PROVINCIA
DI
CUNEO

COMUNE
DI
NARZOLE

Intervento di SOSTITUZIONE TUBAZIONE ACQUEDOTTO: TRA LE FRAZ. MOTTA E MORIGLIONE (S.P. 205) VIA PEROSA VIA DIVISIONE CUNEESE

OGGETTO:

RELAZIONE GEOLOGICA

(caratterizzazione e modellazione geologica del sito – p.to 6.2.1 NTC 2018)

RELAZIONE GEOTECNICA

(indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica del sito – p.to 6.2.2 NTC 2018)

COMMITTENTE:

Tecnoedil S.p.A.
Via Vivaro, 2 - 12051 ALBA (CN)

A	FEBBRAIO 2020	Emissione	**STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA ACTIS-GIORGETTO** C.so Bra 48/3 – 12051 - Alba (CN) – Tel / Fax 0173-234019 **Professionista Incaricato**: Dott. Geol. Michele Actis-Giorgetto **Collaboratore**: Dott. Geol. Alan Menegon
rev	data	descrizione	Preparato

Documento

M_L_2020_02_13_A

RG

ORDINE GEOLOGI REGIONE PIEMONTE
MICHELE ACTIS GIORGETTO
GEOLOGO
A.P. SEZ. A
N. 300
ALBO PROFESSIONALE

INDICE

1 PREMESSA 3
2 INQUADRAMENTO URBANISTICO 6
3 LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI E GEOLOGICI 12
3.1 Inquadramento geologico 12
3.2 Inquadramento geomorfologico – Descrizione del dissesto 13
4 INDAGINE GEOGNOSTICA 17
5 MODELLO GEOLOIGICO: ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO E IDROGEOLOGICO 22
6 MODELLO GEOTECNICO (proprietà fisico-meccaniche dei terreni) 24
6.1 Sismicità 26
7 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E RACCOMANDAZIONI TECNICHE 30
ALLEGATO 1: DATI LITOSTRATIGRAFICI E UBICAZIONE 35
ALLEGATO 2: REPORT INDEGINE MASW 36

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

1 PREMESSA

Il presente lavoro costituisce la Relazione Geologica e Geotecnica a corredo della progettazione di interventi di "Sostituzione di una tubazione acquedottistica" in n°3 tratti: in via Divisione Cuneese nell'abitato di Narzole, in via Perosa (tra via Cavour e via Falcone), e lungo il tratto della S.P. 205 tra Narzole e Lequio Tanaro, tra le frazioni C.ne Motta e Moriglione.
Quest'ultimo intervento si rende necessario al fine di sostituire una tubazione "volante" posta in essere dopo l'evento alluvionale del novembre 2016, che ha interessato la zona e danneggiato irreparabilmente la preesistente tubazione posta al servizio della zona.
Le operazioni di posa della tubazione interrata avverranno nella banchina stradale (di monte).
Le operazioni in progetto sono ubicate all'interno della cartografia tecnica regionale (C.T.R. e BDTRE) sezione n° 210030 a quote comprese tra circa 260 m e 330 m s.l.m. (fig. 1-1).

Lo scopo della presente relazione è quello di definire le caratteristiche geologiche s.l., geomorfologiche, litostratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dell'area di intervento e dei suoi immediati dintorni ai fini di valutare la compatibilità delle opere con tale assetto e fornire considerazioni geologico-tecniche relativamente al progetto di realizzazione della tubazione in oggetto, con particolare riferimento al tratto lungo la S.P.205 tra Fraz. Moriglione e C.ne Motta.
Gli altri due tratti sono stati considerati solo dal punto di vista geologico, e non sotto l'aspetto geomorfologico-geotecnico in quanto si tratta di interventi ubicati in aree urbanizzate, al di sotto del manto stradale, in aree pianeggianti e non interessate da dissesti.

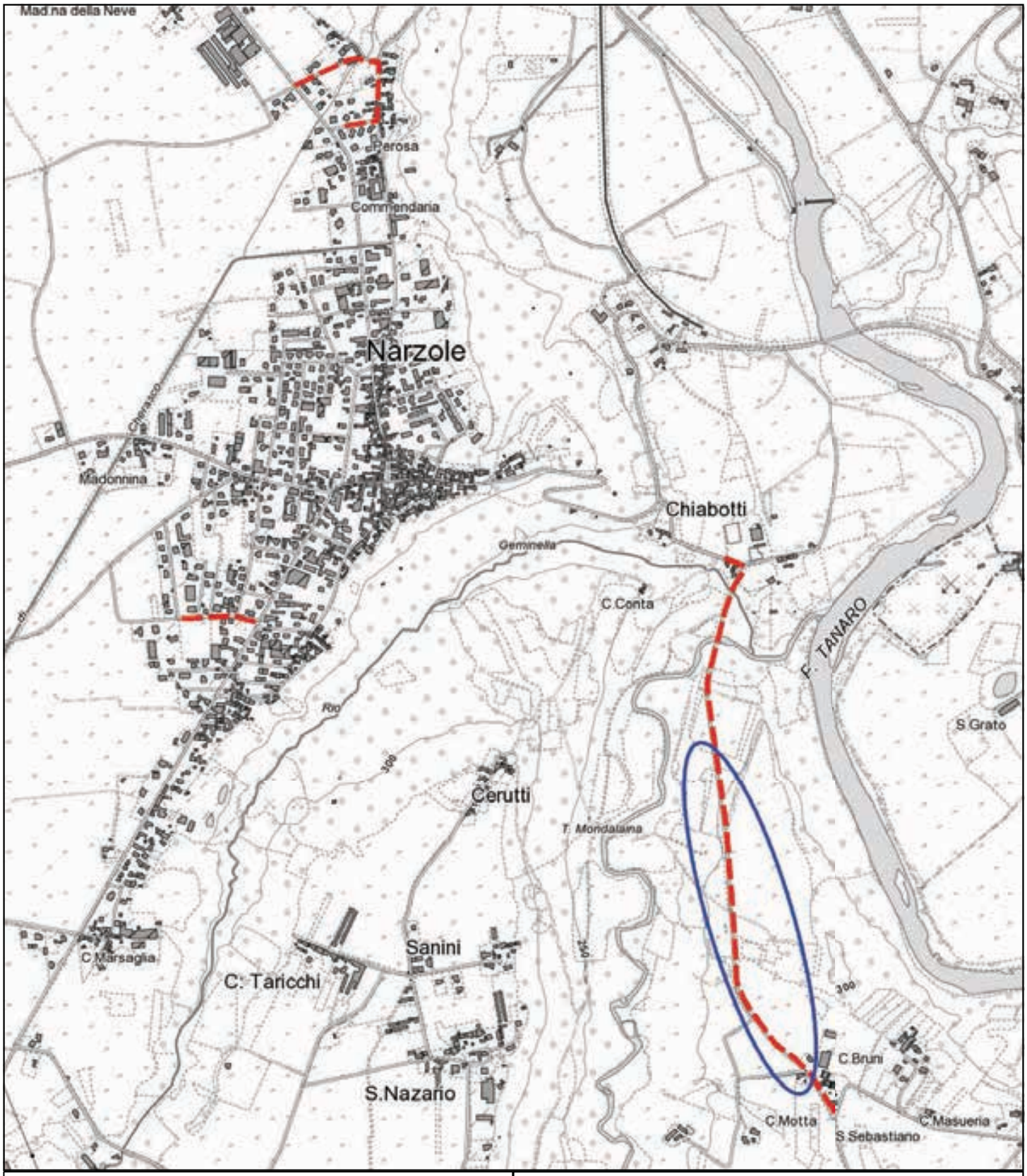
Lo studio è stato realizzato in ottemperanza e secondo quanto previsto dalle seguenti normative:

- D.M. 17/01/2018 – Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni";
- NTA dello strumento urbanistico vigente.

In particolare la presente relazione compendia al suo interno i contenuti degli elaborati così come definiti dal D.M. 17/01/2018 (c.d. NTC 2018) ai seguenti punti:

- Caratterizzazione e modellazione geologica del sito di cui al punto 6.2.1;
- Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica del sito di cui al punto 6.2.2.

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it



200 0 200 400 600 m

UBICAZIONE SU CARTOGRAFIA BDTRE

Legenda

Area di studio

Tubazioni in progetto

Area interessata dal dissesto

Titolo del lavoro			
Sostituzione tubazione acquedotto - Rel. Geologica & Geotecnica			
Committente	Codice lavoro	Base topografica	Scala di rappresentazione
TECNOEDIL SpA	M-L-2020-02-13-A	BdTRE - wms	1:15.000
Sito	Data	Scala base topografica	
Fraz. Moriglione - Narzole	Febbraio 2020	1:10.000	Figura 1-2

Per gli obiettivi dello studio sono stati esperiti sopralluoghi in situ e si sono consultati i dati bibliografici a disposizione; in particolare:

- le foto aeree del volo "Alluvione 2000", "Alluvione '94" e "Ferretti '76";
- la documentazione geologica allegata al PRGC del Comune di Narzole;
- il Foglio 80 "Cuneo" della Carta Geologica d'Italia;
- le carte tematiche prodotte dal C.S.I. Piemonte e dalla Banca Dati Geologica Regionale (BDGeo100);
- l'allegato 2 al Piano Assetto Idrogeologico (PAI);
- l'inventario fenomeni franosi d'Italia (IFFI), il Sistema Informativo Frane in Piemonte (SIFraP), la Rete Regionale di Controllo sui Movimenti Franosi (ReRCoMF).

Si è quindi effettuata un'indagine geognostica mediante la realizzazione di n° 2 prove penetrometriche dinamiche super-pesanti tipo SCPT, ed una caratterizzazione sismica dei terreni mediante indagine di tipo MASW, in corrispondenza del sito ubicato lungo la S.P. 205.

In fig. 1-1 si riporta l'ubicazione del settore in dissesto in oggetto su immagine satellitare.
In fig. 1-2 è riportata l'ubicazione delle aree in oggetto su base BDTRE in scala 1:15'000.

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

Figura 1-1 *- individuazione su immagine satellitare della tubazione in progetto con in evidenza il tratto in dissesto in corrispondenza del sito lungo la S.P. 205.*

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

2 INQUADRAMENTO URBANISTICO

In figura 2-1 sono rappresentati gli estratti dello strumento urbanistico vigente (per la parte geologica rimane valida la Variante 2004 di adeguamento al PAI). Dalla cartografia allegata si evince che gli interventi di via Div. Cuneese, via Cavour – via Falcone ricadono in Classe I, mentre l'intervento lungo la S.P. 205 ricade per la maggior parte all'interno delle *Classi IIIa1 e IIIa2* e, in minima parte, in *Classe III* (indifferenziata) e in *Classe II*.

Di seguito si riporta quanto disposto dalla NTA (art. 36) per le classi citate.
Classe I: "*Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche.*
Sono consentiti tutti gli interventi edilizi e urbanistici senza limitazione, nel rispetto delle prescrizioni del D.M. 11/03/1988, n. 47, e della Circolare P.R.G. 11/PRE del 18/05/90."

Classe II: "*Porzioni di territorio a moderata pericolosità geomorfologica, edificabili con l'adozione di moderati accorgimenti tecnici.*
Sono consentiti tutti gli interventi edilizi e urbanistici compatibili con le condizioni di moderata pericolosità che contraddistingue questa classe; saranno sempre possibili interventi di nuova edificazione e di ampliamento con verifiche locali di profondità e condizioni del substrato di fondazione.
Tutti gli interventi dovranno essere congruenti con la situazione di rischio e dovranno essere indicati in modo dettagliato gli accorgimenti tecnici atti a superare quest'ultima. Tali accorgimenti saranno esplicitati in una relazione geologica e geotecnica, sviluppata in ottemperanza del D.M. del 11/03/1988, n. 47 e "realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio" e dell'intorno circostante significativo.
Gli interventi previsti non dovranno incidere in modo negativo sulle aree limitrofe né condizionarne la propensione all'edificabilità.

Classe III (n.d.): "*Porzioni di territorio non edificate, caratterizzate da condizioni di pericolosità geomorfologica tali da impedirne l'utilizzo qualora inedificate, con l'eccezione delle aziende agricole secondo quanto indicato dalle NTA.*
Comprende aree decisamente marginali ai contesti urbanizzati, che presentano caratteri di potenziale vulnerabilità a forme di attività geomorfica legate soprattutto all'assetto morfologico ed alla fragilità dal punto di vista idrogeologico del territorio.
Si tratta di aree di norma non edificate e in generale non edificabili nelle quali vengono consentiti i seguenti interventi:

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

a) interventi idraulici e di sistemazione ambientale e dei versanti, ripristino delle opere di difesa esistenti, atti a ridurre i rischi legati alla dinamica fluvio-torrentizia e alla dinamica dei versanti;
b) relativamente agli eventuali fabbricati esistenti sono ammessi: b1) manutenzione ordinaria; b2) manutenzione straordinaria; b3) restauro e risanamento conservativo; b4) mutamento di destinazione d'uso in destinazioni a minor rischio geologico nelle quali vi sia una diminuzione del carico antropico e non ci sia la presenza stabile di persone (punto 6.3 della N.T.E. alla C.P.G.R. 7/LAP); b5) ristrutturazione edilizia e ampliamento "una-tantum" (max 20%) del volume originario per adeguamento igienico sanitario e funzionale-distributivo, realizzazione dei volumi tecnici, ampliamento delle unità abitative esistenti, dotazione di volumi pertinenziali, escludendo ai piani terra, nelle zone allagate e allagabili visualizzate sulla Tav. A3 - Carta geomorfologica e dei dissesti, la chiusura di spazi coperti delimitati da muri e pilastri che possa significativamente aumentare il rischio di vulnerabilità; b6) un modesto aumento del carico antropico solo se deriva da una più razionale fruizione degli edifici esistenti (cambi di destinazione d'uso) e solo a seguito di indagini puntuali e opere per la riduzione del rischio.
c) la realizzazione di nuove costruzioni che riguardino in senso stretto edifici per attività agricole e residenze rurali connesse alla conduzione aziendale; tali edifici devono risultare non diversamente localizzabili nell'ambito dell'azienda agricola e la loro fattibilità deve essere verificata da opportune indagini geologiche.
La fattibilità degli interventi ai punti b5 - b6 - c dovrà essere attentamente "verificata ed accertata" a seguito dell'espletamento di indagini di dettaglio, finalizzate alla valutazione dei caratteri geologici, idrogeologici e qualora necessario geotecnici facendo ricorso a indagini geognostiche, in ottemperanza della Circolare Regionale 16/URE e del D.M. 11/03/1988 e secondo quanto indicato dalla N.T.E. alla C.P.G.R. 7/LAP; tali studi dovranno contenere, nella fase esecutiva, le dettagliate prescrizioni relative alla mitigazione dei fattori di rischio presenti.
I cambi di destinazione d'uso dei volumi esistenti che comportino un aumento del rischio geologico possono avvenire per interventi non altrimenti localizzabili e comunque a seguito di adeguate indagini puntuali finalizzate a dettagliare le reali condizioni di pericolosità e ad individuare eventuali opere di riassetto che inducano la minimizzazione e o eliminazione del rischio stesso (secondo quanto indicato al punto 6.3 della N.T.E. alla C.P.G.R. 7/LAP)."

<u>Classe IIIa1 (aree a pericolosità elevata)</u>: "*Porzioni di territorio a pericolosità elevata che presentano caratteri geomorfologici e idrogeologici tali da impedirne l'utilizzo qualora inedificate (dissesti quiescenti, aree con elevata propensione al dissesto).*
Per le aree individuate nella Carta di Sintesi della Pericolosità Geomorfologica in condizioni di dissesto idraulico ed idrogeologico in classe IIIa1, sono ammessi i seguenti interventi:

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

a) interventi idraulici e di sistemazione ambientale e dei versanti, ripristino delle opere di difesa esistenti, atti a ridurre i rischi legati alla dinamica fluvio-torrentizia e alla dinamica dei versanti;
b) relativamente agli eventuali fabbricati esistenti sono ammessi: b1) manutenzione ordinaria; b2) manutenzione straordinaria; b3) restauro e risanamento conservativo; b4) mutamento di destinazione d'uso in destinazioni a minor rischio geologico nelle quali non vi sia un aumento del carico antropico e/o e la presenza stabile di persone (punto 6.3 della N.T.E. alla C.P.G.R. 7/LAP); b5) ristrutturazione edilizia e ampliamento "una-tantum" (max 20%) del volume originario per adeguamento igienico, sanitario e funzionale; realizzazione dei volumi tecnici, dotazione di opere e/o volumi pertinenziali; b6) un modesto aumento del carico antropico solo se deriva da una più razionale fruizione degli edifici esistenti e solo a seguito di indagini puntuali e opere per la riduzione del rischio; il modesto aumento di carico antropico è ammesso ove si preveda la dismissione di locali a rischio (ad esempio dismissione di piani terra e utilizzazione di piani superiori) e comunque non deve comportare un aumento della S.U.L. residenziale maggiore del 20% di quella esistente; non è ammesso l'aumento delle unità abitative esistenti; b7) l'ampliamento di infrastrutture rurali funzionali all'attività agricola in atto.
La fattibilità degli interventi ai punti b5, b6, b7, dovrà essere attentamente "verificata ed accertata" a seguito dell'espletamento di indagini di dettaglio, finalizzate alla valutazione dei caratteri geologici, idrogeologici e, qualora necessario, facendo ricorso a indagini geognostiche, in ottemperanza della Circolare Regionale 16/URE e del D.M. 11/03/1988 e secondo quanto indicato dalla N.T.E. alla C.P.G.R. 7/LAP; tali studi dovranno contenere, nella fase esecutiva, le dettagliate prescrizioni relative alla mitigazione dei fattori di rischio presenti.
Sono ammesse tutte le pratiche colturali e forestali (comprese le piste forestali) purché realizzate nel pieno rispetto dell'equilibrio idrogeologico locale, operando in modo tale da non innescare processi di dissesto.
Per le opere di interesse pubblico non altrimenti localizzabili varrà quanto previsto dall'art. 31 della L.R. 56/77."

<u>Classe IIIa2 (aree a pericolosità molto elevata)</u>: "*Porzioni di territorio non edificate caratterizzate da forme di attività geomorfologica recente o in atto (dinamica fluvio-torrentizia – dissesti) a pericolosità molto elevata, non utilizzabili a fini urbanistici.*
Fatto salvo quanto previsto all'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n.279, convertito in Legge 11 dicembre 2000, n.365, in questa classe sono esclusivamente consentiti (N.d.a. P.A.I. – art. 9):
a1) gli interventi di demolizione senza ricostruzione; a2) gli interventi di manutenzione ordinaria, degli edifici, così come definiti alle lettere a) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457; a3) gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambi di

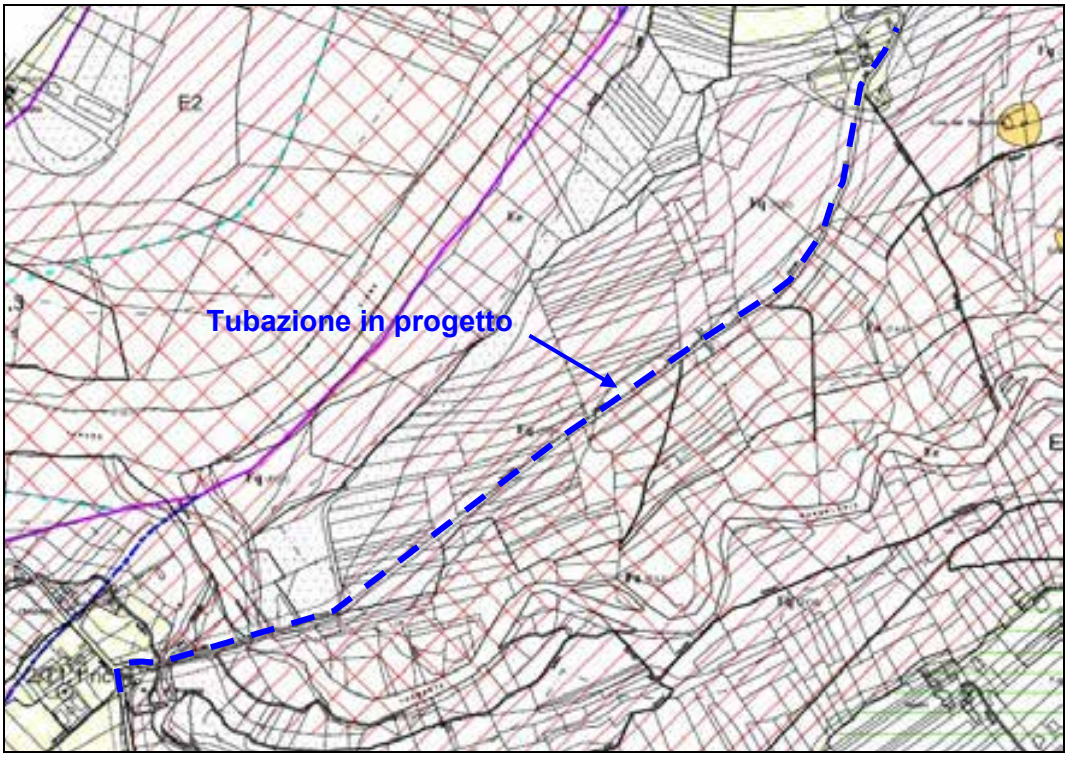
Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

destinazione d'uso che comportino un aumento del carico insediativo; a4) gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela; a5) la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti; a6) l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue; a7) l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n.22, o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D. Lgs. 22/1997/ alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dall'autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo."

Altre norme relative alle classi III (n.d.), IIIa1 e IIIa2:
"Fatto salvo quanto sopra riportato per la classe III n.d., IIIa1 e IIIa2, per le aree individuate nella Carta di Sintesi della Pericolosità Geomorfologica in condizioni di dissesto idraulico ed idrogeologico con le simbologie sotto riportate si applicano le rispettive norme PAI:
- aree classificate Fa: art. 9, comma 2, N. di A. del P.A.I.;
- aree classificate Fq: art. 9, comma 3, N. di A. del P.A.I.;
- aree classificate Ee: art. 9, comma 5, N. di A. del P.A.I.;
- aree classificate Eb: art. 9, comma 6, N. di A. del P.A.I.;
- aree classificate nella Fascia A: art. 29 commi 2 - 3 e art. 39, N. di A. del P.A.I.;
- aree classificate nella Fascia B: art. 30 commi 2 - 3 e art. 39, N. di A. del P.A.I.;
- aree classificate nella Fascia C: art. 31 commi 4 - 5, N. di A. del P.A.I.;
- aree a rischio idrogeologico molto elevato Zona 1, Zona 2, di cui all'art. 49 delle N. di A. del P.A.I.: art. 50, N. di A. del P.A.I."

Gli interventi in progetto ricadono, in parte, in area soggetta alle prescrizioni del R.D. 3267/23 (vincolo idrogeologico) – L.R. 45/89. L'intervento in progetto non necessita di specifica autorizzazione ai sensi del punto 7.3 della Circ. 3/AMB del 31.8.2018 (Reg. Piemonte).

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it



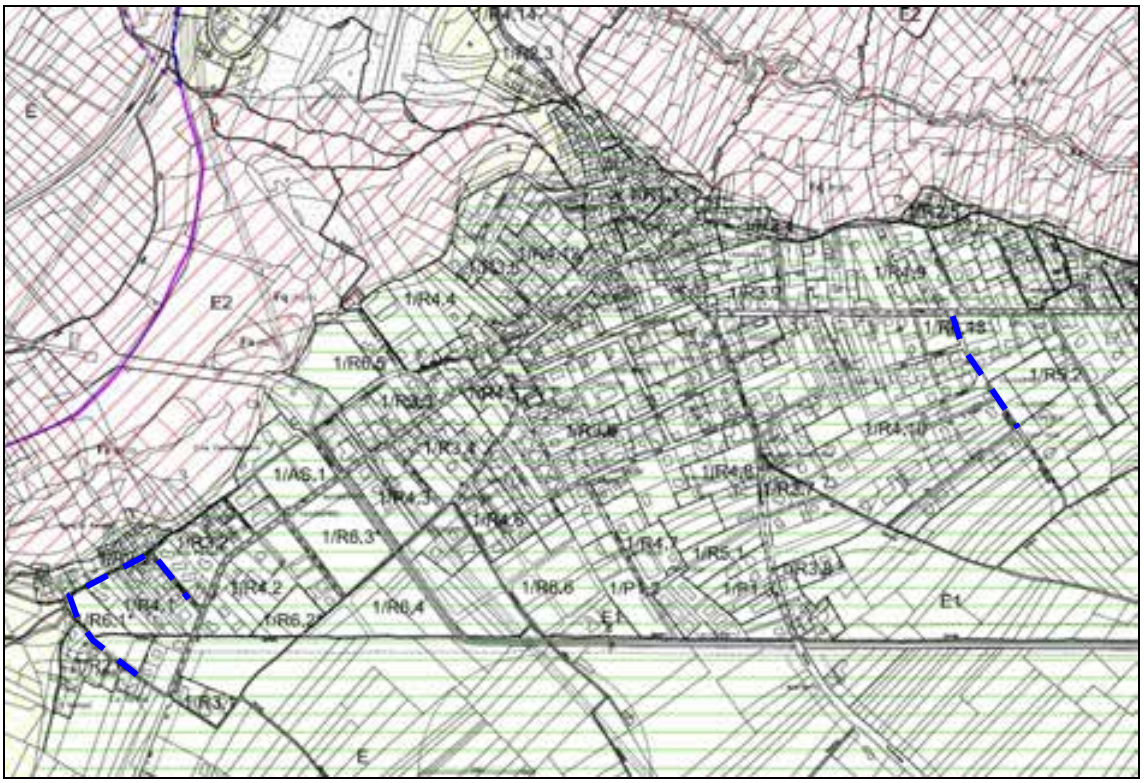
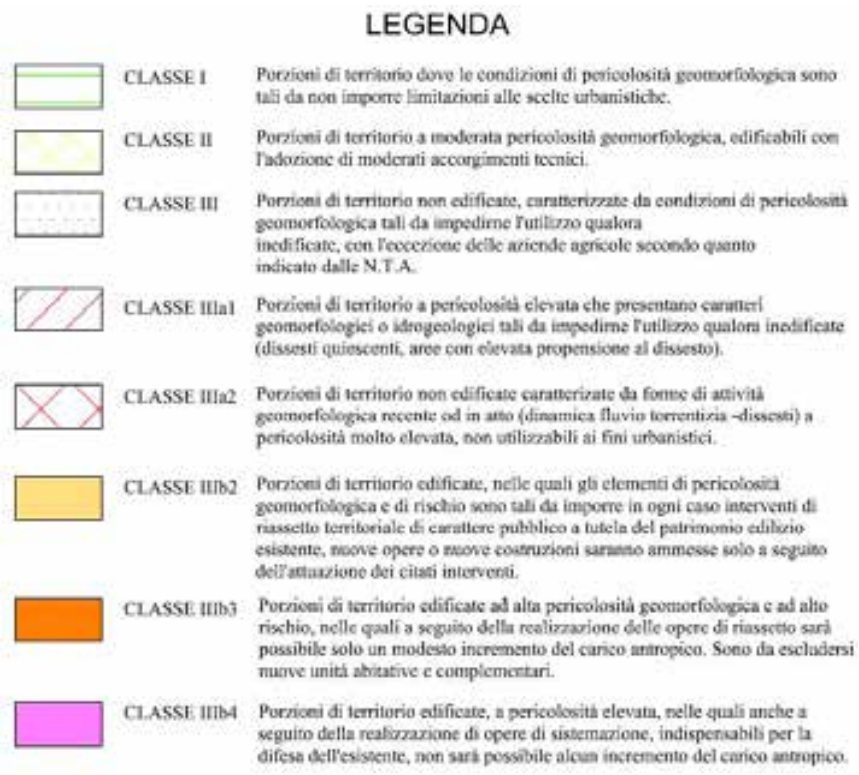


Figura 2-1: *stralci cartografici della Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica a corredo del PRG vigente del Comune di Narzole (in tratteggio blu la tubazione in progetto);*

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it



LEGENDA

CLASSE I	Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non imporre limitazioni alle scelte urbanistiche.
CLASSE II	Porzioni di territorio a moderata pericolosità geomorfologica, edificabili con l'adozione di moderati accorgimenti tecnici.
CLASSE III	Porzioni di territorio non edificate, caratterizzate da condizioni di pericolosità geomorfologica tali da impedirne l'utilizzo qualora inedificate, con l'eccezione delle aziende agricole secondo quanto indicato dalle N.T.A.
CLASSE IIIa1	Porzioni di territorio a pericolosità elevata che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici tali da impedirne l'utilizzo qualora inedificate (dissesti quiescenti, aree con elevata propensione al dissesto).
CLASSE IIIa2	Porzioni di territorio non edificate caratterizzate da forme di attività geomorfologica recente od in atto (dinamica fluvio torrentizia -dissesti) a pericolosità molto elevata, non utilizzabili ai fini urbanistici.
CLASSE IIIb2	Porzioni di territorio edificate, nelle quali gli elementi di pericolosità geomorfologica e di rischio sono tali da imporre in ogni caso interventi di riassetto territoriale di carattere pubblico a tutela del patrimonio edilizio esistente, nuove opere o nuove costruzioni saranno ammesse solo a seguito dell'attuazione dei citati interventi.
CLASSE IIIb3	Porzioni di territorio edificate ad alta pericolosità geomorfologica e ad alto rischio, nelle quali a seguito della realizzazione delle opere di riassetto sarà possibile solo un modesto incremento del carico antropico. Sono da escludersi nuove unità abitative e complementari.
CLASSE IIIb4	Porzioni di territorio edificate, a pericolosità elevata, nelle quali anche a seguito della realizzazione di opere di sistemazione, indispensabili per la difesa dell'esistente, non sarà possibile alcun incremento del carico antropico.

Figura 2-2: *estratto Legenda della Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica a corredo del PRG vigente del Comune di Narzole.*

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

3 LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI E GEOLOGICI

3.1 Inquadramento geologico

Il territorio comunale di Narzole si colloca al margine occidentale dell'area di affioramento dei terreni del **Bacino Terziario Ligure-Piemontese,** delimitato a Nord dal fiume Po, a Sud dall'arco alpino occidentale e dagli Appennini di NW, mentre per il resto è mascherato (a W) dai depositi quaternari della pianura Alessandrina ad Est e da quelli dell'Altopiano di Poirino ad Ovest.

Esso costituisce un bacino post-collisionale posto al limite tra la catena alpina e quella appenninica, sviluppatosi a partire dall'Eocene medio in una situazione geodinamica molto complessa. Secondo la classificazione di Bally et al. (1985) il Bacino Terziario Ligure-Piemontese può essere definito come episuturale; infatti esso si sviluppa in corrispondenza della zona in cui la crosta europea sovrascorre la placca insubrica.

All'interno di questo bacino si è soliti distinguere, date le caratteristiche stratigrafico-sedimentarie e l'evoluzione tettonica, la sequenza sedimentaria in due complessi (Carraro, 1994):

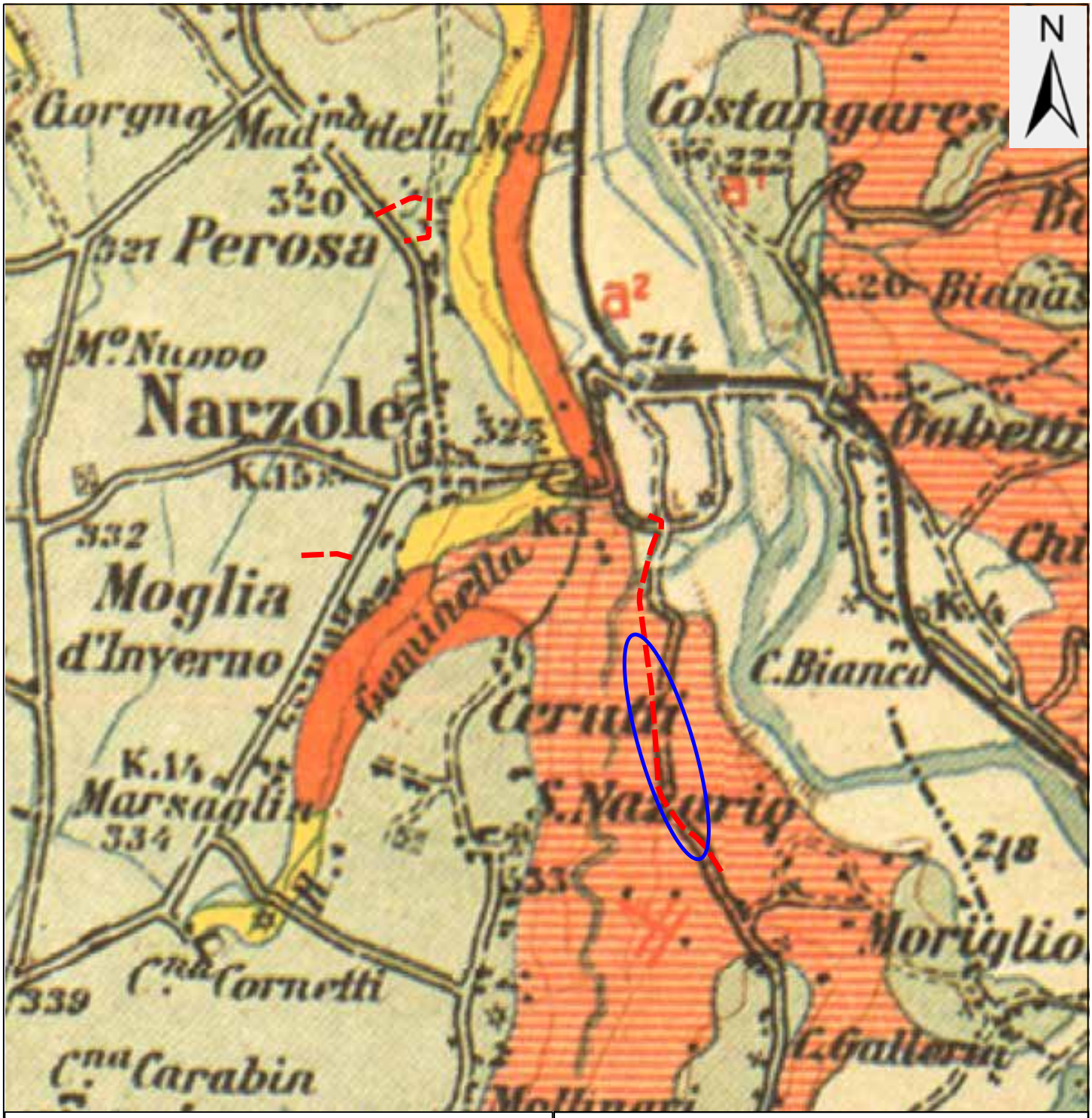
- uno stratigraficamente inferiore che costituisce in affioramento il Monferrato e la Collina di Torino (a nord) e Le Langhe (a sud);
- uno superiore, pliocenico-quaternario, che sigilla il precedente.

La parte orientale del territorio di Narzole si colloca all'interno del dominio strutturale delle Langhe, al margine occidentale di queste ultime, ove i terreni mio-pliocenici sono dissecati dall'incisione fluviale del F. Tanaro ed esse sono caratterizzate da una sequenza di potenti depositi marini oligocenico-miocenici.

L'area in esame si colloca all'interno del Foglio n°80 "Cuneo", in prossimità del Foglio n°81 "Ceva" della Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 (figura 3.1-1); in base a quanto riportato nel foglio "Cuneo" il sottosuolo è costituito dai litotipi appartenenti (probabilmente) alla Formazione delle Marne di S. Agata Fossili, per quanto concerne l'intervento lungo la S.P. 205, mentre gli interventi di Narzole e di Perosa sono ubicati in corrispondenza dei depositi alluvionali antichi.

Si tratta di "Marne e marne argilloso-siltose grigie, talora azzurrognole, grigio-biancastre in superficie, plastiche e omogenee (TORTONIANO) (M^3)" (tratta dalla definizione della Formazione data dal più recente Foglio "Ceva").

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it



CARTA GEOLOGICA - Foglio 80 CUNEO

LEGENDA

Area di studio

Area interessata dal dissesto

Tratti di tubazione in progetto

Olocene

Alluvioni sabbioso - ghiaioso - ciottolose recenti *(Alluvium)*.

Detriti di falda.

Alluvioni sabbioso - ghiaioso - ciottolose dei piani terrazzati *(Alluvium-Terrazziano)*.

Morene würmiane, post-würmiane e recenti.

Lenti e zone gessifere ($m^4 s$) tra i depositi maremmani a Melanopsis narzolina, Neritina, Dreissensia, ecc *(Messiniano)*.

Marne marine grigie, talora sabbiose, qua e là fossilifere *(Tortoniano)*.

Titolo del lavoro			
Sostituzione tubazione acquedotto - Rel. Geologica & Geotecnica			
Committente	Codice lavoro	Base topografica	Scala di rappresentazione
TECNOEDIL SpA	M-L-2020-02-13-A	Foglio 69 della C.G.I.	1:25.000
Sito	Data	Scala base topografica	
Fraz. Moriglione - Narzole	Febbraio 2020	1:100.000	Figura 3.1-1

Sono formate da marne, marna argillose, localmente siltose o sabbiose, grigie con tonalità verdine, azzurre e nocciola, grigio-biancastre in superficie, omogenea, talora ad elevato grado di plasticità.
Le Marne di S. Agata Fossili corrispondono probabilmente al prevalere di condizioni normali di sedimentazione; dovrebbe trattarsi di sedimenti di mare sottile preludenti ai depositi a circolazione ristretta del Miocene Superiore.
Le Marne di S. Agata F. sono comprese tra le Arenarie di Diano d'Alba al tetto e la Formazione di Lequio alla base; il contatto con le prime è piuttosto netto, il passaggio alla seconda è invece graduale.

I depositi alluvionali antichi (a^1) sono così definiti: "Alluvioni sabbioso-ghiaioso-ciottolose dei piani terrazzati", sono riferite all'Olocene inferiore, e rappresentano il livello fondamentale della pianura cuneese.

3.2 Inquadramento geomorfologico – Descrizione del dissesto

Le aree degli interventi di loc. Perosa e di via Div. Cuneese non sono interessati da problematiche di tipo geomorfologico, e sono ubicati in aree pianeggianti in aree antropizzate (contesto urbano).

Per quanto concerne invece l'intervento lungo la S.P. 205, l'area in esame si colloca in un settore collinare nell'ambito della profonda incisione del F. Tanaro e dei suoi tributari, che borda verso Est il settore dei cosiddetti "altopiani" di Cherasco-Narzole-Bene Vagienna, la propaggine orientale della Pianura Piemontese meridionale, ricompresa tra le profonde incisioni della Stura di Demonte a Ovest e del F. Tanaro a Est.
L'abitato di Narzole è situato sul margine orientale di tale settore, in corrispondenza del versante sinistro dell'incisione del F. Tanaro e dei suoi tributari di sinistra, il T. Mondalavia (indicato come "Mondalaina" sulla cartografia BDTRE) e il R. Geminella.
Il rilievo collinare su cui si trova in particolare l'area in dissesto considerata si trova ad una distanza compresa tra circa 1 km e 2 km verso Est – Sudest dal concentrico di Narzole, nel settore compreso tra il T. Geminella e il F. Tanaro.
Il settore indagato è rappresentato da un settore collinare impostato nei terreni delle Marne di Sant'Agata Fossili (indicate come Tortoniano dal F. Cuneo della C.G.I.), presumibilmente con copertura di depositi alluvionali terrazzati del F. Tanaro e dei suoi affluenti; il pendio in oggetto ha localmente una pendenza di circa compresa tra 5° e 10°, con morfologia debolmente ondulata, con esposizione media verso Ovest.
Il tratto di viabilità dissestato ha orientazione NNW-SSE, attraversa il versante trasversalmente ed è impostata su un terrapieno con altezza compresa tra 2 m e 4-5 m circa.

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

In fig. 3.2-1 si propone una carta geomorfologica nella quale sono rappresentati i dati delle seguenti banche dati geologiche in corrispondenza del sito lungo la S.P. 205:

- la cartografia BDGeo100 (C.S.I.) in scala 1:100.000 disponibile presso la Direzione Tecnica dei Servizi di Prevenzione Territoriale della Regione Piemonte;
- la cartografia degli scivolamenti planari delle Langhe del 1994, scala 1:10.000;
- gli elaborati cartografici dell'allegato 2 del Piano Assetto Idrogeologico;
- cartografia dell'I.F.F.I./S.I.Fra.P. Inventario Fenomeni Franosi d'Italia - Sistema Informativo dei fenomeni Franosi in Piemonte.

Tra le banche dati consultate, nel settore di versante oggetto di interesse sono individuati estesi fenomeni gravitativi, con la sola esclusione del settore a Nord del ponte sul T. Mondalavia e in prossimità di C.na Motta, a Sud.
In particolare, tutto il versante è interessato da un vasto dissesto indicato come "Settore CARG" dalla banca dati SIFraP; la tipologia del fenomeno e di due riattivazioni segnalate nel settore inferiore del versante con movimento di tipologia "Scivolamento rotazionale/traslativo"; la banca dati PAI (aggiornata con i PRG vigenti post-adeguamento al PAI) segnala un esteso fenomeno gravitativo con stato di attività "Quiescente" nella fascia superiore del versante e "Attivo" nella fascia inferiore (ovest); anche la banca dati regionale BDGeo100 segnala n°2 settori di frana "attiva" che interessano il tracciato della viabile.

Anche la Carta Geomorfologica e dei dissesti a corredo del PRG di Narzole individua estesi fenomeni di disseto in corrispondenza del sito in esame (suddivisi in aree Fa – frana attiva e Fq – frana quiescente; cfr. stralcio della Carta di Sintesi in fig. 2-1).

In corrispondenza dell'ampia curva della S.P. 205 (tratto di tubazione meridionale) ben visibile dalle cartografie ed evidenziato in Fig. 1-2, in occasione dell'evento alluvionale del novembre 2016 si è verificata una riattivazione parziale del vasto fenomeno franoso descritto, che ha comportato tra l'altro la mobilizzazione della viabilità (cfr. Fig. 2.1-2) la sede stradale è stata quindi fratturata e dislocata, con movimento ortogonale alla direzione della viabilità, e la conseguente rottura della tubazione acquedottistica preesistente.

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

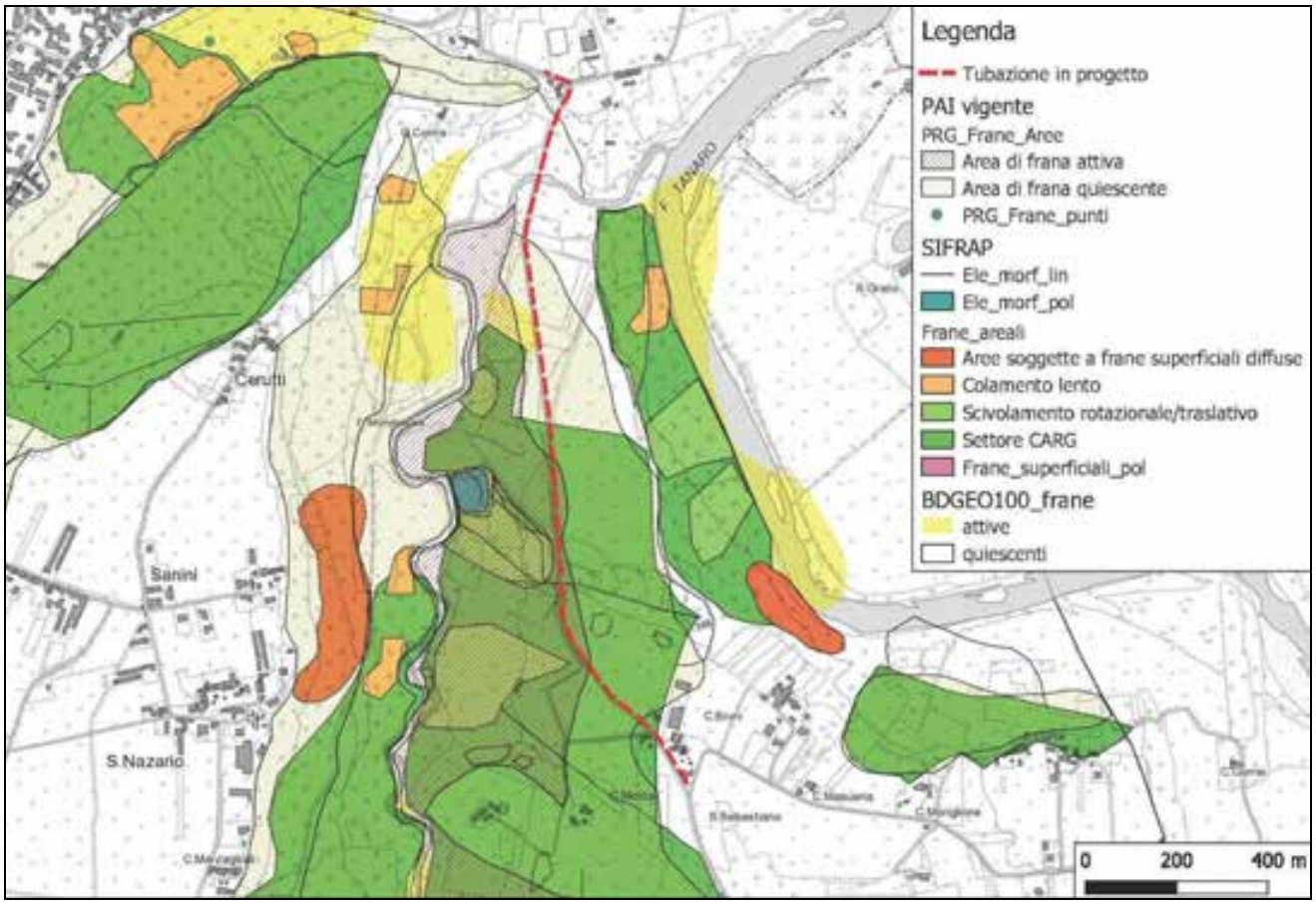


Figura 3.2-1 *– Cartografia geomorfologica con le Banche Dati IFFI/FIFRAP, BDGeo100, Alluvione 1994, PAI-PRG e relativa Legenda.*

Si segnala che tutto il tratto della S.P. 205 interessato dai dissesti segnalati in fig. 2.1-1 risulta interessato da danneggiamenti più o meno persistenti conseguenti all'attività franosa, con presenza diffusa di avvallamenti e fratture nella sede viabile, ma di entità comunque inferiore al tratto di cui sopra e illustrato nella fotografia in fig. 3.2-2 e nell'immagine satellitare panoramica tratta da GoogleEarth in fig. 3.2-3. In questo tratto, considerato in "Frana attiva" dagli elaborati geologici-geomorfologici del PRG e dalle varie banche dati consultate, si sono verificate ripetute riattivazioni del movimento che hanno comportato dislocazioni verso WSW dell'intera sede stradale e del relativo terrapieno. Non è evidente una vera e propria nicchia di distacco o una zona di coronamento del dissesto, presumibilmente mascherato dalle attività agricole perpetrate nel campo posto a monte.

Come si evince dall'indagine geognostica riportata nei paragrafi successivi, le superfici di scivolamento potrebbero essere individuabili a diverse profondità (cfr. prova SCPT n°1): circa 3 m, tra 5 m e 7 m, e tra 12 m e 13 m di profondità.

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

Figura 3.2-2 *– Ripresa fotografica del tratto dissestato (vista da Nord) con evidenti riasfaltature in corrispondenza dei tratti dislocati (le frecce mostrano la direzione del movimento franoso).*

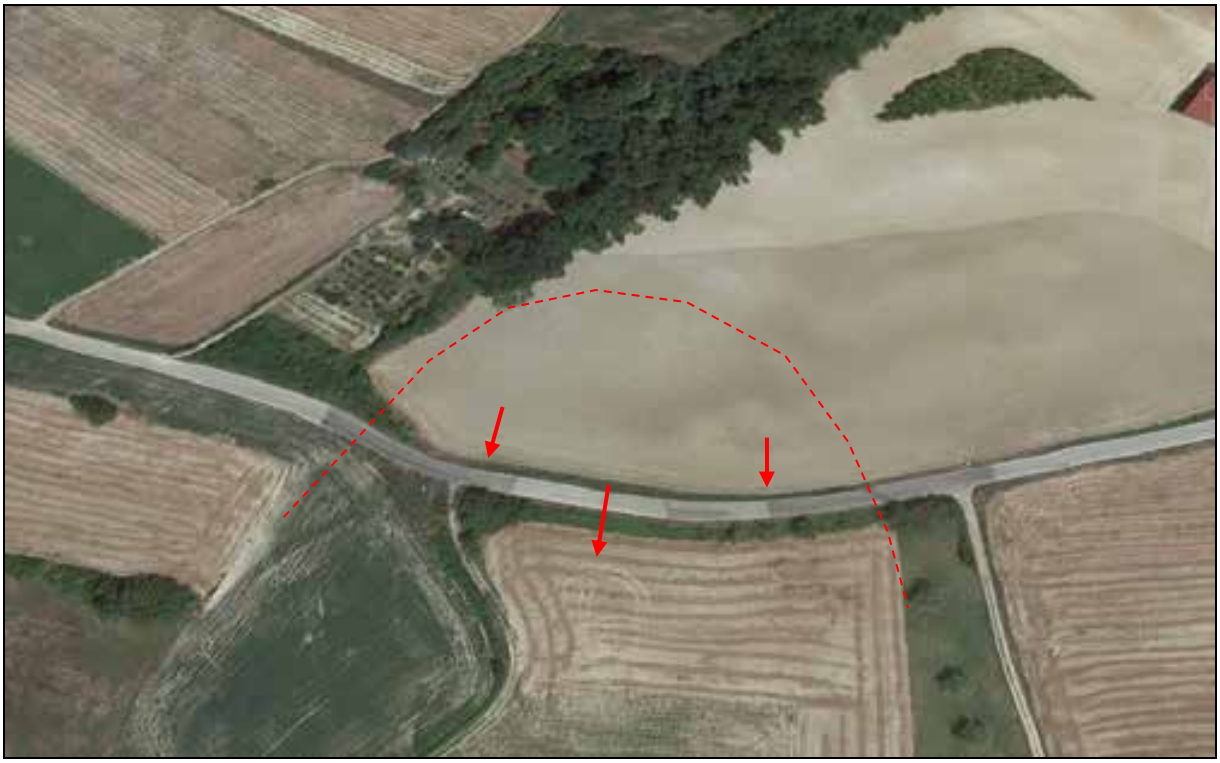


Figura 3.2-3: *ripresa panoramica da immagini satellitari tratta da GoogleEarth in cui si evidenzia la probabile nicchia di distacco e la direzione di movimento del dissesto descritto.*

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

4 INDAGINE GEOGNOSTICA

Al fine di definire l'assetto litostratigrafico e le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti nell'area in esame (con specifico riferimento all'intervento lungo la S.P. 205 tra loc. Moriglione e C.ne Motta) si è effettuata, in data 18/02/2020 una caratterizzazione diretta dell'area mediante la realizzazione di un'indagine geognostica costituita da n° 2 prove penetrometriche dinamiche realizzate con penetrometro dinamico superpesante DPSH modello Pagani TG 63/100 in configurazione ISSMFE.
Le prove sono state approfondite fino all'approssimarsi del rifiuto all'infissione determinato, verosimilmente, dalla presenza di litotipi duri marnosi.

In data 18/02/2019 è stata inoltre realizzata, in corrispondenza del sito in oggetto, una caratterizzazione sismica del sottosuolo mediante n°1 stendimento MASW eseguito in nel settore a monte della S.P. 205, interposto tra le due prove DPSH realizzate.

DATI TECNICI		
Motore	Tipo	Benzina; 2 cil.; V
	Potenza [HP (kW) - RPM]	16 (12) - 3600
	Raffreddamento	Aria
Traslazione	Cingolato a trasmissione idrostatica	Cingolato Gommato
	Velocità di traslazione [km/h]	0 ÷ 1.8
	Pendenza Max %	25
Pompa Idraulica	Numero di Pompe	2
	Max. pressione operativa [bar]	245
Stabilizzatori	Numero	3
	Tipo	Idraulico

Caratteristiche dell'attrezzatura penetrometrica

La prova consiste nel far cadere un maglio, del peso di 63.5 kg, da un'altezza di 750 mm su una testa di battuta fissata alla sommità della batteria di aste alla cui estremità è fissata una punta conica con angolo di apertura di 90° e diametro di 51 mm normalizzata. Il numero di colpi per ottenere la penetrazione della punta nel terreno di 30 cm è assunto come indice della resistenza alla penetrazione. La prova consente di determinare sulla base di dati di letteratura, le caratteristiche meccaniche del terreno tramite correlazioni con la resistenza che questo oppone alla penetrazione. Preventivamente risulta necessario trasformare i valori di N_{30} in N_{spt}, utilizzando la seguente relazione empirica $N_{spt} = N_{30}$.

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

MASW:

In data 18/02/2020 si è eseguita un'indagine geofisica realizzata con tecnica dell'Analisi Muticanale di Onde di Superficie (MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves) su un profilo sismico.

Si rimanda al par. 6.1 e all'export del software interpretativo per quanto riguarda i risultati e la definizione della categoria di sottosuolo.

Di seguito si riportano: la documentazione fotografica dei siti di esecuzione delle prove penetrometriche e della MASW (figura 4-1) l'ubicazione indicativa su immagine satellitare delle indagini penetrometriche e sismiche realizzate (figura 4-2) e i tabulati restitutivi di tali prove penetrometriche.

Prova DPSH n°1

Prova DPSH n°2

Indagine MASW

Figura 4-1 *- Siti di ubicazione delle prove penetrometriche eseguite*

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

Figura 4-2 *- Ubicazione delle indagini geognostiche eseguite e traccia della sezione litostratigrafica*

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

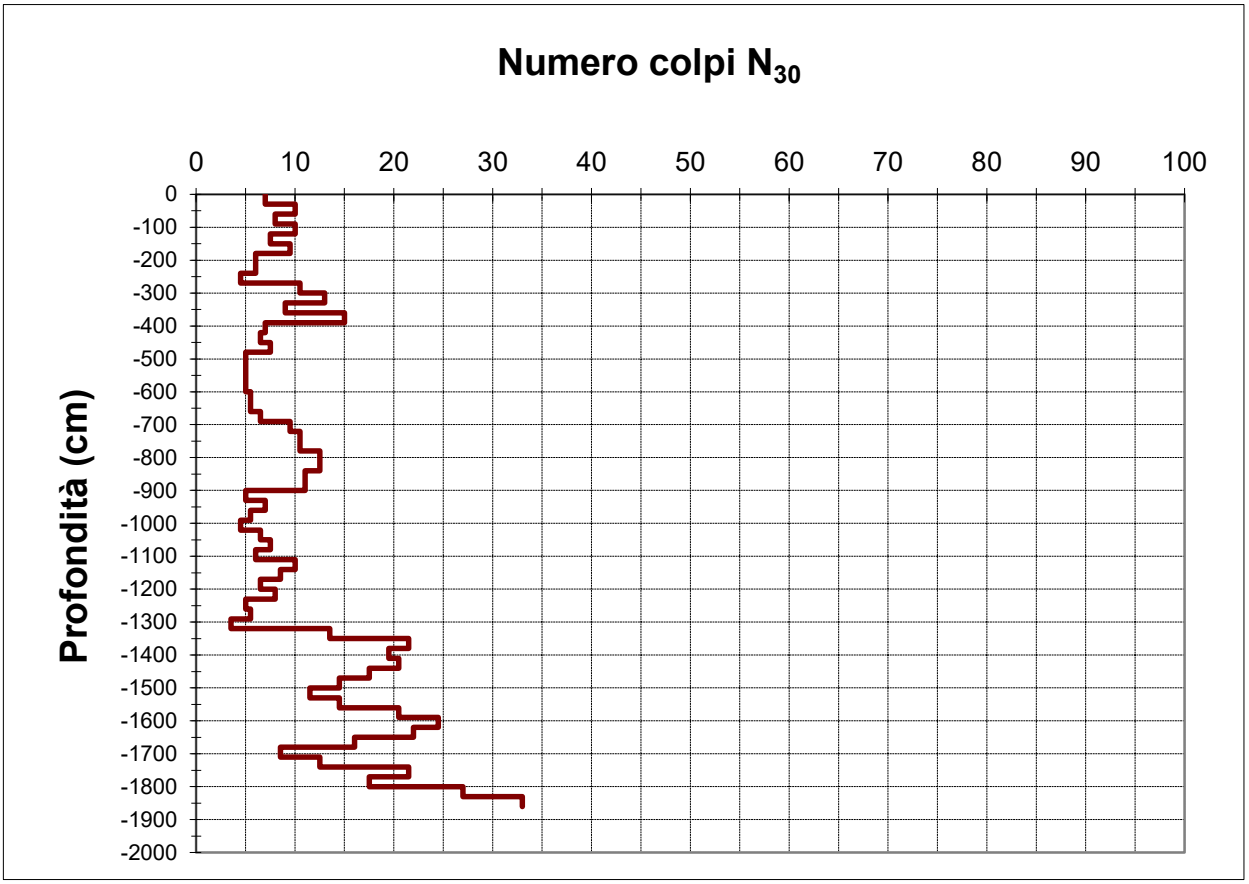
Committente : Tecnoedil SpA
Località : Narzole

Cantiere : tubazione
Data : 18/02/2020

Prova n° 1
Penetrometro dinamico tipo Pagani Tg 63/100

Livello falda alla data di esecuzione: ca.11,5 m
Quota di riferimento: p.c.

Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi
		510	5	1020	4.5	1530	11.5
30	7	540	5	1050	6.5	1560	14.5
60	10	570	5	1080	7.5	1590	20.5
90	8	600	5	1110	6	1620	24.5
120	10	630	5.5	1140	10	1650	22
150	7.5	660	5.5	1170	8.5	1680	16
180	9.5	690	6.5	1200	6.5	1710	8.5
210	6	720	9.5	1230	8	1740	12.5
240	6	750	10.5	1260	5	1770	21.5
270	4.5	780	10.5	1290	5.5	1800	17.5
300	10.5	810	12.5	1320	3.5	1830	27
330	13	840	12.5	1350	14	1860	33
360	9	870	11	1380	21.5	1890	
390	15	900	11	1410	19.5	1920	
420	7	930	5	1440	20.5	1950	
450	6.5	960	7	1470	17.5	1980	
480	7.5	990	5.5	1500	14.5	2010	



Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

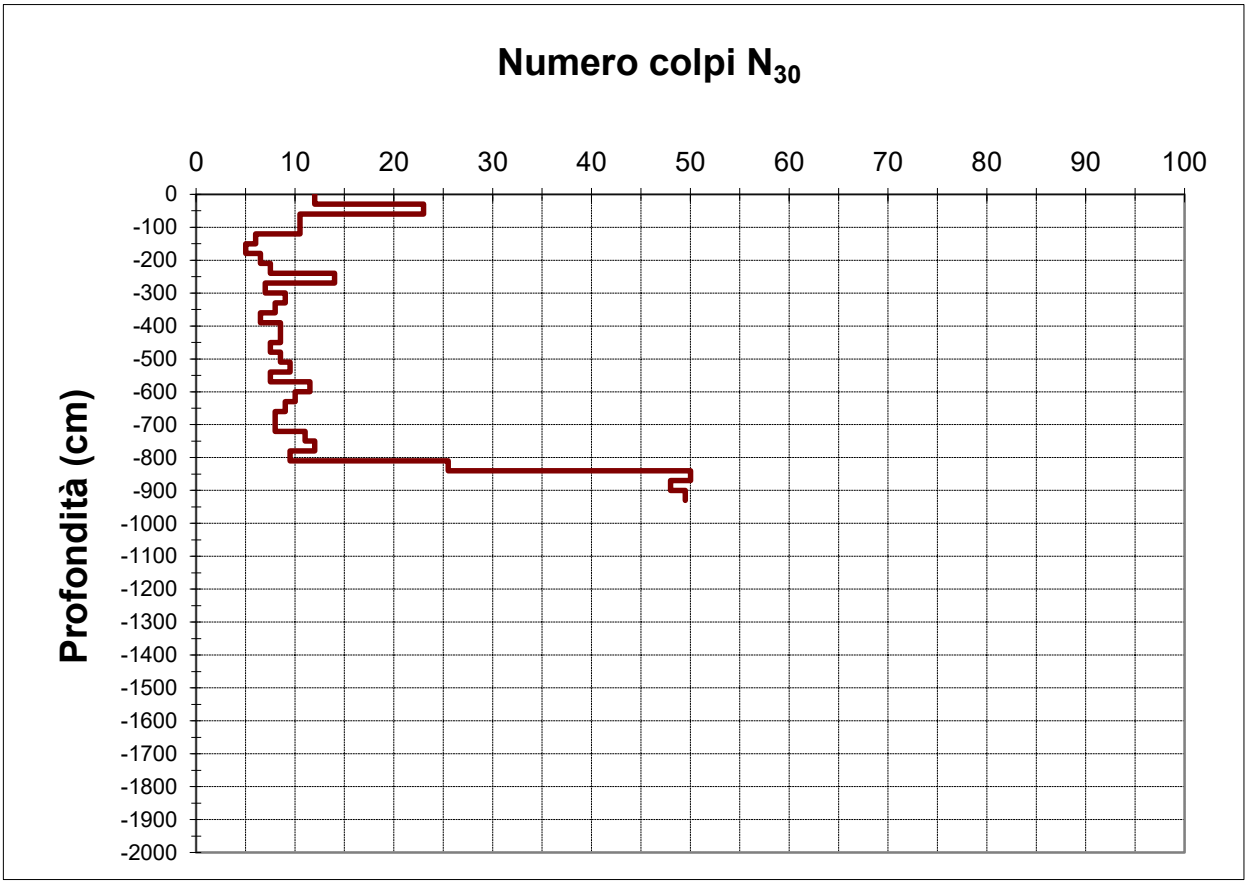
Committente : Tecnoedil SpA
Località : Narzole

Cantiere : tubazione
Data : 18/02/2020

Prova n° 1
Penetrometro dinamico tipo Pagani Tg 63/100

Livello falda alla data di esecuzione: assente
Quota di riferimento: p.c.

Quota (cm)	N° colpi		Quota (cm)	N° colpi		Quota (cm)	N° colpi		Quota (cm)	N° colpi
			510	8.5		1020			1530	
30	12		540	9.5		1050			1560	
60	23		570	7.5		1080			1590	
90	10.5		600	11.5		1110			1620	
120	10.5		630	10		1140			1650	
150	6		660	9		1170			1680	
180	5		690	8		1200			1710	
210	6.5		720	8		1230			1740	
240	7.5		750	11		1260			1770	
270	14		780	12		1290			1800	
300	7		810	9.5		1320			1830	
330	9		840	25.5		1350			1860	
360	8		870	50		1380			1890	
390	6.5		900	48		1410			1920	
420	8.5		930	49.5		1440			1950	
450	8.5		960			1470			1980	
480	7.5		990			1500			2010	



Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

5 MODELLO GEOLOIGICO: ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO E IDROGEOLOGICO

In base all'indagine geognostica realizzata e ai dati bibliografici consultati è stato possibile ricostruire un assetto litostratigrafico del sito in oggetto (con specifico riferimento all'intervento lungo la S.P. 205 tra loc. Moriglione e C.ne Motta) e proporre una modellazione geotecnica preliminare.

Il piano di esecuzione delle prove penetrometriche, corrispondente al piano di campagna di riferimento per il modello geologico e geotecnico di seguito proposti, è costituito dalla banchina stradale attigua al manto bituminoso.

L'indagine effettuata indica la presenza in superficie di materiali di riporto con alla base una sottile pellicola di depositi alluvionali terrazzati, costituiti da litotipi probabilmente sabbiosi-limosi con subordinata ghiaia e ciottoli da sciolti a mediamente addensati fino a profondità di circa 3,0-5,0 m (**Complesso 1**).

Al di sotto di tali profondità si individuano i litotipi, coinvolti dal corpo di frana, costituiti (presumibilmente) dalla coltre di alterazione dei sottostanti terreni della Formazione delle Marne di Sant'Agata Fossili alterati/rimaneggiati, che si presentano limoso-argilloso-sabbiosi da mediamente consistenti a consistenti (**Complesso 2A**) fino a profondità variabili tra ca. 7-8 m (prova DPSH 2) e ca. 9 m (prova DPSH 1); tra ca. 9 m e 13 m nella prova DPSH 1 (assenti nella prova DPSH 2) si ritrovano sabbie e sabbie limose sciolte, con presenza di acqua (**Complesso 2B**).

A profondità comprese tra ca. 7-8 m e ca. 8-9 m (prova DPSH 2) e tra ca. 13 m e ca. 18 m da p.c. (prova DPSH 1) si ritrovano litotipi della Formazione delle Marne di Sant'Agata Fossili alterati, rappresentati presumibilmente da limi argillosi e argille limose, talora debolmente sabbiosi/e da consistenti a molto consistenti (**Complesso 3A**).

A partire da profondità variabili tra ca. 8-9 m (prova DPSH 2) e ca. 18-19 da p.c. (prova DPSH 1) i litotipi delle Marne di Sant'Agata Fossili presentano un basso grado di alterazione e sono costituiti da marne argilloso-sabbiose da molto consistenti a dure (**Complesso 3B**).

Stante l'assetto geomorfologico e litostratigrafico delineato, dal punto di vista idrogeologico è possibile che si instauri una falda superficiale ospitata nella coltre detritica e nella porzione più alterata del substrato, in particolare nei litotipi sabbiosi, direttamente alimentata dalle acque meteoriche in occasione degli eventi pluviometrici più intensi: le acque meteoriche tendono a defluire superficialmente e ad infiltrarsi all'interno della coltre di alterazione, per poi scorrere all'interfaccia con i litotipi pressoché impermeabili costituiti dal substrato miocenico a basso grado di alterazione, che costituisce un acquicludo.

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

La presenza di livelli sabbioso-limosi o francamente sabbiosi può favorire i movimenti franosi in quanto, se saturati in acqua, le caratteristiche geotecniche di tali livelli decadono favorendo movimenti gravitativi di tipo scivolamento planare, dei quali costituiscono la superficie di scivolamento preferenziale.

Alla data di esecuzione delle prove penetrometriche si è riscontrata la presenza di una falda all'interno dei litotipi prevalentemente sabbiosi del Complesso 2B alla profondità di circa 11,5 m nella prova DPSH 1; non si è riscontrata la presenza di acque di falda nella verticale penetrometrica DPSH 2.

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

6 MODELLO GEOTECNICO (proprietà fisico-meccaniche dei terreni)

Si fornisce di seguito una prima caratterizzazione geotecnica dei terreni costituenti il sito in esame (con specifico riferimento all'intervento lungo la S.P. 205 tra loc. Moriglione e C.ne Motta); tale caratterizzazione (come l'assetto litostratigrafico definito in precedenza) dovrà essere puntualmente verificata (e se del caso modificata) in sede esecutiva.
Il range di valori forniti rappresenta il valore caratteristico mentre il valore minimo può essere assunto come parametro nominale.

L'indagine geognostica ha permesso di fornire la seguente caratterizzazione geotecnica dei litotipi individuati.

COMPLESSO 1 (Da 0.0 a 3,0-5,0 m di profondità) – Materiali di riporto / Depositi alluvionali
Limi sabbioso-argillosi/sabbie limose da molto sciolte a sciolte (corpo di frana.)

Numero di colpi	$N_{SPT} \approx N_{30}$ medio 5 ÷ 15
Peso di volume	γ = 1,7-1,9 t/mc
Angolo di resistenza al taglio di picco	ϕ'= 24°-28°
Angolo di resistenza al taglio residuo	ϕ'= 21°-25°
Coesione efficace	c' ≈ 0 Kg/cmq

COMPLESSO 2A (da 3,0-5,0 m fino a 7,0-9,0 m di profondità) – Coltre di alterazione / Depositi gravitativi
Limi argilloso-sabbiosi da med. consistenti a consistenti

Numero di colpi	$N_{SPT} \approx N_{30}$ = 5 ÷ 15
Peso di volume	γ = 1,7-1,9 t/mc
Angolo di resistenza al taglio di picco	ϕ'= 22°-24°
Angolo di resistenza al taglio residuo	ϕ'= 20°-22°
Coesione non drenata	Cu = 0.3-0.8 Kg/cmq
Coesione efficace	c' < 0.05 Kg/cmq

COMPLESSO 2B (DPSH 1: da ca. 9,0 m fino a ca. 13,0 m di profondità; DPSH 2: non ritrovati)
Sabbie e sabbie limose sciolte

Numero di colpi	$N_{SPT} \approx N_{30}$ = 4 ÷ 10
Peso di volume	γ = 1,7-1,8 t/mc
Angolo di resistenza al taglio di picco	ϕ'= 23°-26°
Angolo di resistenza al taglio residuo	ϕ'= 20°-23°
Coesione efficace	c' ≈ 0 Kg/cmq

COMPLESSO 3A (da 7,0-13,0 m fino a 8,0-18,0 m di profondità) - ***Litotipi Marne di S. Agata Fossili alterate***
Limi argillosi e argille limose deb. sabbiosi da consistenti a molto consistenti

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

Numero di colpi	$N_{SPT} \approx N_{10} = 10 \div 25$
Peso di volume	γ = 1,8-1,9 t/mc
Angolo di resistenza al taglio di picco	ϕ'= 24°-26°
Angolo di resistenza al taglio residuo	ϕ'= 22°-24°
Coesione non drenata	Cu = 0.8-1.5 Kg/cmq
Coesione efficace	c' = 0.05-0.1 Kg/cmq

COMPLESSO 3B (Formazione delle *Marne di S. Agata Fossili*, oltre 9,0-18,0 m di profondità)
Litotipi marnosi e marnoso-sabbiosi-argillosi da molto consistenti a duri

LITOTIPI MARNOSI

Le rocce tenere vengono così chiamate per la loro non elevata resistenza meccanica e possono essere considerate come una transizione tra terreni e rocce lapidee.

Nella letteratura geologica l'unico parametro di base per la classificazione è la compressione monoassiale ad espansione libera; facendo riferimento alla ISRM 1978 il limite tra terreni e rocce tenere è posto a 0.5 MPa.

Alcuni autori (Morgenstern e Eigenbrod 1974) propongono come criterio di distinzione tra rocce e terreni l'assunto che un terreno lasciato in acqua può disgregarsi, mentre ciò non avviene per le rocce.

Le numerose prove di compressione semplice effettuate sui litotipi marnosi in esame indicano che essi sono da considerare rocce tenere secondo la classificazione ISRM, ma la loro caratteristica fondamentale è il fatto che essi siano deteriorabili in presenza di acqua a causa della elevata percentuale di minerali argillosi presenti; infatti, molto spesso si possono determinare processi di rigonfiamento e si possono determinare marcate e rapide degradazioni in funzione di variazioni climatiche (temperatura ed umidità).

La pubblicazione: "Le marne oligo-mioceniche delle Langhe: classificazione geotecnica preliminare", indica valori dei parametri di resistenza al taglio (di picco) per litotipi marnosi anche della Formazione delle Marne di S. Agata Fossili ottenuti sia da prove di taglio diretto sia da prove triassiali CD e CIU:

Prove triassiali drenate

c' = 0.27 Kg/cmq

ϕ '= 30.54°

Prove di taglio diretto

c' = 0.10 Kg/cmq

ϕ '= 34.6°

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

Sulla base di esperienze acquisite in siti caratterizzati da litotipi analoghi, si presuppongono valori di Cu ≥ 4 kg/cmq

LITOTIPI ARENACEI

Su tali litotipi sono stati eseguiti in contesti simili a quello in studio, rilievi strutturali speditivi applicando il metodo di Robertson, ovvero valutando l'indice SRMR (slope rock mass rating):

SRMR = A1+A2+A3+A4

dove A1 è la resistenza della roccia intatta, A2 l'RQD (determinato con il metodo di Barton), A3 la spaziatura delle discontinuità e A4 le condizioni delle discontinuità.

Il valore dell'indice individuato rientra nella classe IVb per la quale l'autore propone:

c' = 0.5 – 0.72 Kg/cmq

ϕ '= 30°-34°

Cu > 2 Kg/cmq.

Il range di valori fornito indica il valore caratteristico del parametro; il valore minimo fornito può essere utilizzato come parametro nominale.

6.1 Sismicità

L'Ordinanza P.C.M. n ° 3519 del 28/04/2006 riferita a sua volta all'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20/03/03, come aggiornata con D.G.R. n. 6 – 887 del 30.12.2019, classifica il Comune di Narzole in Zona sismica 4.

Le NTC 2008 hanno introdotto il sisma di progetto per ogni punto del territorio nazionale trattando il sisma per ogni punto di riferimento come una variabile aleatoria.

Ai fini della definizione della risposta sismica locale prodromica alla definizione da parte del progettista della azione sismica di progetto si evidenzia che per la definizione della Categoria di sottosuolo la norma in vigore (NTC 2018) modifica in parte quanto stabilito dalle precedenti NTC 2008: qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S.

Le NTC 2018 prevedono l'esecuzione di indagini di vario tipo per la definizione del parametro V_S (Prove down e cross hole, MASW, SASW, dilatometro sismico DMTS, Sismica passiva (es. Tromino®), correlazioni di comprovata affidabilità con prove penetrometriche dinamiche o statiche, ecc.).

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Dove H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo H=30.

Nel caso in esame si considerano i risultati di un'indagine tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) costituita da n°1 stendimento sismico realizzata circa 450-400 m a SE, nel fondovalle in esame in area ad analogo contesto geologico-geomorfologico ove localizzata la Cabine Remi gestita da Reti Metano Territorio S.r.l.; indagine realizzata in data 04/10/2018 a corredo del progetto di verifica del sistema fondazionale della struttura.
I risultati ottenuti permettono di determinare il profilo di velocità delle onde S, riportato in seguito, per la sezione analizzata. Il computo del parametro Vs,eq, secondo le NTC 2018 è calcolato utilizzando la formula di cui sopra.
Nel caso in oggetto, poiché non sono stati individuati terreni con $V_S \geq 800$ m/s, la profondità di riferimento H è posta pari a 30 m ($V_{S,eq} \approx V_{S,30}$).

Si riporta di seguito una sintesi dei risultati dell'indagine sismica sito-specifica svolta:

MASW:

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]	h/Vs
1	0,0	0,50	131	0,0038
2	0,5	0,72	132	0,0054
3	1,2	1,01	140	0,0072
4	2,2	1,33	167	0,0079
5	3,5	2,98	183	0,0163
6	6,5	2,42	226	0,0107
7	8,9	1,68	397	0,0042
8	10,6	7,48	580	0,0129
9	18,1	8,79	558	0,0157
10	30,0	-	532	-

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

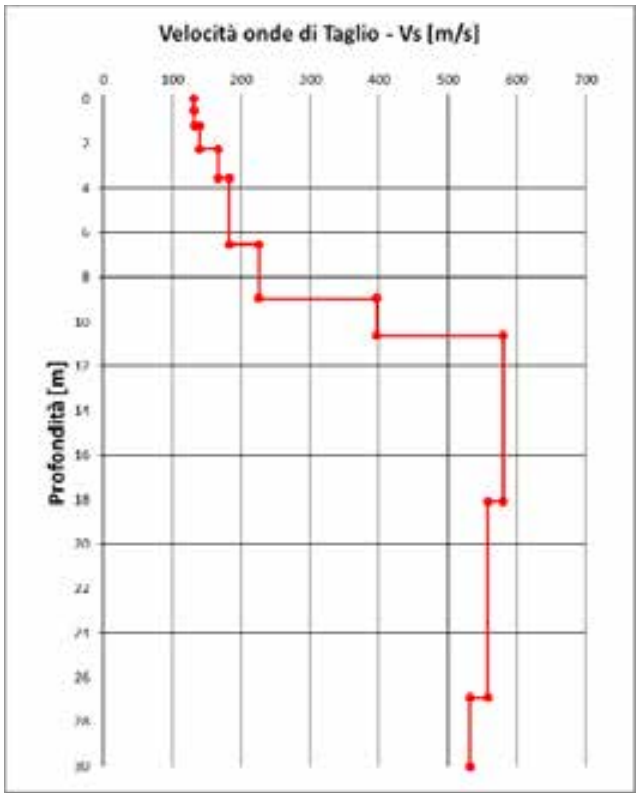
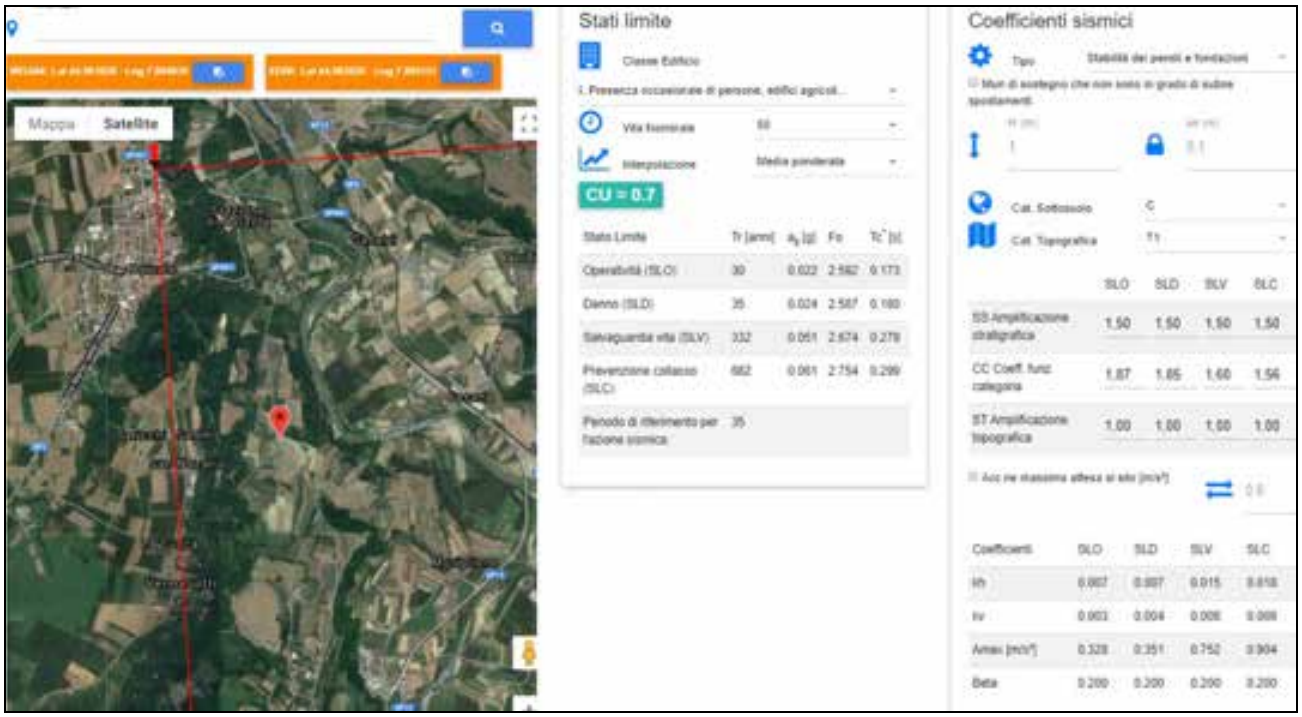


Fig. 7-1: Profili di velocità Vs,eq delle onde di taglio orizzontali (nel caso in esame H = 30 m)

La $\mathbf{V_{S,eq}}$ calcolata è di **356 m/s**. Facendo riferimento all'approccio semplificato ai sensi del paragrafo 3.2.2 del D.M. 17/01/2018, per il sito in esame si può usare la **categoria C**: "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiore a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 e 360 m/s*".

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it



Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* 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	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, 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	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* 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	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, 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	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

La categoria topografica ai sensi del punto 3.2.2 NTC 2008 è la T1 (pendio con inclinazione media < 15°):

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

Tali informazioni, nel caso in cui la progettazione fosse basata sulle NTC 2018, potranno essere utilizzate per la definizione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica SS e CC a partire dalla pericolosità sismica di base in riferimento alle diverse probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

7 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E RACCOMANDAZIONI TECNICHE

Il presente lavoro costituisce la Relazione Geologica e Geotecnica a corredo della progettazione di interventi di "Sostituzione di una tubazione acquedottistica" in n°3 tratti: in via Divisione Cuneese nell'abitato di Narzole, tra via Cavour e via Falcone in via Perosa, e lungo il tratto della S.P. 205 Narzole – Lequio Tanaro, tra le frazioni C.ne Motta e Moriglione.
Quest'ultimo intervento si rende necessario al fine di sostituire una tubazione "volante" posta in essere dopo l'evento alluvionale del novembre 2016, che ha interessato la zona e danneggiato irreparabilmente la preesistente tubazione posta al servizio della zona. Le operazioni in progetto saranno realizzate nella banchina stradale della S.P. 205 da Narzole a Lequio Tanaro.

Per quanto concerne gli interventi di via Cavour – via Flacone presso loc. Perosa e di via Divisione Cuneese presso il concentrico di Narzole, essi non presentano problematiche di tipo geologico-geomorfologico o realizzativo, si trovano in Classe I di pericolosità geomorfologica e non si rilevano controindicazioni alla loro realizzazione, ai sensi della normativa di PRG. Per tali motivi non si sono realizzati approfondimenti di tipo geotecnico – geomorfologico.

Di seguito si riportano le caratterizzazioni, considerazioni e prescrizioni relative all'intervento ubicato lungo il tragitto della S.P. 205 tra le loc. Moriglione e C.ne Motta.
Nell'ambito dello strumento urbanistico vigente si evince che l'area ricade per la maggior parte all'interno delle Classi IIIa1 e IIIa2 e, in minima parte, in Classe III (indifferenziata) e in Classe II.
In relazione alla tipologia di intervento, di esigua entità e ubicata all'interno dei materiali del rilevato stradale, l'opera in progettazione risulta compatibile con gli indirizzi urbanistici, nel rispetto delle prescrizioni indicate dalla normativa di PRG e nel verbale della Conferenza dei Servizi
L'intervento ricade in area soggetta alle prescrizioni del R.D. 3267/23 (vincolo idrogeologico) – L.R. 45/89. L'intervento in progetto non necessita di specifica autorizzazione ai sensi del punto 7.3 della Circ. 3/AMB del31.8.2018 (Reg. Piemonte):
"*7.3. Condotte interrate*
Quanto indicato al paragrafo 7.2. per le linee elettriche e telefoniche sotterranee vale anche per altre condotte interrate, quali acquedotti, fognature e gasdotti. Quando questi impianti si sviluppano lungo le strade non si verifica modificazione del suolo se non per brevissimo periodo e senza apprezzabili conseguenze per l'assetto idrogeologico e, pertanto, non è necessaria una specifica autorizzazione."

In base ai sopralluoghi effettuati e alle banche dati consultate (IFFI-SIFraP, PAI-PRG, BDGeo100 – Reg. Piemonte) la parte meridionale del tracciato della tubazione in progetto è

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

inserita in aree di frana attiva, come segnalato anche dagli elaborati geologici a corredo del PRG vigente; la porzione centrale e settentrionale è invece inserita per la maggior parte in un settore di frana quiescente.

Al fine di definire l'assetto litostratigrafico e le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti nell'area in esame si è effettuata, in data 18/02/2020 una caratterizzazione diretta dell'area mediante la realizzazione di un'indagine geognostica costituita da n°2 prove penetrometriche dinamiche SCPT con penetrometro dinamico super-pesante in configurazione ISSMFE, modello PAGANI TG 63/100 e una caratterizzazione sismica del sottosuolo mediante n°1 stendimento MASW.

Le indagini geognostiche realizzate in corrispondenza del settore maggiormente dissestato, interessato anche recentemente da movimenti gravitativi, hanno evidenziato a partire dal piano della banchina stradale la presenza in superficie di materiali di riporto con alla base una sottile pellicola di depositi alluvionali terrazzati, costituiti da litotipi probabilmente sabbiosi-limosi con subordinata ghiaia e ciottoli da sciolti a mediamente addensati fino a profondità di circa 3-5 m.
Al di sotto di tali profondità si individuano i litotipi coinvolti dal corpo di frana, costituiti (presumibilmente) dalla coltre di alterazione dei sottostanti terreni della Formazione delle Marne di Sant'Agata Fossili alterati/rimaneggiati, che si presentano limoso-argilloso-sabbiosi da mediamente consistenti a consistenti fino a profondità variabili tra ca. 7-8 m (prova DPSH 2) e ca. 9 m (prova DPSH 1); tra ca. 9 m e 13 m nella prova DPSH 1 (assenti nella prova DPSH 2) si ritrovano sabbie e sabbie limose sciolte, con presenza di acqua.
In profondità, a partire da profondità variabili tra ca. 7-8 m e 8-9 m (prova DPSH 2) e ca. 13 m e ca. 18 da p.c. (prova DPSH 1) si ritrovano litotipi della Formazione delle Marne di Sant'Agata Fossili alterati, rappresentati presumibilmente da limi argillosi e argille limose, talora debolmente sabbiosi/e da consistenti a molto consistenti.
A partire da profondità variabili tra ca. 8-9 m (prova DPSH 2) e ca. 18-19 da p.c. (prova DPSH 1) i litotipi delle Marne di Sant'Agata Fossili presentano un basso grado di alterazione e sono costituiti da marne argilloso-sabbiose da molto consistenti a dure.

Stante l'assetto geomorfologico e litostratigrafico delineato, dal punto di vista idrogeologico è possibile che si instauri una falda superficiale ospitata nella coltre / corpo di frana e nella porzione più alterata del substrato, in particolare nei litotipi sabbiosi, direttamente alimentata dalle acque meteoriche in occasione degli eventi pluviometrici più intensi: le acque meteoriche tendono a defluire superficialmente e ad infiltrarsi all'interno della coltre di alterazione, per poi

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

scorrere all'interfaccia con i litotipi pressoché impermeabili costituiti dal substrato miocenico a basso grado di alterazione, che costituisce un acquicludo.
La presenza di livelli sabbioso-limosi o francamente sabbiosi può favorire i movimenti franosi in quanto, se saturati in acqua, le caratteristiche geotecniche di tali livelli decadono favorendo movimenti gravitativi di tipo scivolamento planare, dei quali costituiscono la superficie di scivolamento preferenziale.
Alla data dell'indagine geognostica si è riscontrata la presenza di una falda all'interno dei litotipi prevalentemente sabbiosi alla profondità di circa 11,5 m nella prova DPSH 1; non si è riscontrata la presenza di acque di falda nella verticale penetrometrica DPSH 2.

Nel capitolo 6 si fornisce il modello geotecnico relativo alle proprietà fisico-meccaniche e la categoria di sottosuolo sismico (C) a cui potrà fare riferimento il progettista strutturale per la definizione dei parametri geotecnici caratteristici sulla base delle indicazioni delle NTC 2018 e per il dimensionamento geotecnico-strutturale delle opere (verifiche di cui al punto 6.2.4 NTC 2018).

Alla luce delle considerazioni fatte, con particolare riferimento alla prova n°1, si possono indicare probabili superfici di scivolamento del corpo di frana alla profondità di circa 3 m, circa 5-7 m e anche nei litotipi sabbiosi con presenza di falda idrica, tra 12 m e 13 m. in considerazione dell'elevata profondità dei movimenti franosi (anche potenziali) e della modesta entità degli scavi necessari alla posa in opera della tubazione in progetto, non si ritiene necessaria né proficua la realizzazione di eventuali opere di sostegno strutturali (quali ad esempio pali/micropali).
Si rende però necessario adottare gli accorgimenti necessari per la minimizzazione del rischio connesso con le opere in progetto, in particolare, come richiesto nel verbale di conferenza dei servizi: "*azioni (…) al fine della rilevazione di perdite dalle condotte in aree che l'approfondimento geologico avrà indicato come a rischio instabilità indotta da potenziali perdite idriche*".
Tali interventi sono, nel caso specifico, costituite da:
- installazione di tubazioni non rigide (es: PVC/PEAD, ecc.);
- installazione, in n°3 punti dell'area a maggiore pericolosità ("Frana attiva"), di dispositivi di controllo e interruzione flusso, così costituiti:

1) a monte dell'area in frana attiva (coordinate WGS84 indicative: 411351, 4937490): pozzetto prefabbricato 150x150 cm, installazione di valvola automatica di controllo della portata con bypass, contatore, e valvola/saracinesca automatica per interruzione del flusso;

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

2) a monte del dissesto attivo recentemente mobilizzato (coord. WGS84 indicative: 411370, 4937216): pozzetto 60x60 cm, installazione di valvola/saracinesca di interruzione flusso;

3) a valle del tratto in frana attiva (coord. WGS84 indicative: 411443, 4936970): pozzetto 60x60 cm, installazione di valvola/saracinesca di interruzione flusso.

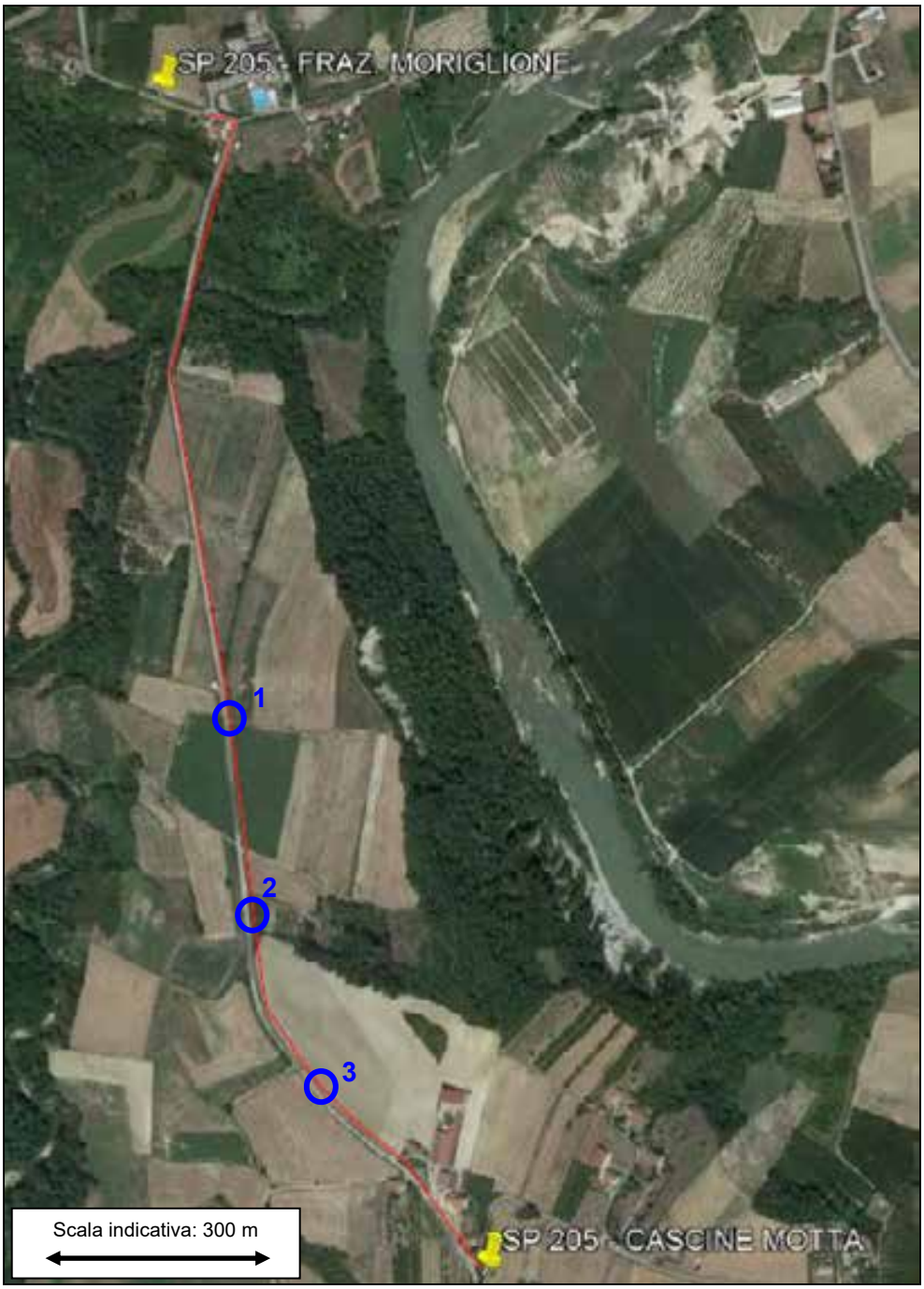


Figura 7-1 *– Individuazione del tratto in cui si ritiene necessaria l'installazione di dispositivi di controllo e interruzione di flusso, con tubazione non rigida (PVC-PEAD o materiali equipollenti):*
1) Contatore a monte + valvola automatica di controllo portata con bypass + saracinesca interruzione flusso;
2) Valvola di interruzione flusso + saracinesca;
3) Valvola di interruzione flusso + saracinesca.

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

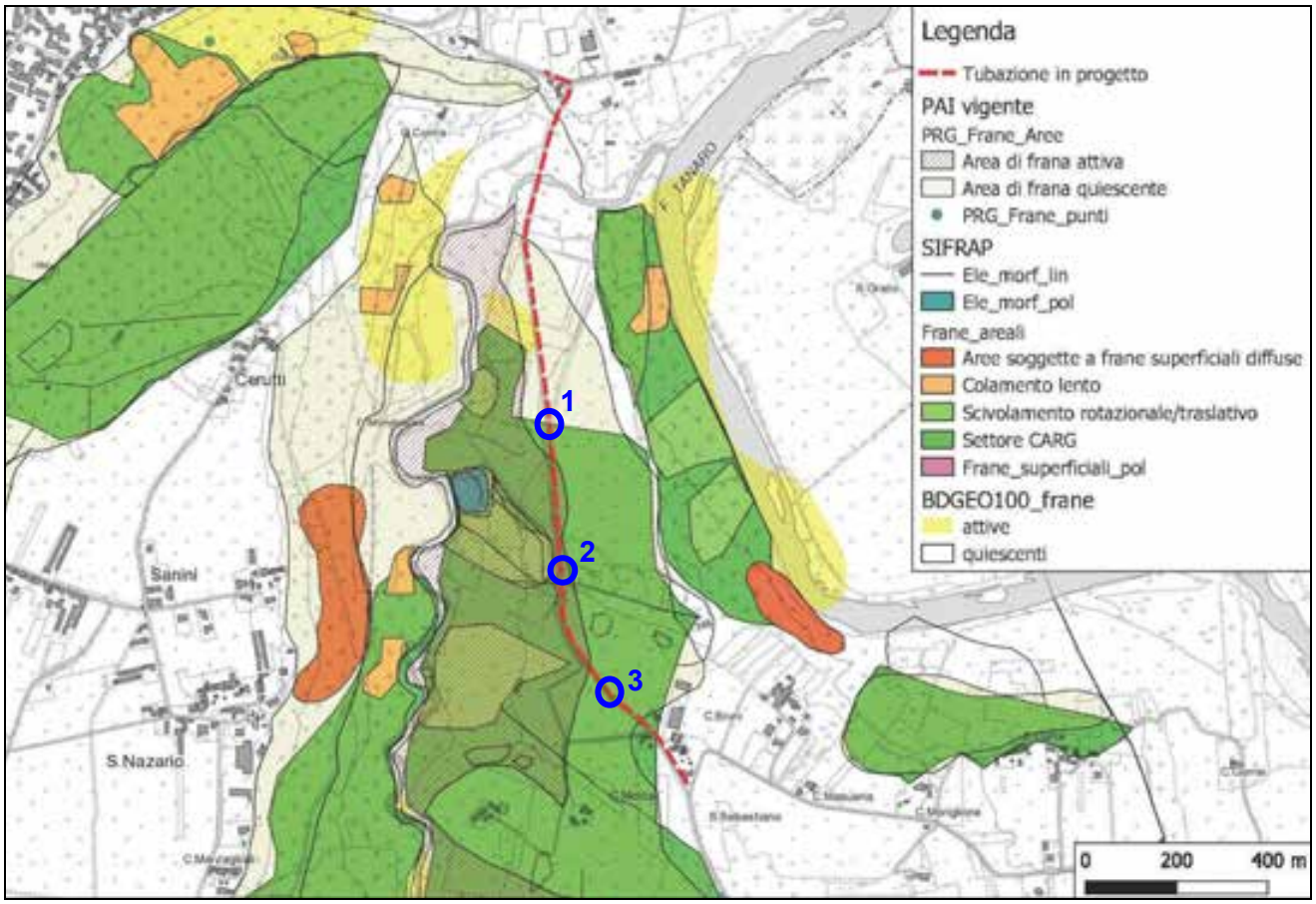


Figura 7-2 *– Cartografia geomorfologica con le Banche Dati IFFI/FIFRAP, BDGeo100, Alluvione 1994, PAI-PRG e relativa Legenda, che evidenzia l'ubicazione degli interventi in progetto (cfr. Fig. 7-1) in relazione ai dissesti gravitativi segnalati e descritti al par. 3-2.*

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

ALLEGATO 1: DATI LITOSTRATIGRAFICI E UBICAZIONE

Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
S8	Narzole	CN	In prossimità di San Nazario
Data inizio perforazione	**Data fine perforazione**	**Profondità (m)**	**Cantiere**
0/8/1996	0/8/1996	20.00	Movimento franoso San Nazario

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
704	0.50	limo argilloso debolmente ghiaioso resti vegetali sparsi
704	12.80	argilla marnosa laminata livelli di limo sabbioso e argilloso
704	13.90	marna argillosa lapidea
704	20.00	argilla marnosa laminata livelli di limo sabbioso e argilloso

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

ALLEGATO 2: REPORT INDEGINE MASW

Dott. geol. MICHELE ACTIS-GIORGETTO
Corso Bra 48/3 - 12051- ALBA (CN) - Tel. 0173.234019 - michele@actispianogeologi.it

COMUNE di NARZOLE

	Data: 23 Febbraio 2020
	Il committente **TECNOEDIL SpA**
	IL Tecnico **Dott. geol. Michele Actis-Giorgetto**
	Il Progettista

Indagine geofisica tramite tecnica MASW

Indagine MASW
La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico
Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – "R"
In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidezza.

Analisi del segnale con tecnica MASW
Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione
E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times v$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidezza.

Modi di vibrazione
Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine
Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

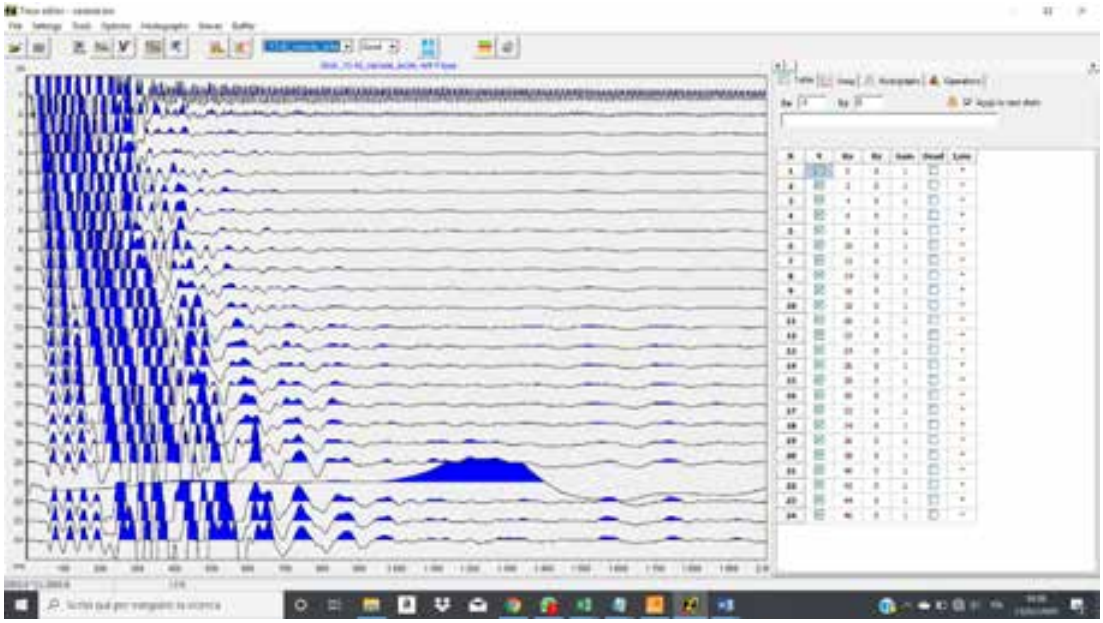
Dati generali

Data	23/02/2020

Ubicazione indagine

Tracce MASW

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	2m
Periodo di campionamento [msec]	1.00



Analisi spettrale MASW

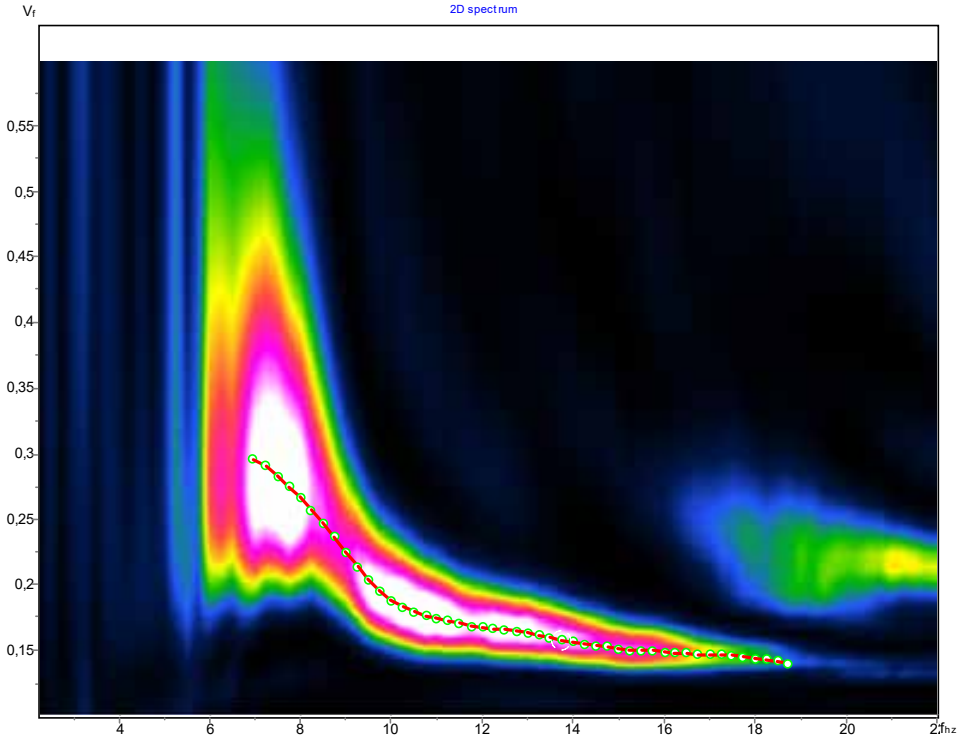
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	7
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	18,8
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	140
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	296
Intervallo velocità [m/sec]	1

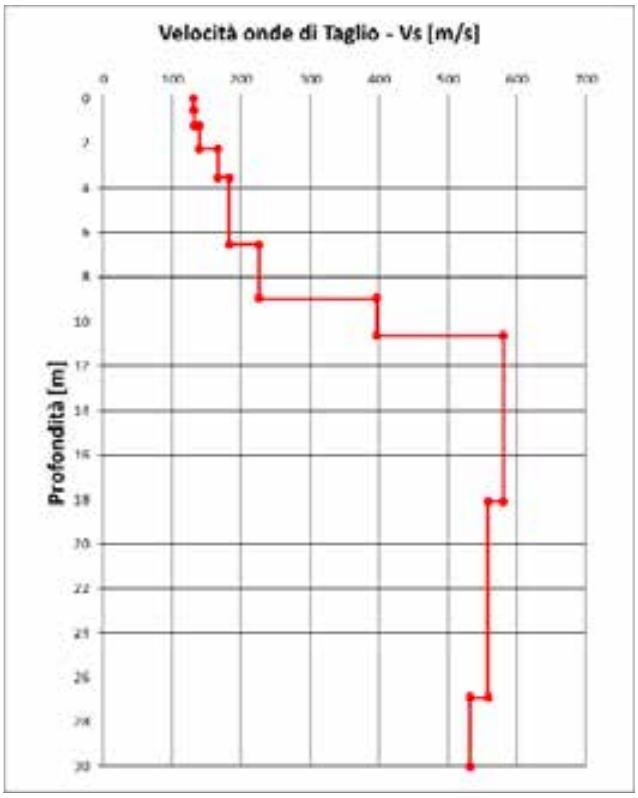
#	frequency	Mode	Va_o	Va_c
1	7	1	0,296	0,302
2	7,3	1	0,291	0,292
3	7,5	1	0,283	0,284
4	7,8	1	0,276	0,275
5	8	1	0,267	0,265
6	8,3	1	0,258	0,255
7	8,5	1	0,248	0,244
8	8,8	1	0,237	0,233
9	9	1	0,225	0,223
10	9,3	1	0,214	0,213
11	9,5	1	0,204	0,205
12	9,8	1	0,195	0,198

13	10	1	0,188	0,193
14	10,3	1	0,183	0,188
15	10,5	1	0,179	0,183
16	10,8	1	0,177	0,18
17	11	1	0,175	0,176
18	11,3	1	0,173	0,174
19	11,5	1	0,17	0,171
20	11,8	1	0,169	0,169
21	12	1	0,168	0,167
22	12,3	1	0,167	0,165
23	12,5	1	0,166	0,163
24	12,8	1	0,165	0,162
25	13	1	0,164	0,16
26	13,3	1	0,162	0,159
27	13,5	1	0,16	0,158
28	13,8	1	0,159	0,157
29	14	1	0,157	0,156
30	14,3	1	0,155	0,155
31	14,5	1	0,154	0,154
32	14,8	1	0,153	0,153
33	15	1	0,151	0,152
34	15,3	1	0,15	0,151
35	15,5	1	0,15	0,151
36	15,8	1	0,15	0,15
37	16	1	0,149	0,149
38	16,3	1	0,149	0,149
39	16,5	1	0,148	0,148
40	16,8	1	0,148	0,147
41	17	1	0,147	0,147
42	17,3	1	0,147	0,146
43	17,5	1	0,146	0,146
44	17,8	1	0,145	0,145
45	18	1	0,144	0,145
46	18,3	1	0,143	0,144
47	18,5	1	0,142	0,144
48	18,8	1	0,140	0,143

Inversione MASW

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]	h/Vs
1	0,0	0,50	131	0,0038
2	0,5	0,72	132	0,0054
3	1,2	1,01	140	0,0072
4	2,2	1,33	167	0,0079
5	3,5	2,98	183	0,0163
6	6,5	2,42	226	0,0107
7	8,9	1,68	397	0,0042
8	10,6	7,48	580	0,0129
9	18,1	8,79	558	0,0157
10	30,0	-	532	-





Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Profondità substrato sismico [m]	-
Vs_{eq}/Vs_{30} [m/sec]	356
Categoria del suolo	C

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti 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.