fattore di sicurezza minimo $F_s > 1.045$ (Figura 7.2/C); tuttavia, poiché la condotta in progetto attraversa l'area classificata in frana lungo la massima pendenza, sarà prevista la realizzazione di un dreno sottocondotta, in grado di impedire che la superficie piezometrica della falda risalga a quote superiori a -3.0 m dal pc locale. Queste ipotesi progettuali fanno sì che nella situazione di progetto, anche con innalzamento della falda a - 3 m dal pc, in condizioni statiche si abbiano valori di $F_s > 1.292$ ed in condizioni sismiche valori di $F_s > 1.042$ (Figura 7.2/D, Figura 7.2/E). La coincidenza tra i valori dei fattori di sicurezza (F_s) è dovuta al fatto che la porzione di coltre potenzialmente instabile è limitata a 2-3 m per cui la presenza di un dreno sotto-condotta della profondità di almeno 3 m crea una situazione di assenza di falda come praticamente quella trovata nel corso dei sondaggi geognostici.

Per i motivi sopra esposti si ritiene che nella percorrenza dell'Area F-26-0010 a pericolosità P3, esistano le condizioni di compatibilità tra l'intervento in progetto e le condizioni di rischio esistenti.

La previsione degli interventi di drenaggio profondo e di regimazione delle acque meteoriche superficiali fa sì che non vi sia un aggravio delle condizioni di sicurezza dell'area.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche SPC. LA-E-83030		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 36 di 60	Rev. 0

7.3 Area 26 (F-28-0013 P4)

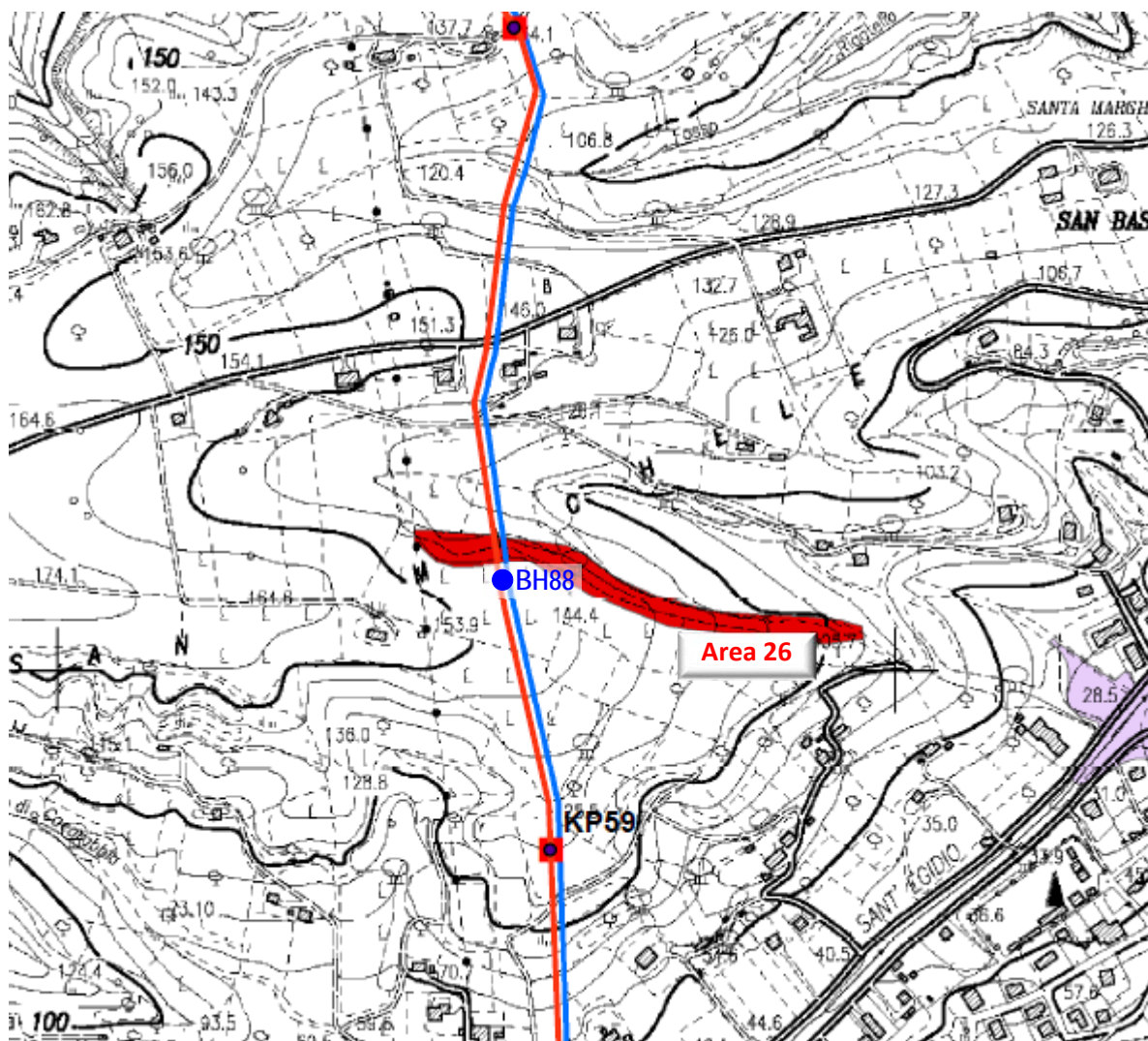


Figura 7.3/A Area 26: F-28-0013 P4 dell'AdB delle Marche.

- Metanodotto in progetto
- Metanodotto in dismissione
- BH Sondaggio geognostico

7.3.1 Descrizione dell'area

L'area 26 classificata con Indice di Pericolosità P4 (Pericolosità molto elevata) rappresenta una scarpata morfologica, di circa 10-15 m di altezza, con abbondante vegetazione arborea ed arbustiva, che si sviluppa con direzione SSO-NNE, sul margine occidentale della superficie terrazzata di San Michele, per circa 500 m, sul versante destro di una valletta secondaria incisa da un affluente del torrente S. Egidio.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche SPC. LA-E-83030		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 37 di 60	Rev. 0



Foto 7.3.A – Area 26: panoramica da Nord del versante destro della valletta in cui è situata l'area perimetrata dal PAI.



Foto 7.3.B – Area 26: panoramica da ovest della scarpata e del versante destro della valletta in cui è situata l'area perimetrata dal PAI.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche SPC. LA-E-83030		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 38 di 60	Rev. 0

L'immediato sottosuolo dell'area è costituito da sabbie e conglomerati della formazione plio-pleistocenica (formazione di Fermo); la natura del dissesto è riconducibile a possibili frane di crollo, provocate da instabilità ad opera degli agenti atmosferici, della porzione più superficiale della formazione conglomeratica stessa.



Foto 7.3.C – Area 26: Particolare di un affioramento del substrato sabbioso-conglomeratico lungo la scarpata subito a ovest del tracciato in progetto.

7.3.2 Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni

Al fine di definire la natura litologica e le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti nell'area in esame, la ditta BEDUSCHI Srl, ha eseguito un'indagine geognostica, nel periodo Luglio 2017, consistita in:

- n. 1 sondaggio geognostico, a carotaggio continuo, con prelievo di campioni indisturbati, spinti sino alla profondità massima di 15.0 m dal p.c. locale, identificati in planimetria con BH88;

I campioni di terreno prelevati nel corso dell'indagine, tutti rimaneggiati, sono stati trasportati presso il Laboratorio Geomeccanico Orazi ove, in relazione alla naturale prevalentemente granulare dei sedimenti, sono state eseguite prove geotecniche di classificazione fisico-volumetrica .

L'ubicazione della verticale di indagine è riportata nella Figura 7.3/A, la stratigrafia del sondaggio geognostico è riportata nell'Allegato 3 mentre le tabelle riassuntive delle prove di laboratorio geotecnico sono riportate nell'Allegato 4.

L'esame dei dati stratigrafici e geotecnici in possesso, ha messo in evidenza, nell'area, una successione stratigrafica, caratterizzata, al di sotto di un orizzonte

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche	SPC. LA-E-83030	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 39 di 60	Rev. 0

superficiale di terreno agrario limoso--argilloso (spessore circa 1.5 m), dalla presenza della formazione plio-pleistocenica in facies sabbioso-conglomeratica.

Strato 1: (dal p.c. sino a 1.5 m di profondità)

Limo argilloso molto consistente di colore marrone con elementi ghiaiosi sparsi (terreno agrario).

- Peso di volume, $\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$

Strato 2: (da 1.5 m sino alla massima profondità investigate)

Ghiaia sabbiosa, molto addensata e/o cementata con intercalazioni di argilla limosa molto consistente e sabbia limosa addensata (formazione plio-pleistocenica di base).

- Peso di volume, $\gamma = 19.0 \div 22.0 \text{ kN/m}^3$
- Indice SPT, $N_{\text{SPT}} = 24 \div \text{rifiuto} \text{ colpi/30cm}$
- Angolo di resistenza al taglio efficace, $\phi' = 35 \div 45^\circ$

7.3.3 Considerazioni finali e Verifica tecnica di compatibilità

Il rilievo geologico-geomorfologico di dettaglio dell'area perimetrata dal PAI e i dati stratigrafici della campagna geognostica appositamente seguita, hanno evidenziato che l'Area F-28-0013 classificata con Indice di Pericolosità P4 (Pericolosità molto elevata) rappresenta una scarpata morfologica, di circa 10-15 m di altezza, costituita da ghiaie sabbiose molto addensate e conglomerati della formazione di Fermo.

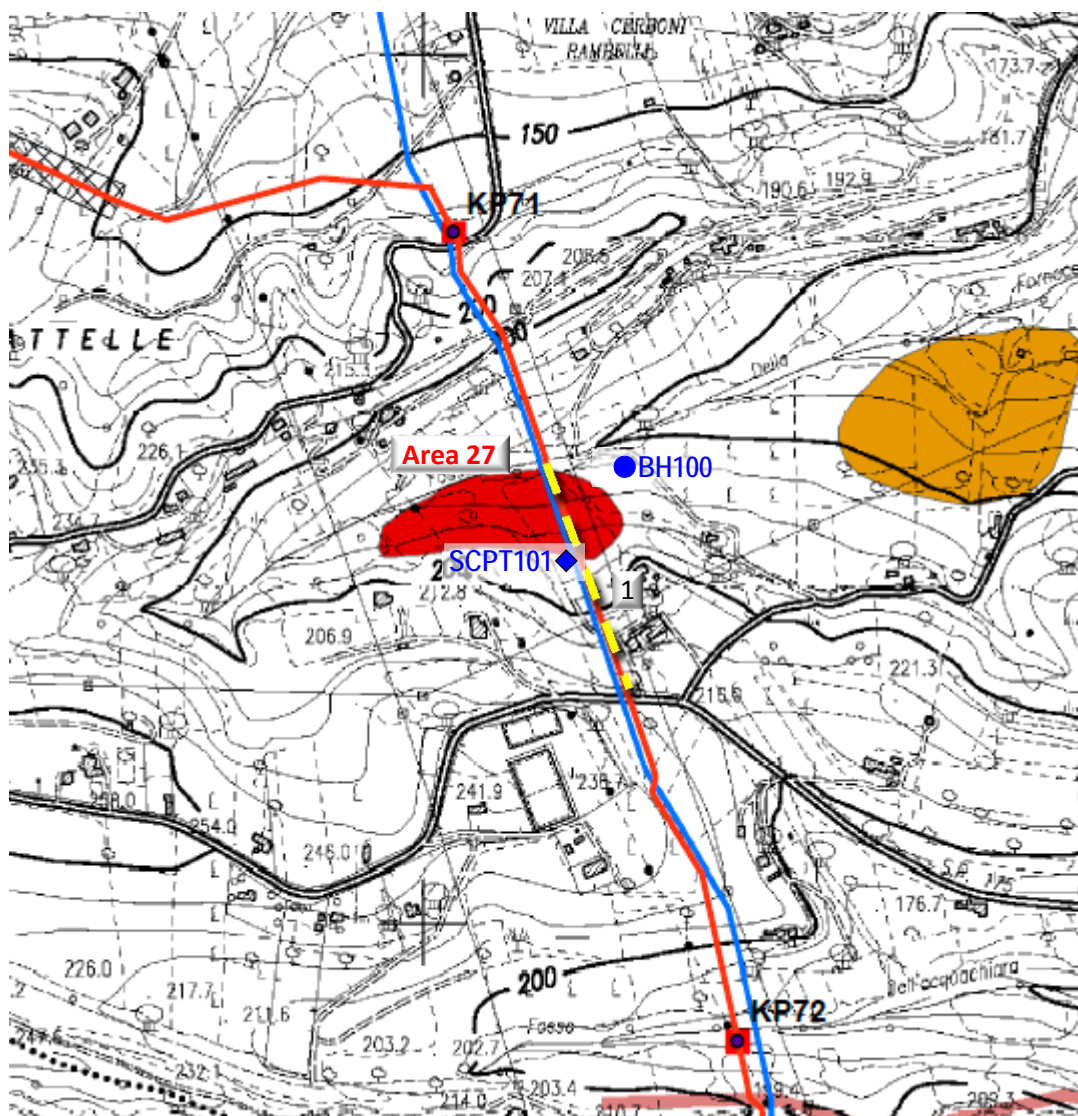
La scarpata si presenta diffusamente vegetata e la natura del dissesto è riconducibile a possibili frane di crollo, provocate da instabilità ad opera degli agenti atmosferici, della porzione più superficiale della formazione conglomeratica stessa. Nell'area interessata dalle condotte in progetto ed in dismissione non si hanno indizi di alcun fenomeno gravitativo in atto e/o pregresso.

La linea di progetto e la linea in dismissione attraversano l'area lungo la massima pendenza. Tenuto conto dell'altezza non elevata della scarpata, si ritiene che l'intervento di posa e rimozione delle condotte sia fattibile, previo disgaggio dei volumi instabili esistenti nel corso dei lavori e realizzando, in fase di ripristino, alcune opere di sostegno di ingegneria naturalistica (gabbioni e/o muri cellulari in legname) per la riconfigurazione del tratto di scarpata interessata dai lavori.

Per i motivi sopra esposti si ritiene che l'interferenza dell'Area F-28-0013 a pericolosità P4, esistano le condizioni di compatibilità tra l'intervento in progetto e le condizioni di rischio esistenti.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche SPC. LA-E-83030		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 40 di 60	Rev. 0

7.4 Area 27 (F-30-0010 P4)



Area 27: F-30-0010 P4 dell'AdB delle Marche.

— Metanodotto in progetto — Metanodotto in dismissione

◆ SCPT Prova penetrometrica dinamica continua

● BH Sondaggio geognostico

1 — Traccia di sezione

7.4.1 Descrizione dell'area

L'area 27 classificata con Indice di Pericolosità P4 è un dissesto di forma allungata (larghezza di circa 300 m, lunghezza di circa 100 m) situato nella porzione basale del versante destro del fosso della Fornace.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche SPC. LA-E-83030		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 41 di 60	Rev. 0

L'immediato sottosuolo dell'area, nella parte inferiore del versante, a minore acclività, è costituito da coltri detritiche eluvio-colluviali di natura limoso-sabbioso-argillosa; nella parte sommitale del rilievo affiora la litofacies sabbioso-conglomeratica della formazione di Fermo che da origine a pendii di acclività più marcata.

Lungo il tracciato delle linee di progetto e in dismissione, che attraversano l'area, per una lunghezza di circa 150 m, in stretto parallelismo, lungo la massima pendenza, il profilo del versante, coltivato a frutteto, è sostanzialmente regolare, con pendenza media intorno al 25÷30% e blande ondulazioni. A luoghi si osservano scarpate di alcuni metri di altezza riconducibili molto probabilmente a differenze litologiche e di competenza dei sedimenti presenti.

Allo stato attuale non si osservano forme legate a movimenti gravitativi attivi o recenti.



Foto 7.4.A – Area 27: panoramica da Nord del versante destro della valletta in cui è situata l'area perimetrata dal PAI.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche	SPC. LA-E-83030	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 42 di 60	Rev. 0

7.4.2 Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni

Al fine di definire la natura litologica e le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti nell'area in esame, la ditta BEDUSCHI Srl, ha eseguito un'indagine geognostica, nel periodo Luglio 2017, consistita in:

- n. 1 sondaggio geognostico, a carotaggio continuo, con prelievo di campioni indisturbati, spinto sino alla profondità massima di 15.0 m dal p.c. locale, identificato in planimetria con BH100;
- n. 1 prova penetrometrica dinamica continua con penetrometro superpesante tipo Meardi, spinta sino alla profondità di 5.1 m dal pc locale.

I campioni di terreno prelevati nel corso dell'indagine sono stati trasportati presso il Laboratorio Geomeccanico Orazi ove sono state eseguite prove geotecniche di classificazione fisico-volumetrica e meccaniche per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio.

L'ubicazione delle verticali di indagine è riportata nella Figura 7.4/A, le stratigrafie dei sondaggi geognostici sono riportati nell'Allegato 3 mentre le tabelle riassuntive delle prove di laboratorio geotecnico sono riportate nell'Allegato 4.

L'esame dei dati stratigrafici e geotecnici in possesso, ha messo in evidenza, nell'area, una successione stratigrafica, caratterizzata:

- nella parte alta del versante, al di sotto di un orizzonte superficiale, di origine colluviale, limoso-sabbioso di circa 3.0 m di spessore, è presente la formazione plio-pleistocenica in facies sabbioso-ghiaioso-conglomeratica;
- nella parte bassa del versante, da una coltre di copertura di origine colluviale, di circa 5 m di spessore, di natura argilloso-limosa e/o limoso-argillosa, da consistente a molto consistente. La coltre colluviale poggia sulla formazione plio-pleistocenica argilloso-marnosa, sormontata da un orizzonte eluviale di circa 3 m di spessore, di limo sabbioso e sabbia limosa moderatamente addensata.

Per una migliore definizione dell'assetto geologico-stratigrafico locale, di seguito si fornisce una diversa suddivisione stratigrafica per la parte alta del versante (SCPT101) ed una per la parte bassa (BH100).

Parte alta del versante: penetrometrica SCPT101

Strato 1: (dal p.c. sino a 3.3 m di profondità)

Limo sabbioso e sabbia limosa, mediamente addensata e limoso argilloso, molto consistente, con elementi ghiaiosi sparsi (*terreno agrario e/o coltre colluviale*).

- Peso di volume, $\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$
- Indice N_{30} , $= 5 \div 17 \text{ colpi/30cm}$
- Angolo di resistenza al taglio, $\varphi' = 30 \div 32^\circ$

Strato 2: (da 3.3 m sino alla massima profondità investigata)

Sabbia limosa da addensata a molto addensata, con livelli ghiaiosi a luoghi cementati (formazione plio-pleistocenica di base).

- Peso di volume, $\gamma = 19.0 \div 20.0 \text{ kN/m}^3$
- Indice N_{30} , $= 37 \div \text{rifiuto} \text{ colpi/30cm}$
- Angolo di resistenza al taglio efficace, $\varphi' = 35 \div 45^\circ$

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 43 di 60	Rev. 0

Parte basale del versante: Sondaggio BH100

Strato 1: (dal pc m sino a 5.0 m di profondità)

Argilla limosa e limo argilloso da molto consistente a estremamente consistente, di colore marrone, con inclusi di ghiaioso (coltre colluviale).

• Peso di volume,	γ	=	20.0	kN/m ³
• Contenuto d'acqua naturale,	W_N	=	24.7	%
• Limite liquido,	LL	=	32.1÷40.3	%
• Indice di plasticità,	IP	=	10.8÷21.3	-
• Classifica USCS,		=	CL	
• Resistenza al taglio non drenata,	c_u	=	120÷200	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (picco)	ϕ'	=	27.5	°
• Coesione intercetta (picco),	c'	=	7.0	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (residuo)	ϕ'_r	=	20.4	°
• Coesione intercetta (residua),	c'_r	=	5.2	kN/m ²

Strato 2: (da 5.0 m sino a 8.2 m di profondità)

Sabbia limosa e limo sabbioso moderatamente addensato (fascia di alterazione eluviale).

• Peso di volume,	γ	=	19.0	kN/m ³
• Indice SPT	N_{SPT}	=	22	colpi/30
• Classifica USCS,		=	SM	
• Angolo di resistenza al taglio efficace (picco)	ϕ'	=	32.1	°
• Coesione intercetta (picco),	c'	=	3.2	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (residuo)	ϕ'_r	=	31.2	°
• Coesione intercetta (residua),	c'_r	=	0.4	kN/m ²

Strato 3: (da 8.2 m sino alla massima profondità investigata)

Argilla limosa e limo argilloso, da molto consistente a estremamente consistente, di colore marrone e grigiastro con interstrati centimetrici di sabbia limosa (formazione plio-pleistocenica di base).

• Peso di volume,	γ	=	20.5÷21.0	kN/m ³
• Resistenza al taglio non drenata,	c_u	=	200÷300	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace,	ϕ'	=	23÷26	°
• Coesione intercetta,	c'	=	40÷60	kN/m ²

Falda acquifera

Nel corso della campagna geognostica è stata rilevata la presenza della superficie piezometrica soltanto nel sondaggio BH100 ad una profondità di circa -3.5 m dal pc locale.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83030	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 44 di 60	Rev. 0

7.4.3 *Analisi di stabilità del versante*

Visto lo sviluppo della condotta in progetto, lungo la massima pendenza del versante, nel presente paragrafo vengono analizzati i risultati delle analisi di stabilità di versante effettuate lungo n. 1 sezione rappresentativa, secondo i criteri riportati nel precedente Capitolo 6 “*Verifiche di stabilità del versante – Generalità*”, in particolare le verifiche sono state eseguite sulla base delle seguenti assunzioni:

Parametri geotecnici:

Coltre copertura argilloso-limosa:

$$\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi = 20.4^\circ \quad c = 5.2 \text{ kN/m}^2$$

Coltre copertura sabbioso-limosa:

$$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi = 31.2^\circ \quad c = 0.4 \text{ kN/m}^2$$

Formazione di base argilloso-marnosa:

$$\gamma = 21.0 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi = 24.0^\circ \quad c = 50 \text{ kN/m}^2$$

Formazione di base sabbioso-ghiaioso-conglomeratica:

$$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi = 35.0^\circ \quad c = 0 \text{ kN/m}^2$$

Parametri sismici:

$$k_h = 0.077 \quad k_v = 0.038$$

Condizioni idrauliche:

Falda attuale: -3.5 m Falda progetto = -3.0 m

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 45 di 60	Rev. 0

SSAP 4.9.6 (2018) - Slope Stability Analysis Program
Software by Dr. Geol. L. Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
SSAP/DXF generator rel. 1.5.2 (2018)

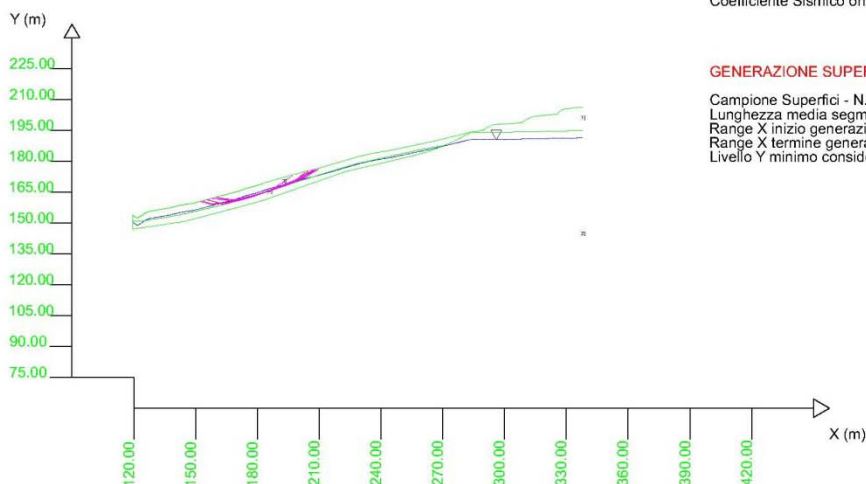
Data : 25/6/2018
Località :
Descrizione :
[n] = N. strato o lente

Parametri Geotecnici degli strati #									
N.	phi°	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa			
1	35.00	0	0	19.00	20.00	0	0	0	0
2	24.00	50.00	0	21.00	22.00	0	0	0	0
3	20.40	5.20	0	20.00	21.00	0	0	0	0
4	31.20	0.40	0	18.50	20.00	0	0	0	0

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.5276
Range Fs : 1.5276 1.5592
Differenza % Range Fs : 2.02
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0000

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)



GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 10000
Lunghezza media segmenti (m) : 8.7
Range X inizio generazione : 119.4 - 316.1
Range X termine generazione : 141.2 - 333.6
Livello Y minimo considerato : 93.6

Figura 7.4/B: Sezione 1 - Situazione attuale: Falda -3.5 m – Assenza sisma

SSAP 4.9.6 (2018) - Slope Stability Analysis Program
Software by Dr. Geol. L. Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
SSAP/DXF generator rel. 1.5.2 (2018)

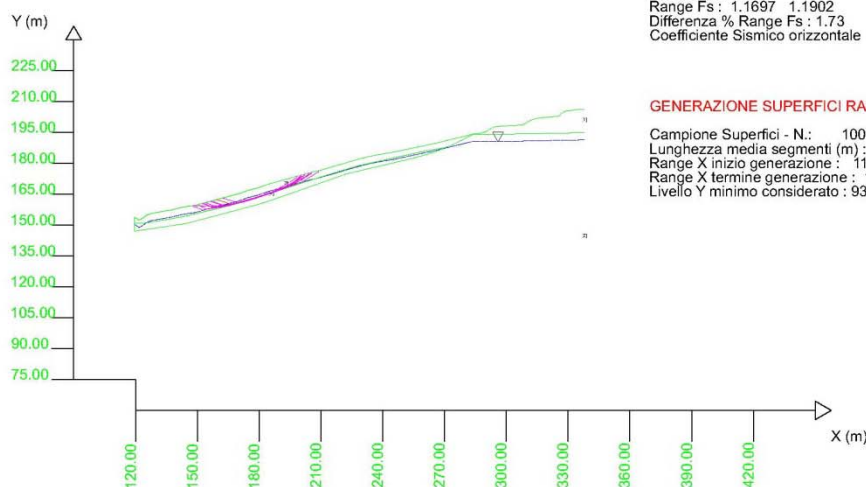
Data : 25/6/2018
Località :
Descrizione :
[n] = N. strato o lente

# Parametri Geotecnici degli strati #									
N.	phi°	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa			
1	35,00	0	0	19,00	20,00	0	0	0	0
2	24,00	50,00	0	21,00	22,00	0	0	0	0
3	20,40	5,20	0	20,00	21,00	0	0	0	0
4	31,20	0,40	0	18,50	20,00	0	0	0	0

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.1697
Range Fs : 1.1697 1.1902
Differenza % Range Fs : 1.73
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0770

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)



GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 10000
Lunghezza media segmenti (m) : 8.7
Range X inizio generazione : 119.4 - 316.1
Range X termine generazione : 141.2 - 333.6
Livello Y minimo considerato : 93.6

Figura 7.4/C: Sezione 1 - Situazione attuale: Falda -3.5 m – Presenza sisma

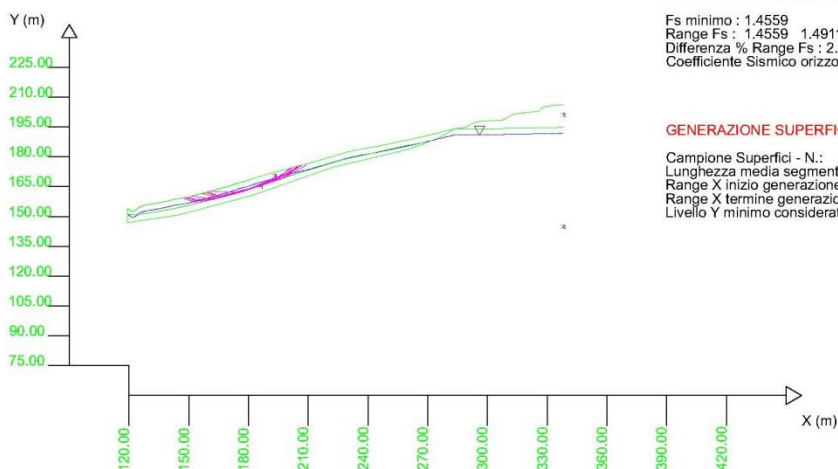
	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		SPC. LA-E-83030
			Fg. 46 di 60	Rev. 0

SSAP 4.9.6 (2018) - Slope Stability Analysis Program
Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
SSAP/DXF generator rel. 1.5.2 (2018)

Data : 25/6/2018
Località :
Descrizione :
[n] = N. strato o lente

#	Parametri Geotecnici degli strati #									
N.	phi° deg	C' kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI	mi	D	
1	35.00	0	0	19.00	20.00	0	0	0	0	
2	24.00	50.00	0	21.00	22.00	0	0	0	0	
3	20.40	5.20	0	20.00	21.00	0	0	0	0	
4	31.20	0.40	0	18.50	20.00	0	0	0	0	

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)



DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.4559
Range Fs : 1.4559 1.4911
Differenza % Range Fs : 2.36
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0000

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 10000
Lunghezza media segmenti (m) : 8.7
Range X inizio generazione : 119.4 - 316.1
Range X termine generazione : 141.2 - 333.6
Livello Y minimo considerato : 93.6

Figura 7.4/D: Sezione 1 - Situazione di progetto: Falda -3.0 m – Assenza sisma

SSAP 4.9.6 (2018) - Slope Stability Analysis Program
Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
SSAP/DXF generator rel. 1.5.2 (2018)

Data : 25/6/2018
Località :
Descrizione :
[n] = N. strato o lente

#	Parametri Geotecnici degli strati #									
N.	phi° deg	C' kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI	mi	D	
1	35.00	0	0	19.00	20.00	0	0	0	0	
2	24.00	50.00	0	21.00	22.00	0	0	0	0	
3	20.40	5.20	0	20.00	21.00	0	0	0	0	
4	31.20	0.40	0	18.50	20.00	0	0	0	0	

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.1438
Range Fs : 1.1438 1.1553
Differenza % Range Fs : 1.00
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0770

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 10000
Lunghezza media segmenti (m) : 8.7
Range X inizio generazione : 119.4 - 316.1
Range X termine generazione : 141.2 - 333.6
Livello Y minimo considerato : 93.6

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)

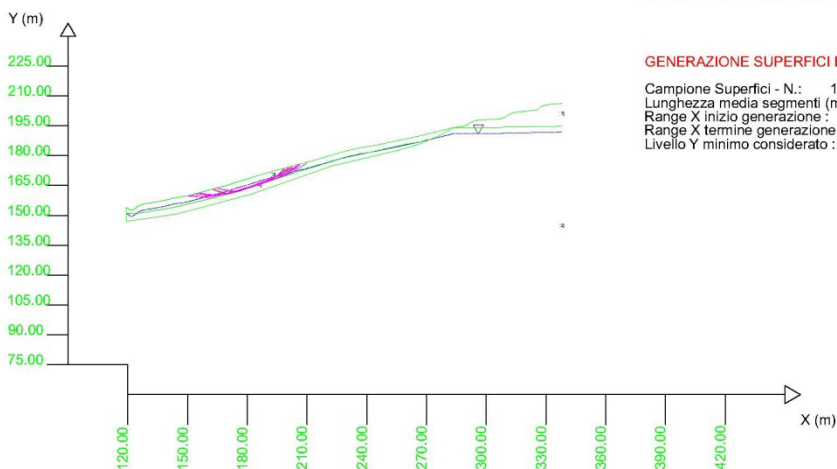


Figura 7.4/E: Sezione 1 - Condizioni progetto: Falda -3.0 m – Presenza sisma

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche SPC. LA-E-83030		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 47 di 60	Rev. 0

7.4.4 *Analisi dei risultati e Verifica tecnica di compatibilità*

Dall'esame dei dati delle verifiche di stabilità del versante, riportati schematicamente nelle sezioni del paragrafo precedente, è possibile formulare le seguenti considerazioni.

Le caratteristiche stratigrafiche della parte basale del versante evidenziano la presenza di una coltre di copertura colluviale limoso-argillosa, da consistente a molto consistente, di circa 5 m di spessore considerata potenzialmente instabile.

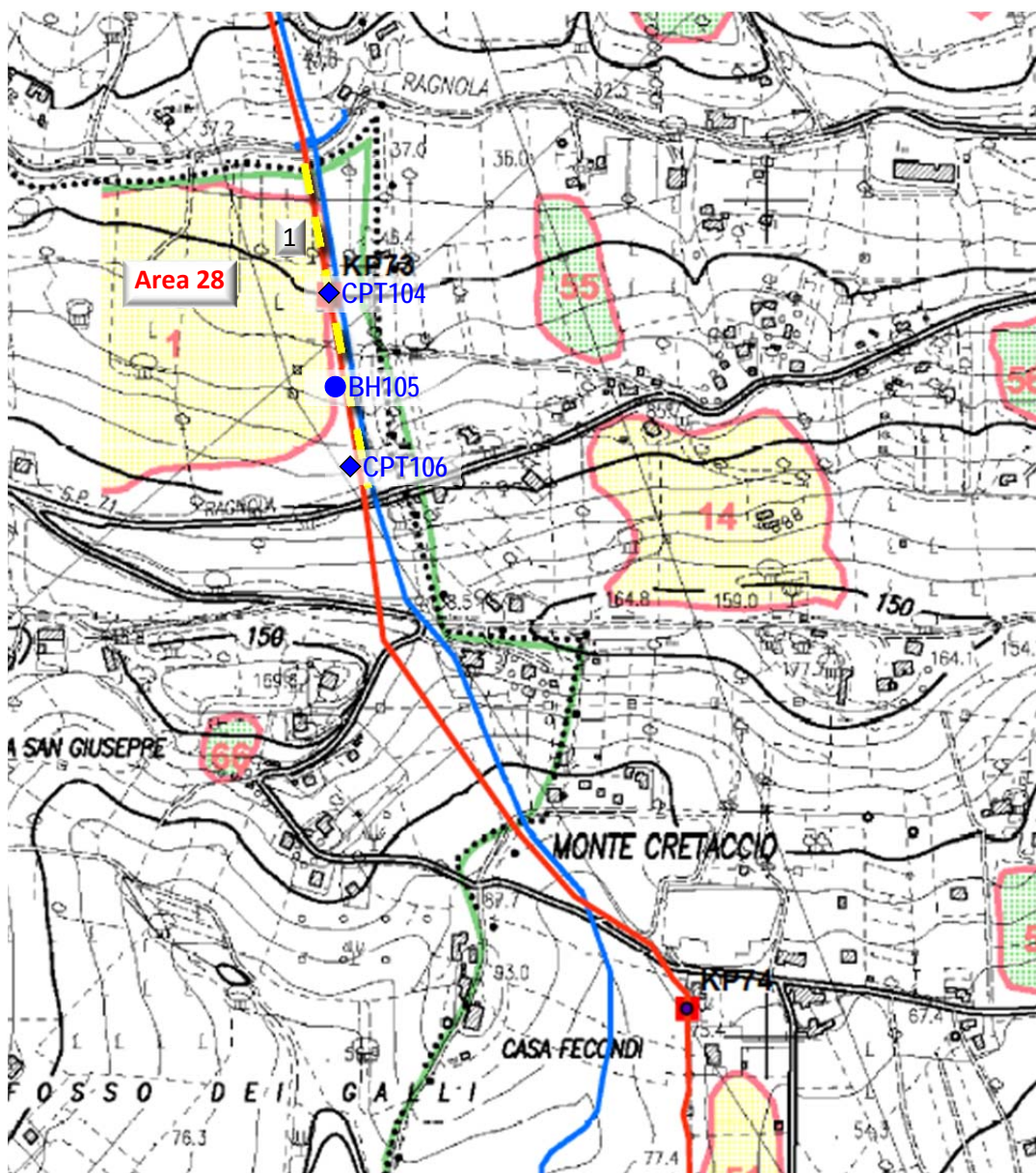
Nella situazione attuale (falda -3.5 m dal pc) il pendio, in condizioni statiche presenta valori minimi del fattore di sicurezza $F_s > 1.528$ (Figura 7.4/B) mentre in caso di sollecitazioni sismiche si hanno valori del fattore di sicurezza minimo $F_s > 1.170$ (Figura 7.4/C); tuttavia, poiché la condotta in progetto attraversa l'area classificata in frana lungo la massima pendenza, sarà prevista la realizzazione di un dreno sottocondotta, in grado di impedire che la superficie piezometrica della falda risalga a quote superiori a -3.0 m dal pc locale. Queste ipotesi progettuali fanno sì che nella situazione di progetto, anche con innalzamento della falda a -3 m dal pc, in condizioni statiche si abbiano valori di $F_s > 1.450$ ed in condizioni sismiche valori di $F_s > 1.144$ (Figura 7.4/D, Figura 7.4/E).

Per i motivi sopra esposti si ritiene che nella percorrenza dell'Area F-30-0010 a pericolosità P4, esistano le condizioni di compatibilità tra l'intervento in progetto e le condizioni di rischio esistenti.

La previsione degli interventi di drenaggio profondo e di regimazione delle acque meteoriche superficiali fa sì che non vi sia un aggravio delle condizioni di sicurezza dell'area.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche SPC. LA-E-83030		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 48 di 60	Rev. 0

7.5 Area 28 (1 - H3)



Area 28: 1 – H3 dell'AdB del fiume Tronto.

- Metanodotto in progetto
- Metanodotto in dismissione
- ◆ CPT Prove penetrometriche statiche
- BH Sondaggio geognostico
- 1 Traccia di sezione

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 49 di 60	Rev. 0

7.5.1 *Descrizione dell'area*

L'area 28 (classificata a pericolosità elevata H3) è un dissesto di forma grosso modo quadrangolare (larghezza di circa 400 m, lunghezza di circa 350 m) situato sul versante destro del torrente Ragnola, ed esteso praticamente dalla SP 71 al fondovalle.

La morfologia dell'area è caratterizzata da acclività più alta (intorno 20-25%) e presenza di marcate ondulazioni nel settore del coronamento, da basse pendenze (10-15%) e profilo più regolare verso il piede del versante.

Il substrato è costituito inferiormente da sequenze argilloso-limose della Formazione delle Argille Azzurre e superiormente dalla litofacies sabbioso-arenacea della Formazione di Fermo.

Allo stato attuale non si hanno indizi di attività del fenomeno perimetrato dal PAI.

Il tracciato della linea di progetto attraversa marginalmente l'area lungo la massima pendenza, per una lunghezza di un centinaio di metri, nel settore a bassa acclività, contrassegnato da blande ondulazioni.



Foto 7.5/B - Area 28: Panoramica del versante dalla strada di fondovalle

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche SPC. LA-E-83030		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 50 di 60	Rev. 0



Foto 7.5/B - Area 28: Panoramica della parte alta del versante

7.5.2 Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni

Al fine di definire la natura litologica e le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti nell'area in esame, la ditta BEDUSCHI Srl, ha eseguito un'indagine geognostica, nel periodo Luglio 2017, consistita in:

- n. 1 sondaggio geognostico, a carotaggio continuo, spinto sino alla profondità massima di 15.0 m dal p.c. locale, identificato in planimetria con BH105;
- n. 2 prove penetrometriche statiche con punta meccanica, identificate in planimetria con CPT104-CPT106, spinte sino alla profondità massima di 10.0 m dal p.c. attuale.

I campioni di terreno prelevati nel corso dell'indagine sono stati trasportati presso il Laboratorio Geomeccanico Orazi ove sono state eseguite prove geotecniche di classificazione fisico-volumetrica e meccaniche per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio in termini di tensioni totali ed efficaci.

L'ubicazione delle verticali di indagine è riportata nella Figura 7.5/A, le stratigrafie del sondaggio geognostico ed i diagrammi delle prove penetrometriche statiche sono riportati nell'Allegato 3 mentre le tabelle riassuntive delle prove di laboratorio geotecnico sono riportate nell'Allegato 4.

L'esame dei dati stratigrafici e geotecnici in possesso, ha messo in evidenza, nell'area, una successione stratigrafica, caratterizzata da una coltre di copertura di origine colluviale, in genere di circa 4÷5 m di spessore, di natura argilloso-limosa e/o limoso-argillosa consistente, poggiante sulla formazione plio-pleistocenica

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche SPC. LA-E-83030		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 51 di 60	Rev. 0

argilloso-marnosa estremamente consistente (formazione di Fermo). Le prove penetrometriche statiche CPT104-CPT106 evidenziano spessori leggermente inferiori (2-3 m) di sedimenti a minor consistenza.

Strato 1: (dal p.c. sino a 3.0÷4.8 m di profondità)

Limo argilloso ed argilla limosa, di bassa plasticità, consistente, di colore marrone e nocciola (coltre colluviale).

• Peso di volume,	γ =	20.0	kN/m ³
• Resistenza alla punta,	q_c =	2.0÷3.0	MPa
• Friction Ratio,	FR =	6.0÷8.0	%
• Contenuto d'acqua naturale,	W_N =	18.5÷21.0	%
• Limite liquido,	LL =	30.9÷33.3	%
• Indice di plasticità,	IP =	14.9÷15.4	-
• Classifica USCS,	=	CL	
• Resistenza al taglio non drenata,	c_u =	50÷100	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (picco)	ϕ' =	28.1÷29.3	°
• Coesione intercetta (picco),	c' =	6.7÷21.2	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (residuo)	ϕ'_r =	25.1÷27.2	°
• Coesione intercetta (residua),	c'_r =	2.0÷3.0	kN/m ²

Strato 2: (da 3.0÷4.8 m sino alle massime profondità investigate)

Argilla limosa e limo argilloso, estremamente consistente, di colore nocciola con striature azzurrine ed interstrati di sabbia limosa addensata (formazione plio-pleistocenica di base).

• Peso di volume,	γ =	21.0	kN/m ³
• Resistenza alla punta,	q_c =	3.0÷7.0	MPa
• Friction Ratio,	FR =	3.0÷6.5	%
• Resistenza al taglio non drenata,	c_u =	200÷300	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace,	ϕ' =	23÷26	°
• Coesione intercetta,	c' =	60÷100	kN/m ²

Falda acquifera

Nel corso della campagna geognostica non è stata rilevata la presenza della superficie piezometrica sino alle massime profondità investigate.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83030	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 52 di 60	Rev. 0

7.5.3 *Analisi di stabilità del versante*

Visto lo sviluppo della condotta in progetto, lungo la massima pendenza del versante, nel presente paragrafo vengono analizzati i risultati delle analisi di stabilità di versante effettuate lungo n. 1 sezione rappresentativa, secondo i criteri riportati nel precedente Capitolo 6 “*Verifiche di stabilità del versante – Generalità*”, in particolare le verifiche sono state eseguite sulla base delle seguenti assunzioni:

Parametri geotecnici:

Coltre copertura limosa:

$$\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi = 26.0^\circ \quad c = 2.5 \text{ kN/m}^2$$

Formazione di base argilloso-marnosa:

$$\gamma = 21.0 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi = 24.0^\circ \quad c = 80 \text{ kN/m}^2$$

Parametri sismici:

$$k_h = 0.077 \quad k_v = 0.038$$

Condizioni idrauliche:

Falda attuale: assente Falda progetto = -3.0 m

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83030	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 53 di 60	Rev. 0

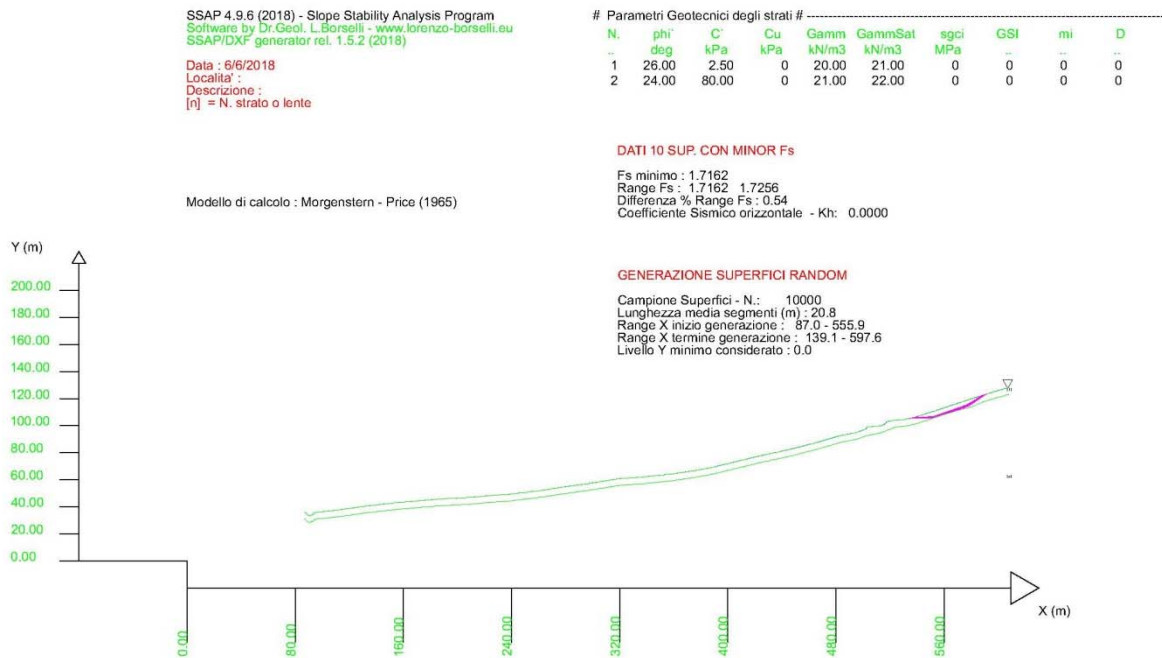


Figura 7.5/B: Sezione 1 - Situazione attuale: Falda assente – Assenza sisma

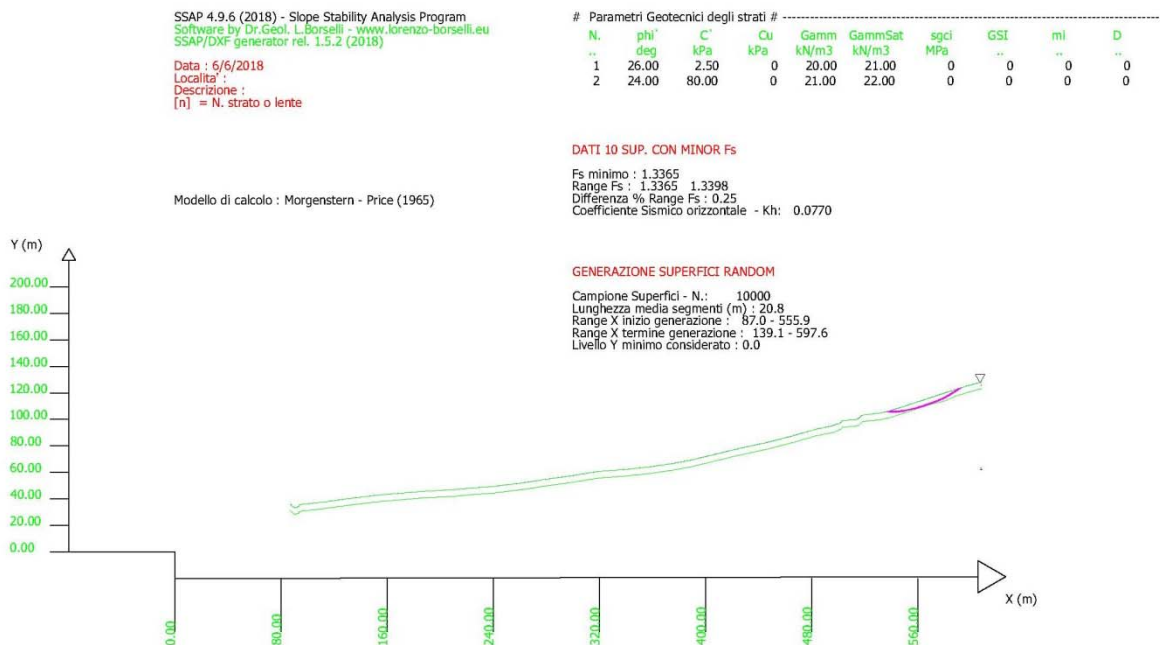


Figura 7.5/C: Sezione 1 - Situazione attuale: Falda assente – Presenza sisma

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		SPC. LA-E-83030 Fg. 54 di 60 Rev. 0

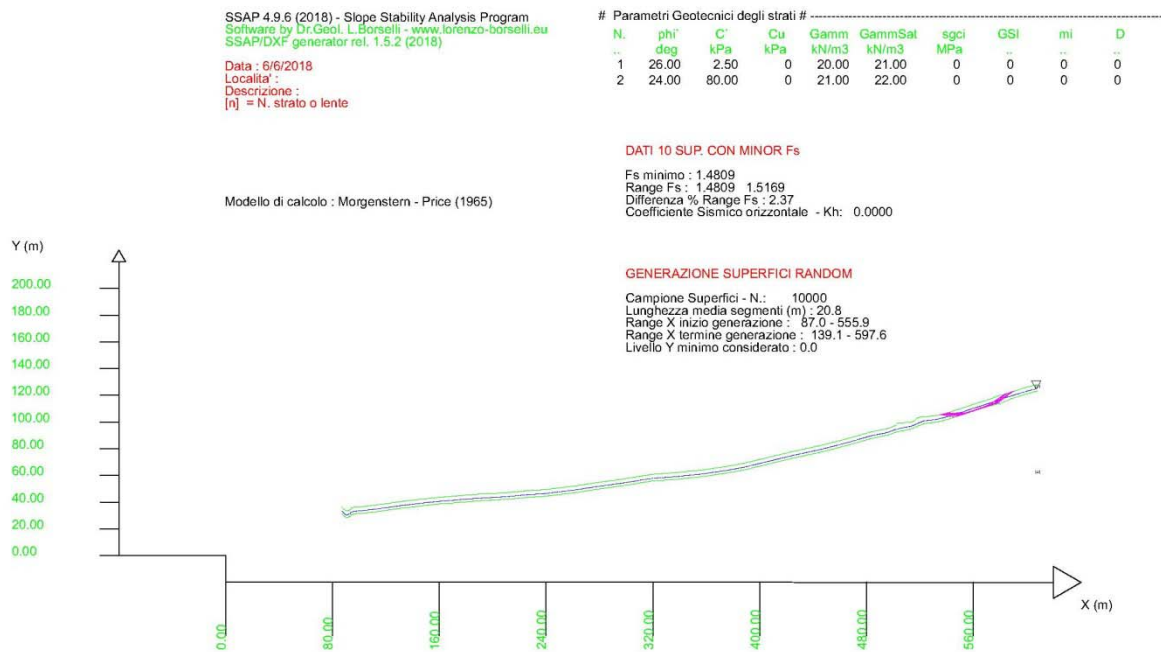


Figura 7.5/D: Sezione 1 - Situazione di progetto: Falda -3.0 m – Assenza sisma

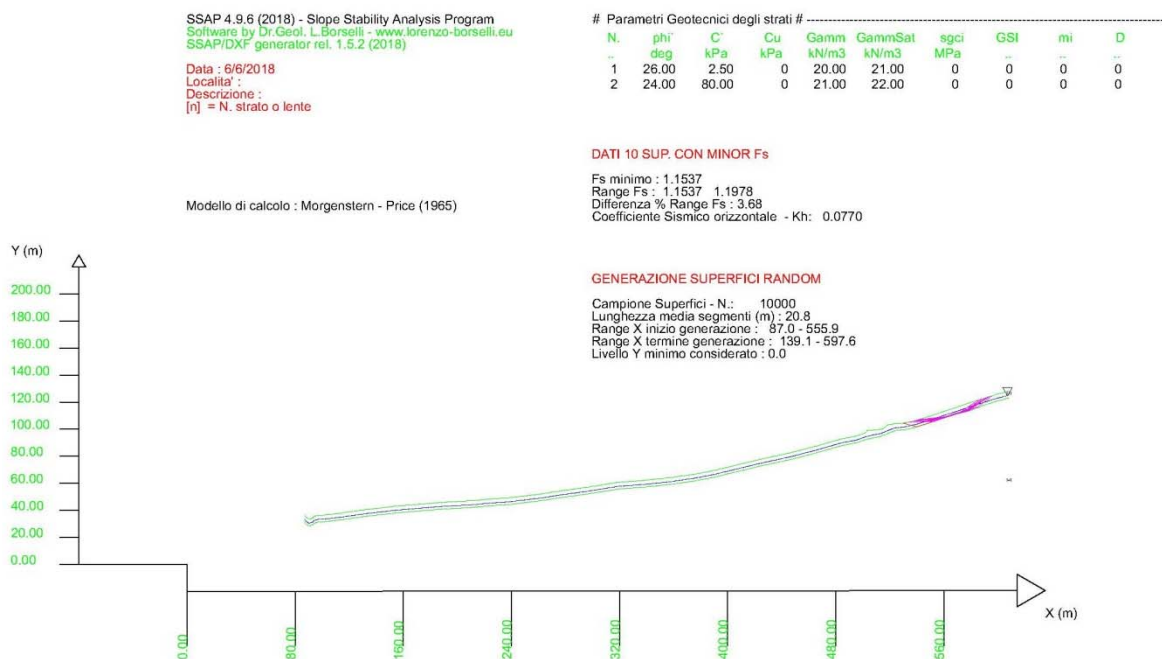


Figura 7.5/E: Sezione 1 - Condizioni progetto: Falda -3.0 m – Presenza sisma

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche SPC. LA-E-83030		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 55 di 60	Rev. 0

7.5.4 **Analisi dei risultati e Verifica tecnica di compatibilità**

Dall'esame dei dati delle verifiche di stabilità del versante, riportati schematicamente nelle sezioni del paragrafo precedente, è possibile formulare le seguenti considerazioni.

Le caratteristiche stratigrafiche della parte basale del versante evidenziano la presenza di una coltre di copertura colluviale limoso-argillosa, di circa 5 m di spessore, a bassa consistenza per cui si è ipotizzato che sia questa la parte potenzialmente instabile.

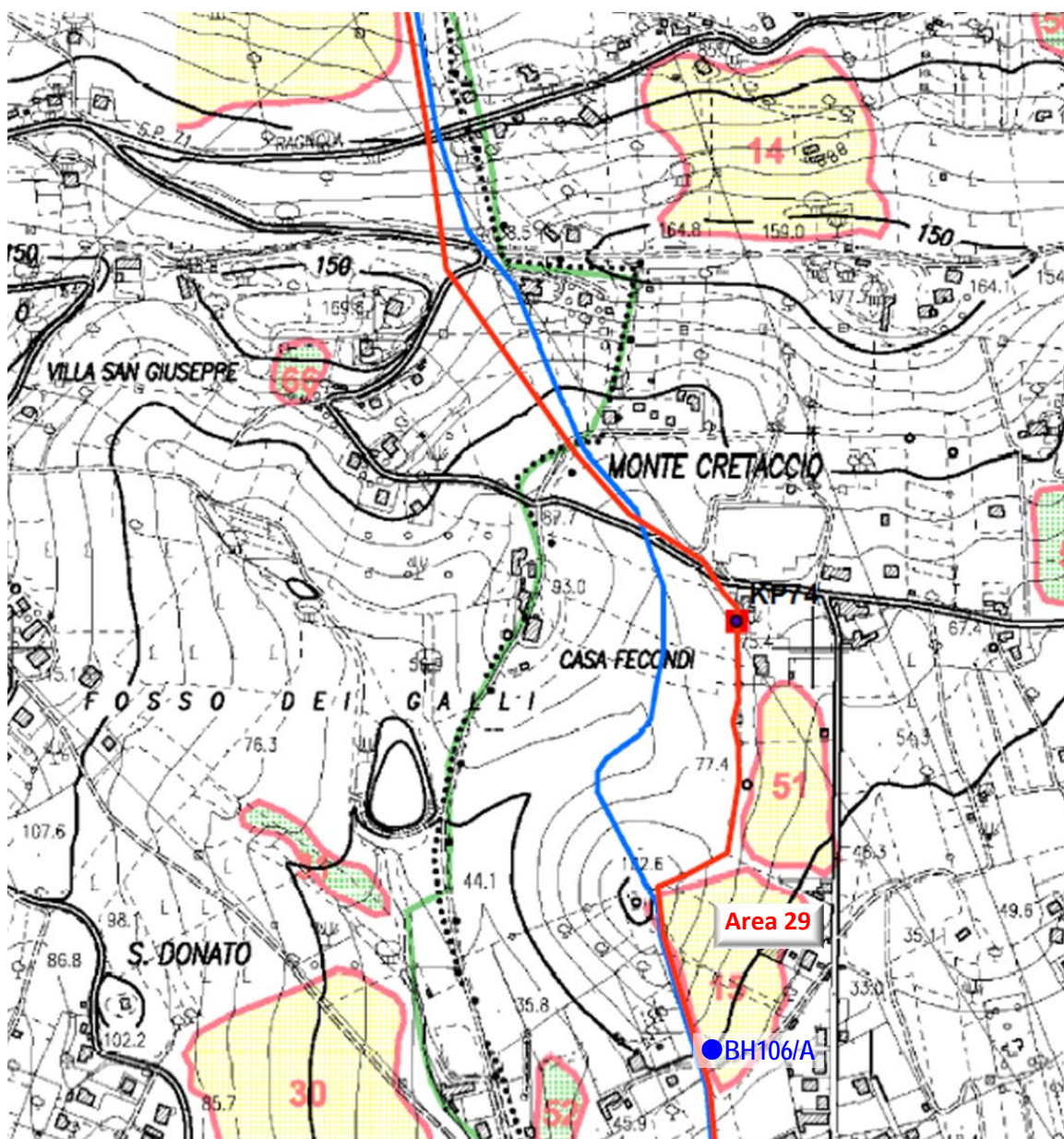
Nella situazione attuale (falda assente) il pendio, in condizioni statiche presenta valori minimi del fattore di sicurezza $F_s > 1.716$ (Figura 7.5/B) mentre in caso di sollecitazioni sismiche si hanno valori del fattore di sicurezza minimo $F_s > 1.337$ (Figura 7.5/C); tuttavia, poiché la condotta in progetto attraversa l'area classificata in frana lungo la massima pendenza, sarà prevista la realizzazione di un dreno sottocondotta, in grado di impedire che la superficie piezometrica della falda risalga a quote superiori a -3.0 m dal pc locale. Queste ipotesi progettuali fanno sì che nella situazione di progetto, anche con innalzamento della falda a -3 m dal pc, in condizioni statiche si abbiano valori di $F_s > 1.481$ ed in condizioni sismiche valori di $F_s > 1.154$ (Figura 7.5/D, Figura 7.5/E).

Per i motivi sopra esposti si ritiene che nella percorrenza dell'Area 1 - H3 dell'AdB del fiume Tronto, a pericolosità elevata, esistano le condizioni di compatibilità tra l'intervento in progetto e le condizioni di rischio esistenti.

La previsione degli interventi di drenaggio profondo e di regimazione delle acque meteoriche superficiali fa sì che non vi sia un aggravio delle condizioni di sicurezza dell'area.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83030
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 56 di 60 Rev. 0

7.6 Area 29 (15 – H3)



Area 29: 15 – H3 dell'AdB del Fiume Tronto.

— Metanodotto in progetto

— Metanodotto in dismissione

● BH Sondaggio geognostico

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche SPC. LA-E-83030		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 57 di 60	Rev. 0

7.6.1 *Descrizione dell'area*

L'area 29 classificata con Indice di Pericolosità H3 (Pericolosità elevata) è un dissesto di forma grosso modo triangolare (larghezza massima di circa 250 m, lunghezza massima di circa 200 m) situato sul versante orientale di un rilievo isolato del versante sinistro della valle del fiume Tronto, nel suo tratto terminale.

La morfologia dell'accumulo, ad acclività medio-alta (pendenza media intorno a 35-40%), è caratterizzata da profilo regolare leggermente concavo, con blande ondulazioni.

Il substrato è costituito da sequenze argilloso-marnose della Formazione delle Argille Azzurre sormontate, nella parte sommitale del rilievo collinare, da conglomerati di origine fluvio-marina di età pleistocenica (terrazzo del I ordine del fiume Tronto).

Le linee di progetto ed in dismissione, in stretto parallelismo, attraversano l'apice dell'area, per una lunghezza di qualche decina di metri.



Foto 7.6/A - Area 29: Vista da sud della discesa dal rilievo collinare, subito a ovest dell'area PAI.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 58 di 60	Rev. 0



Foto 7.6/B - Area 29: Particolare dell'attraversamento alla sommità del rilievo collinare, nella parte apicale dell'area PAI.

7.6.2 Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni

Poiché l'interferenza con l'area PAI da parte della condotta in progetto è limitata ad un tratto di poche decine di metri di lunghezza, alla sommità del rilievo collinare, che verrà peraltro attraversato mediante la realizzazione di una trivellazione con spingitubo, la ricostruzione stratigrafica è stata basata sui dati scaturiti dal rilievo dei frequenti affioramenti dei terreni alluvionali presenti in tale area.

Le evidenze morfologiche e stratigrafiche mostrano nell'area la presenza di una coltre di origine alluvionale di natura ghiaioso ciottolosa, di almeno una decina di metri di spessore.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche SPC. LA-E-83030		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 59 di 60	Rev. 0



Foto 7.6/C - Area 29: Particolare dell'affioramento dei terreni ghiaioso-ciottolosi nella parte sommitale del rilievo collinare. La trivellazione verrà impostata in corrispondenza del vertice del metanodotto che si vede in alto nella foto.



Foto 7.6/D - Area 29: Particolare dell'affioramento dei terreni ghiaioso-ciottolosi nella parte sommitale del rilievo collinare in corrispondenza della zona ove verrà realizzata la trivellazione.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche	SPC. LA-E-83030	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 60 di 60	Rev. 0

7.6.3 Considerazioni finali e Verifica tecnica di compatibilità

Il rilievo geologico-geomorfologico di dettaglio dell'area perimetrata dal PAI hanno evidenziato che l'Area 15 dell'AdB del fiume Tronto classificata con Indice di Pericolosità H3 (Pericolosità elevata) interessa il versante orientale di un rilievo isolato del versante sinistro della valle del fiume Tronto, costituito alla base dalla formazione delle Argille Azzurre e alla sommità da depositi alluvionali terrazzati antichi di natura ghiaioso-conglomeratici del fiume Tronto.

L'area di interferenza con l'area PAI da parte della condotta in progetto è limitata ad un tratto di poche decine di metri di lunghezza, alla sommità del rilievo collinare, che verrà peraltro attraversato mediante la realizzazione di una trivellazione con spingitubo, all'interno dei depositi terrazzati ghiaioso-conglomeratici.

Per questi motivi sopra esposti si ritiene che l'interferenza dell'Area 11 dell'AdB a pericolosità H3, esistano le condizioni di compatibilità tra l'intervento in progetto e le condizioni di rischio esistenti.

7.7 Interferenze della linea in dismissione con le aree PAI

Lungo la linea in dismissione, la condotta fuori esercizio sarà rimossa ripristinando, in generale, 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:

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

In aggiunta, è da evidenziare che la condotta in dismissione è generalmente posizionata sulla massima pendenza dei versanti; conseguentemente, tale configurazione non comporta scavi o allentamenti di terreno trasversali al potenziale movimento gravitativo.