

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. GEOLOGIA TECNICA, DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

GEOLOGIA

Relazione geologica e geomorfologica per le viabilità NV01, NV05 e NV06

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I V 0 1 0 0 D 6 9 R G G E 0 0 0 1 0 0 3 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	W. Rivola	Nov. 2021	E. Poggi	Nov. 2021	G. Fadda	Nov. 2021	M. Comedini Nov. 2021



File: IV0100D69RGGE0001003A.doc

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	5
1.1	ALTRI DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	7
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	8
3	COMPATIBILITÀ GEOMORFOLOGICA E IDRAULICA.....	9
3.1	VIABILITÀ NV01	10
3.2	VIABILITÀ NV05	10
3.3	VIABILITÀ NV06	10
4	VINCOLI.....	14
4.1	AREE SOTTOPOSTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO (EX R.D. 3267/1923).....	14
4.1.1	<i>Viabilità NV01</i>	14
4.1.2	<i>Viabilità NV05</i>	14
4.1.3	<i>Viabilità NV06</i>	14
4.2	AREE SOTTOPOSTE A VINCOLO PAESAGGISTICO, PARCHI E AREE PROTETTE.....	16
4.2.1	<i>Viabilità NV01</i>	16
4.2.2	<i>Viabilità NV05</i>	17
4.2.3	<i>Viabilità NV06</i>	17
5	VIABILITÀ NV01	19
5.1	DESCRIZIONE DELLA VIABILITÀ.....	19
5.2	INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI	19
5.3	CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA	20
5.3.1	<i>Unità geotecniche</i>	21
5.3.2	<i>Formazioni litoidi</i>	21
5.4	CONSIDERAZIONI DI CARATTERE GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	21
5.4.1	<i>Analisi delle criticità</i>	21

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0001 003	A	3 di 77

Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06

5.5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI.....	25
5.6	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE.....	30
5.7	CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEGLI AMMASSI ROCCIOSI	30
5.7.1	<i>Il criterio di rottura di Hoek e Brown</i>	31
6	VIABILITÀ NV05	37
6.1	DESCRIZIONE DELLA VIABILITÀ.....	37
6.2	INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI	38
6.3	CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA	39
6.4	CONSIDERAZIONI DI CARATTERE GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	39
6.4.1	<i>Analisi delle criticità</i>	39
6.5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI.....	40
6.6	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE.....	47
7	VIABILITÀ NV06	48
7.1	DESCRIZIONE DELLA VIABILITÀ.....	48
7.2	INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI	48
7.3	CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA	49
7.4	CONSIDERAZIONI DI CARATTERE GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	49
7.4.1	<i>Analisi delle criticità</i>	49
7.5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI.....	50
7.6	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE.....	56
8	SISIMICITÀ DELL'AREA	57
8.1	CLASSIFICAZIONE SISMICA	57
8.2	PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	59
8.3	SISIMICITÀ STORICA DELL'AREA, CATALOGO PARAMETRICO DEI TERREMOTI ITALIANI	65
8.4	SORGENTI SISMOGENETICHE E FAGLIE CAPACI.....	69
8.5	MAGNITUDO DI RIFERIMENTO.....	72

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0001 003	A	4 di 77

Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06

9	PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELL’AZIONE SISMICA DI PROGETTO	74
9.1	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO.....	74
9.1.1	<i>Nuova viabilità NV01</i>	74
9.1.2	<i>Nuova viabilità NV05</i>	75
9.1.3	<i>Nuova viabilità NV06</i>	75
9.2	CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	75
10	BIBLIOGRAFIA.....	76

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE0001 003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 5 di 77</p>

1 PREMESSA

La presente relazione illustra e riassume i risultati dello studio geologico, geomorfologico e sismico eseguito a supporto del Progetto Definitivo del raddoppio della tratta “Finale Ligure - Andora” (linea “Genova - Ventimiglia”), in merito all’adeguamento delle viabilità interferenti denominate NV01, NV05 e NV06, che sono così definite:

- NV01: collegamento fra lo svincolo di Pietra Ligure e Giustenice;
- NV05: strada Provinciale Borghetto Santo Spirito-Bardinetto;
- NV06: accesso alla stazione di Albenga e viabilità di collegamento dalla zona artigianale.

La viabilità NV01 è posta all’estremo orientale del comune di Giustenice, nei pressi del confine con il limitrofo comune di Pietra Ligure; con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Liguria è individuabile nell’elemento 245043 in scala 1: 5.000.

La viabilità NV05 è posta in comune di Borghetto Santo Spirito, al piede del versante settentrionale di Poggio Rotondo, in località Pattarello; con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Liguria è individuabile nell’elemento 245072 in scala 1: 5.000.

La viabilità NV06 è posta in comune di Albenga, nella piana alluvionale interposta tra i torrenti Centa e Neva, immediatamente a monte della loro confluenza nei pressi della località Bastia; con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Liguria è individuabile nell’elemento 245113 in scala 1:5.000.

Il lavoro si è svolto attraverso le seguenti fasi operative:

- acquisizione ed analisi degli studi geologici esistenti riguardanti le area di interesse, in particolare, quelli del Progetto CARG n. 259 "Imperia" e delle carte geologiche dei Piani Urbanistici Comunali dei comuni attraversati dall’opera, laddove disponibili;
- approfondimenti conoscitivi mediante studi fotointerpretativi condotti su ortofoto e D.E.M.;
- rilievi diretti sul terreno mirati alla definizione delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche dell’area;
- acquisizione ed analisi delle indagini geognostiche disponibili ed appositamente realizzate nell’area di interesse progettuale;
- analisi dei dati e redazione delle presenti note di sintesi e degli elaborati cartografici a corredo.

Il lavoro si è articolato in una fase preliminare di raccolta ed analisi dei dati bibliografici, a cui hanno fatto seguito le attività in campo (rilievo geologico, rilievo geomorfologico e supervisione delle indagini geognostiche effettuate).

Nello studio si è fatto riferimento ai risultati della campagna di indagini geognostiche in sito appositamente realizzate nel corso del 2021 nell’ambito della presente fase progettuale e nell’anno 2010 nell’ambito della precedente progettazione definitiva, nonché alle indagini disponibili in campagne pregresse e bibliografiche.



Figura 1.1 Corografia dell'area di studio con individuazione della tratta ferroviaria Finale-Andora in progetto (in viola) e delle nuove viabilità (in giallo). Scala grafica

La presente relazione e gli elaborati cartografici ad esse allegati contengono la sintesi dello studio effettuato, chiariscono gli aspetti connessi con lo scenario naturale relativamente alla componente geologica in cui si colloca il settore di studio e affrontano gli elementi ritenuti critici dal punto di vista geologico, geomorfologico e sismico, fornendo un quadro d'insieme adeguato all'attuale livello progettuale.

 ITALFERR <small>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</small>	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE0001 003	REV. A

Le informazioni di carattere geologico, geomorfologico sono state sintetizzate in tre elaborati contenenti carta e profilo geologico in asse alla nuova viabilità, che costituiscono parte integrante della presente relazione.

Nel seguito del documento, per ogni nuova viabilità in progetto si fornirà il quadro riassuntivo delle indagini disponibili, a partire dalle quali verrà definito il modello geologico di riferimento ed effettuata la caratterizzazione geotecnica dei terreni e geomeccanica degli ammassi rocciosi (laddove necessaria); verranno infine effettuate le necessarie considerazioni in merito alle criticità di natura geologica, geomorfologica e idrogeologica connesse alla realizzazione dell'intervento in progetto.

Per la descrizione degli aspetti geologici, geomorfologici, stratigrafici, tettonici e sismici generali dell'area nella quale le viabilità qui descritte si inseriscono, si rimanda alla Relazione geologica e geomorfologica (elab. IV0I00D69RGGE0001001A), mentre per gli aspetti idrogeologici generali si rimanda alla Relazione Idrogeologica (elab. IV0I00D69RGGE0002001A) redatta a corredo del presente Progetto.

L'elenco completo degli elaborati prodotti nell'ambito dello studio geologico delle nuove viabilità è riportato nella seguente Tabella 1.1, suddiviso per gruppi tematici.

Tabella 1.1 Adeguamento viabilità interferenti: elenco elaborati

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IV0I00D69RGGE0001003A	Relazione geologica e geomorfologica	-
IV0I00D69N6GE0001001A	Carta e profilo geologico viabilità NV01	1:2000/200
IV0I00D69N6GE0001002A	Carta e profilo geologico viabilità NV05	1:2000/200
IV0I00D69N6GE0001003A	Carta e profilo geologico viabilità NV06	1:2000/200

1.1 Altri documenti di riferimento

Ai fini del presente studio, si è fatto inoltre riferimento agli elaborati elencati nella seguente Tabella 1.2 relativi ad indagini in sito, di laboratorio e monitoraggio, prodotti a corredo della presente fase progettuale.

Tabella 1.2 Documentazione tecnica di riferimento a supporto dello studio geologico

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IV0I00D69SGGE0001001A	Report delle indagini geognostiche e prove in situ - campagna 2021	-
IV0I00D69SGGE0005005A	Indagini geognostiche: campagna 2010 sondaggi per viabilità NV01-NV05-NV06	-
IV0I00D69SGGE0001002A	Report delle indagini geognostiche e prove in situ - campagna precedente	-
IV0I00D69IGGE0000001A	Report Indagini Geofisiche Campagna 2021	-
IV0I00D69IGGE0000002A	Report Indagini Geofisiche Campagna Precedente	-
IV0I00D69PRGE0000001A	Prove geotecniche di laboratorio indagini 2021	-
IV0I00D69PRGE0000002A	Prove geotecniche di laboratorio indagini pregresse	-
IV0I00D69RGGE0000001A	Monitoraggio piezometrico 2021 -2023	-
IV0I00D69RGGE0000002A	Monitoraggio piezometrico pregresso	-

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE0001 003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 8 di 77</p>

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Piano di Bacino del Torrente Centa (D.C.P. n° 47 del 25/11/2003 e ss.mm.ii.);
- Piano di Bacino del Torrente Maremola (D.C.P. n° 47 del 25/11/2003 e ss.mm.ii.);
- Piano di Bacino del Torrente Varatella (D.C.P. n° 47 del 25/11/2003 e ss.mm.ii.);
- Piano Urbanistico Comunale di Albenga adottato con delibera di C.C. n.72 del 22/10/2015;
- Piano Urbanistico Comunale di Borghetto S. Spirito vigente dal 24/07/2009;
- L.R. n.4 del 22/01/1999, “Norme in materia di foreste e di assetto idrogeologico”;
- Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio n.2000/60/CE del 23/10/2000, “Quadro per l'azione comunitaria in materia di acque”.
- O.P.C.M. n.3274 del 20/03/2003 e ss.mm.ii., “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e successive modifiche ed integrazioni.
- O.P.C.M. n.3519 del 28/04/2006, “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”.
- D.G.R. n.1308 del 24/10/2008, “Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Liguria” e ss.mm.ii.;
- D.G.R. n.1362 del 19/11/2010 “D.M. 14.01.2008 Norme Tecniche per le Costruzioni. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria”;
- D.G.R. n.216 del 17/03/2017 “OPCM 3519/2006. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria”;
- D.M. 17/01/2018, “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”;
- D.G.R. n. 962 del 23/11/2018 “D.G.R. n. 216/2017. Approvazione modifiche alla classificazione sismica regionale conseguenti alla fusione dei Comuni di Montalto Ligure e di Carpasio”;
- Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21/01/2019, n.7 recante "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018".

3 COMPATIBILITÀ GEOMORFOLOGICA E IDRAULICA

Nel presente paragrafo si riportano le valutazioni circa la compatibilità geomorfologica degli interventi in progetto; in particolare verrà valutata l'interferenza tra le opere ed i seguenti rischi:

- pericolosità geomorfologica;
- pericolosità idraulica.

Le nuove viabilità in progetto ricadono nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, in particolare dei Bacini Regionali Liguri.

Di seguito si riporta la cartografia del Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico (P.A.I.) per quanto riguarda i bacini del Maremola (viabilità NV01), Varatella (NV05) e Centa (NV06). Per ogni area sono stati analizzati gli elaborati della "Carta delle fasce di inondabilità e degli ambiti normativi" per quanto riguarda la pericolosità idraulica e gli elaborati della "Carta della suscettività al dissesto" per quanto riguarda la pericolosità geomorfologica.

Nel seguito è riportata la legenda degli stralci cartografici riportati nel proseguo del paragrafo. Il PAI dei bacini liguri è stato sviluppato per stralci per i singoli bacini idrografici garantendo la necessaria omogeneità metodologica e normativa a scala regionale. In ogni modo, ogni stralcio a livello di bacino idrografico è corredato dalla relativa normativa di Piano. Si rimanda, pertanto, alle norme di attuazione di ogni bacino per il dettaglio delle norme d'uso.

Suscettività al dissesto (pericolosità geomorfologica)	
Classe di pericolosità	Descrizione
PG4	Aree a suscettività MOLTO ALTA - aree in frana attiva
PG3a	Aree a suscettività ALTA - aree in frana quiescente
PG3b	Aree a suscettività ALTA - aree non in frana quiescente
PG2	Aree a suscettività MEDIA
PG1	Aree a suscettività BASSA
PG0	Aree a suscettività MOLTO BASSA
-	Classi speciali

Figura 3.1 Legenda della "Carta della suscettività al dissesto"

Pericolosità idraulica	
Classe di pericolosità	Descrizione
Fascia A	Pericolosità idraulica MOLTO ELEVATA - Aree perifluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena a Tr 50 anni
Fascia B	Pericolosità idraulica MEDIA - Aree perifluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena a Tr 200 anni
Fascia C	Pericolosità idraulica BASSA - Aree perifluviali, esterne alle precedenti,

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE0001 003	REV. A

Pericolosità idraulica	
Classe di pericolosità	Descrizione
	inondabili al verificarsi dell'evento di piena a Tr 500 anni
Fascia A3	Aree storicamente inondate, non studiate
Fascia B - Ambito BB	Aree perifluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena a tempo di ritorno Tr 200 anni a "maggiore pericolosità relativa"
Fascia B - Ambito B0	Aree perifluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena a tempo di ritorno Tr 200 anni a "minor pericolosità relativa"
Fascia C4	Aree ex inondabili
Alveo	Attuale alveo del corso d'acqua

Figura 3.2 Legenda della "Carta delle fasce di inondabilità e degli ambiti normativi"

3.1 Viabilità NV01

Il tracciato di progetto della viabilità NV01 è quasi per intero situato in corrispondenza di aree caratterizzate da una suscettività al dissesto media (PG2, Figura 3.3). Fa eccezione un tratto in corrispondenza della pk 0+300, ove è censita una frana attiva e l'area è caratterizzata da una suscettività al dissesto molto alta (PG4), ed altri tratti brevi in cui la suscettività al dissesto è bassa (PG1).

Per quanto riguarda, invece, la pericolosità idraulica non si segnala alcuna criticità (Figura 3.4).

3.2 Viabilità NV05

Il tracciato di progetto della viabilità NV05 è quasi per intero situato in corrispondenza di aree caratterizzate da una suscettività al dissesto molto bassa (PG0, Figura 3.5). Fa eccezione un tratto tra l'inizio dell'intervento e la pk 0+100, caratterizzato da una suscettività al dissesto bassa (PG1).

Per quanto riguarda la pericolosità idraulica, la tratta iniziale del tracciato fino alla pk 0+150 è cartografata in fascia A (nell'immediato intorno del torrente Varatella, Figura 3.6) e B (esterna alla precedente), è inoltre presente un tratto caratterizzato dalle fasce B e C tra le pk 0+250 e 0+525.

3.3 Viabilità NV06

Il tracciato di progetto della viabilità NV06 è quasi per intero situato in corrispondenza di aree caratterizzate da una suscettività al dissesto molto bassa (PG0, Figura 3.7). Fa eccezione un tratto tra la pk 1+150 e la fine dell'intervento, caratterizzato da una suscettività al dissesto bassa (PG1).

Per quanto riguarda la pericolosità idraulica, la tratta iniziale del tracciato fino alla pk 0+150 è cartografata in fascia B (nell'immediato intorno del torrente Neva, Figura 3.8), mentre il tratto successivo, fino alla pk 0+850, è cartografato in fascia C. Infine, la parte terminale della viabilità, in corrispondenza della pk 1+230 circa, è cartografata in fascia A per la presenza di un rio minore, tributario di sinistra del torrente Arroscia.

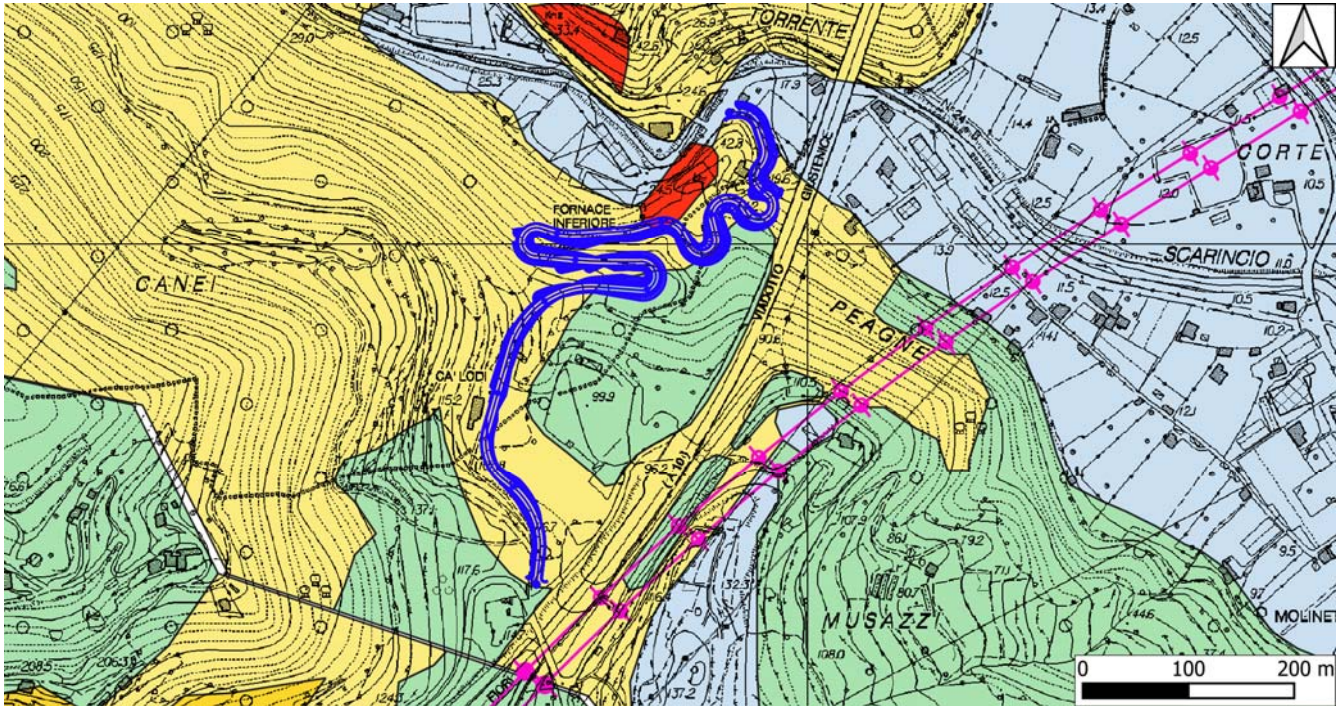


Figura 3.3 Viabilità NV01: pericolosità geomorfologica (scala grafica). In blu la nuova viabilità, in magenta il tracciato ferroviario in progetto

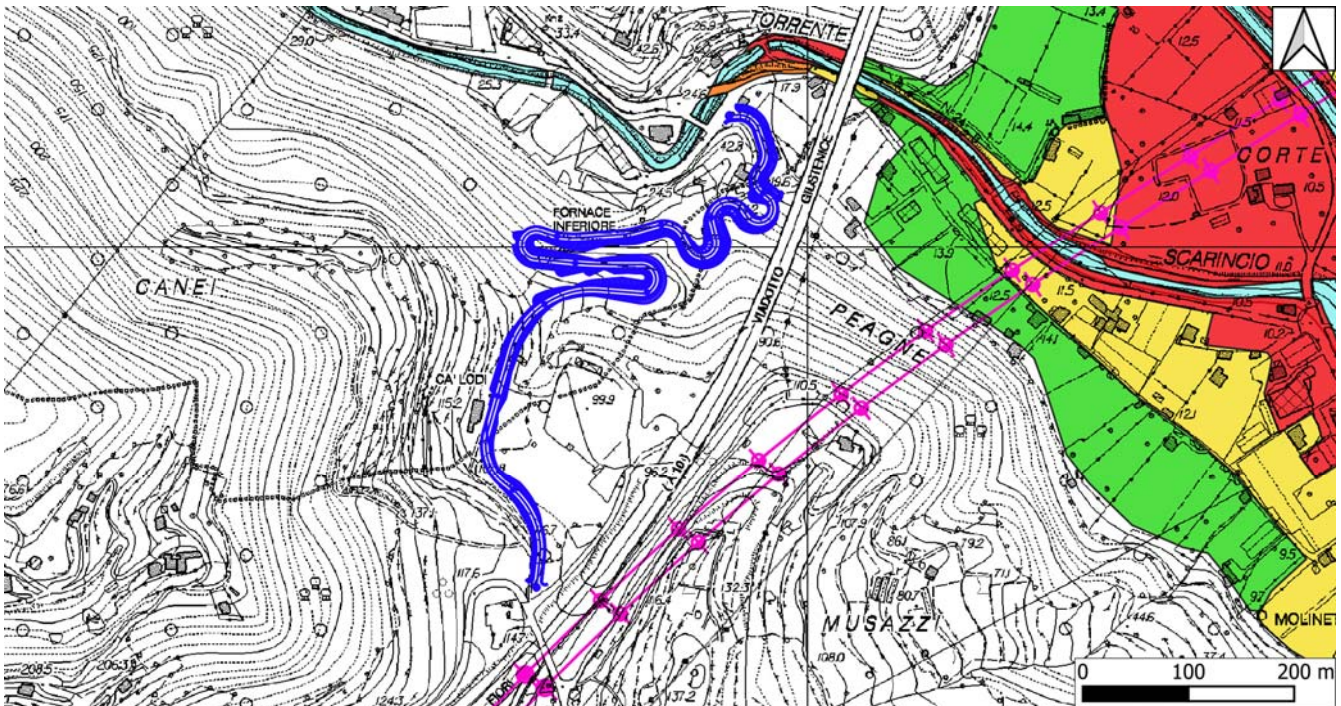


Figura 3.4 Viabilità NV01: pericolosità idraulica (scala grafica). In blu la nuova viabilità, in magenta il tracciato ferroviario in progetto

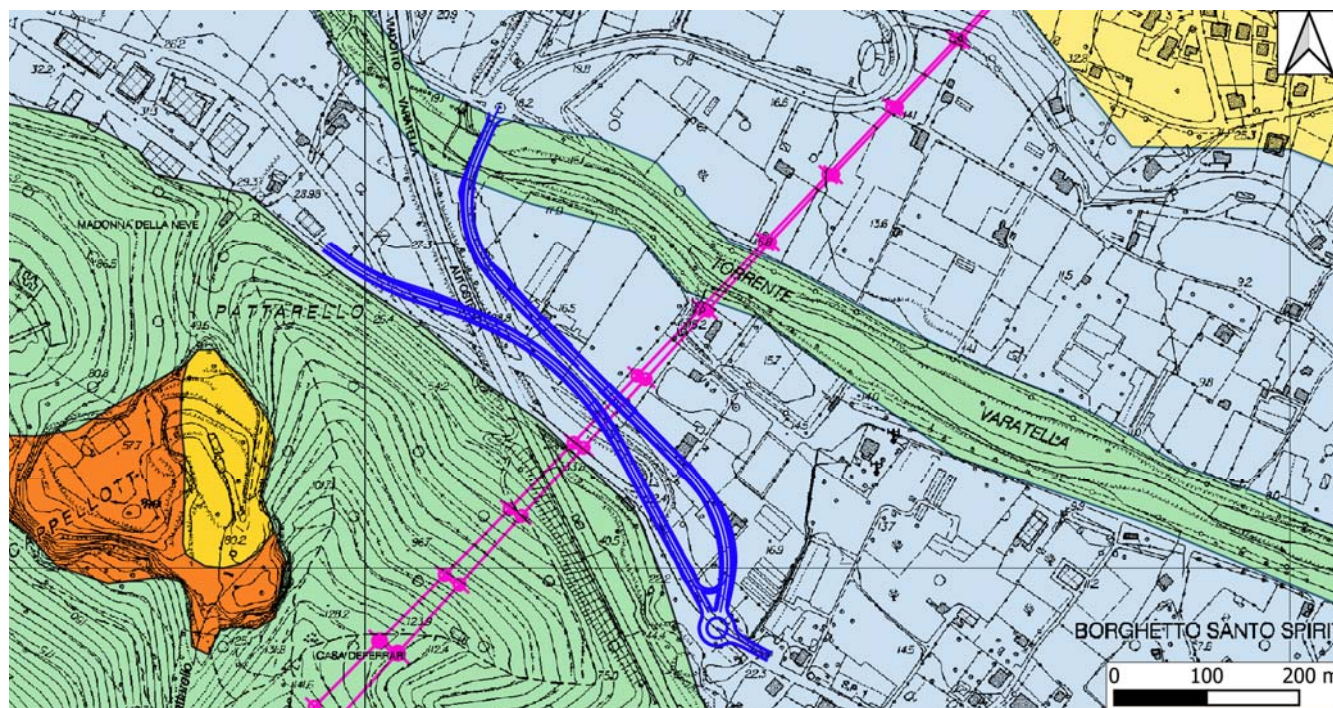


Figura 3.5 Viabilità NV05: pericolosità geomorfologica (scala grafica). In blu la nuova viabilità, in magenta il tracciato ferroviario in progetto

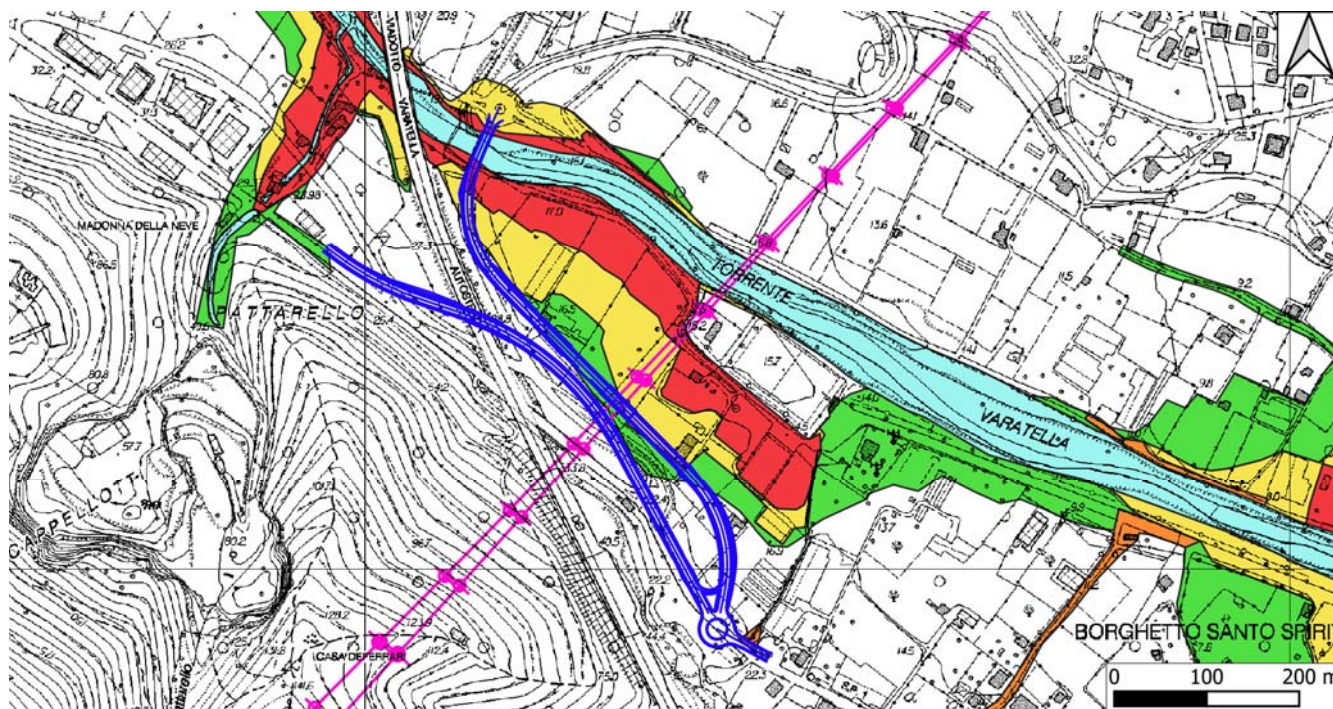


Figura 3.6 Viabilità NV05: pericolosità idraulica (scala grafica). In blu la nuova viabilità, in magenta il tracciato ferroviario in progetto

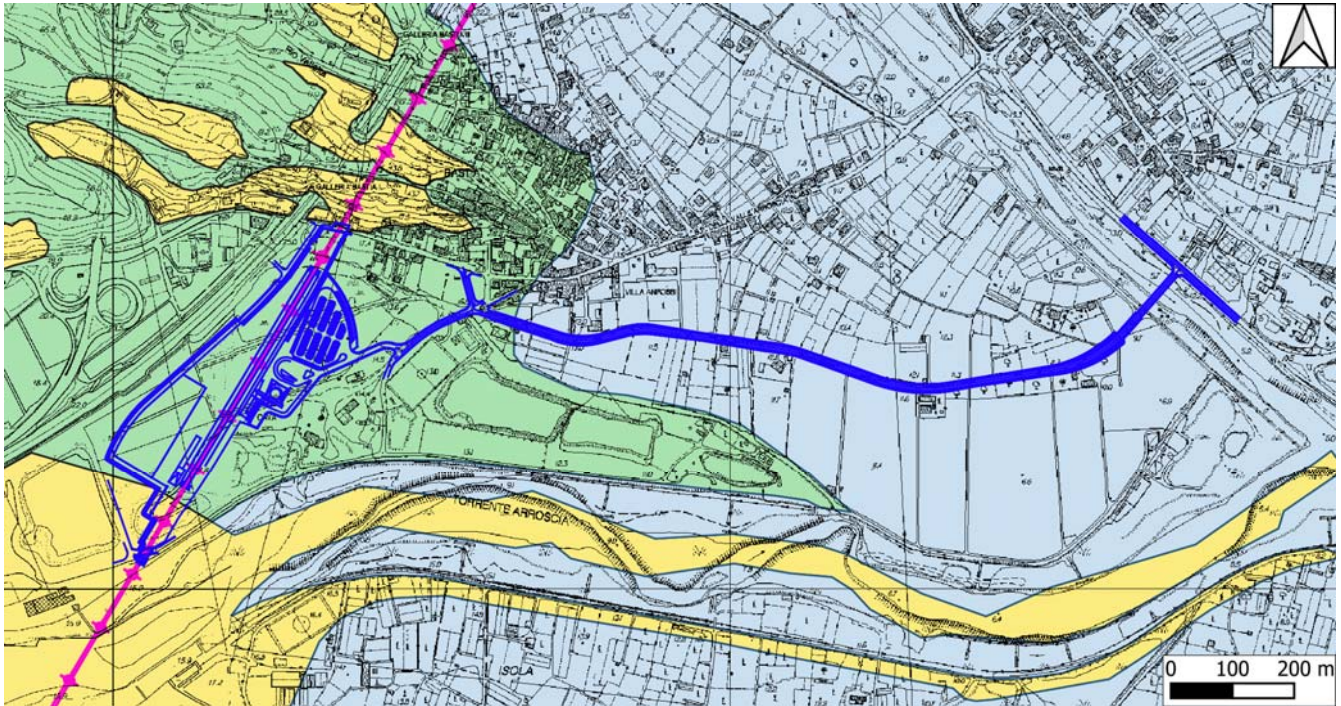


Figura 3.7 Viabilità NV06: pericolosità geomorfologica (scala grafica). In blu la nuova viabilità, in magenta il tracciato ferroviario in progetto

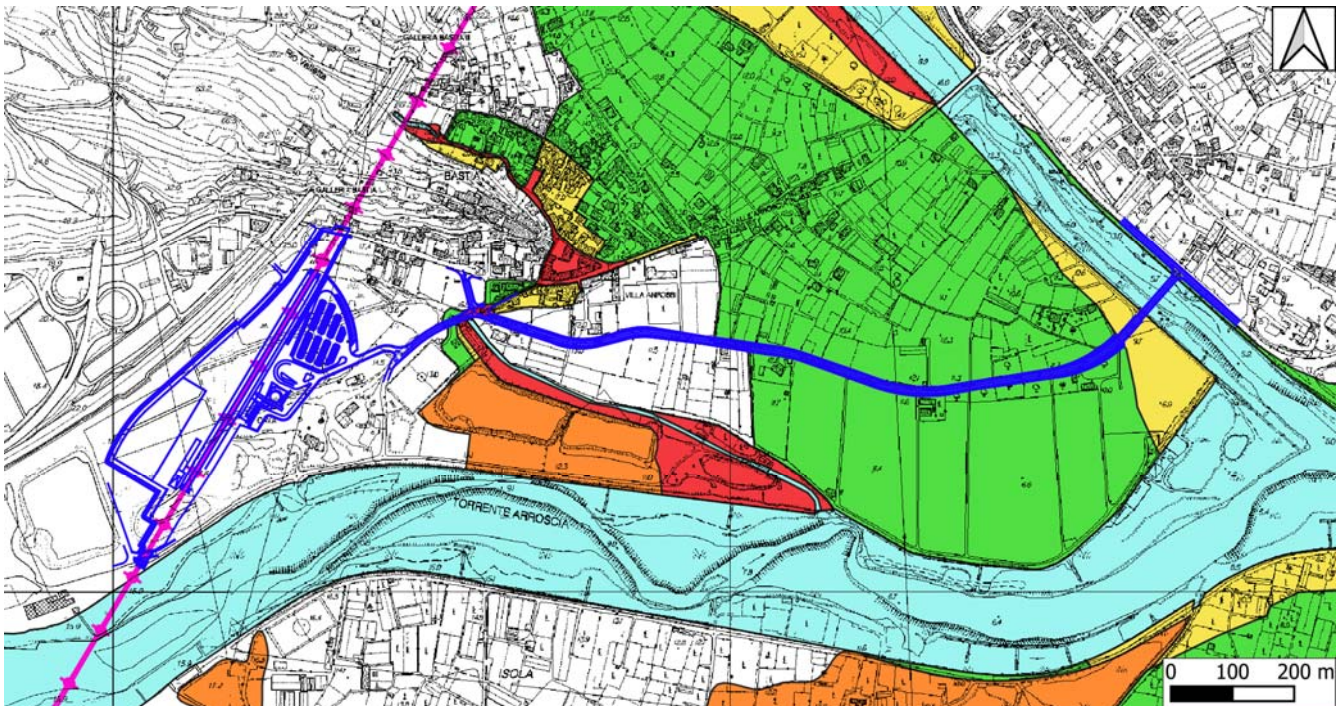


Figura 3.8 Viabilità NV06: pericolosità idraulica (scala grafica). In blu la nuova viabilità, in magenta il tracciato ferroviario in progetto

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE0001 003	REV. A	FOGLIO 14 di 77

4 VINCOLI

Per quanto riguarda l'individuazione dei vincoli territoriali presenti nelle aree di studio si è fatto riferimento al Geoportale della Provincia di Savona (disponibile on-line al link <http://geoportale.provincia.savona.it/>), dal quale sono stati estrapolati, e riportati nel presente capitolo, i seguenti tematismi:

- aree sottoposte a vincolo idrogeologico (ex R.D. 3267/1923);
- aree sottoposte a vincolo paesaggistico (ex L. 1497/39) oggi ricomprese nel D.L. 42/2004;
- parchi e aree protette regionali;
- aree protette provinciali (Piano Provinciale delle Aree Protette approvate con DCP n. 5 del 23/02/2003).

4.1 Aree sottoposte a vincolo idrogeologico (ex R.D. 3267/1923)

Di seguito si riporta la cartografia delle aree sottoposte a vincolo idrogeologico (campite in azzurro), per quanto concerne i tre tratti di nuova viabilità in progetto.

4.1.1 Viabilità NV01

Il tracciato di progetto della viabilità NV01 è quasi per intero situato in corrispondenza di aree soggette a vincolo idrogeologico; fa eccezione il primo tratto di viabilità, fino alla pk 0+030 circa (Figura 4.1).

4.1.2 Viabilità NV05

Il tracciato di progetto della viabilità NV05 è interamente situato in corrispondenza di aree non soggette a vincolo idrogeologico (Figura 4.2).

4.1.3 Viabilità NV06

Il tracciato di progetto della viabilità NV06 è interamente situato in corrispondenza di aree non soggette a vincolo idrogeologico (Figura 4.3).

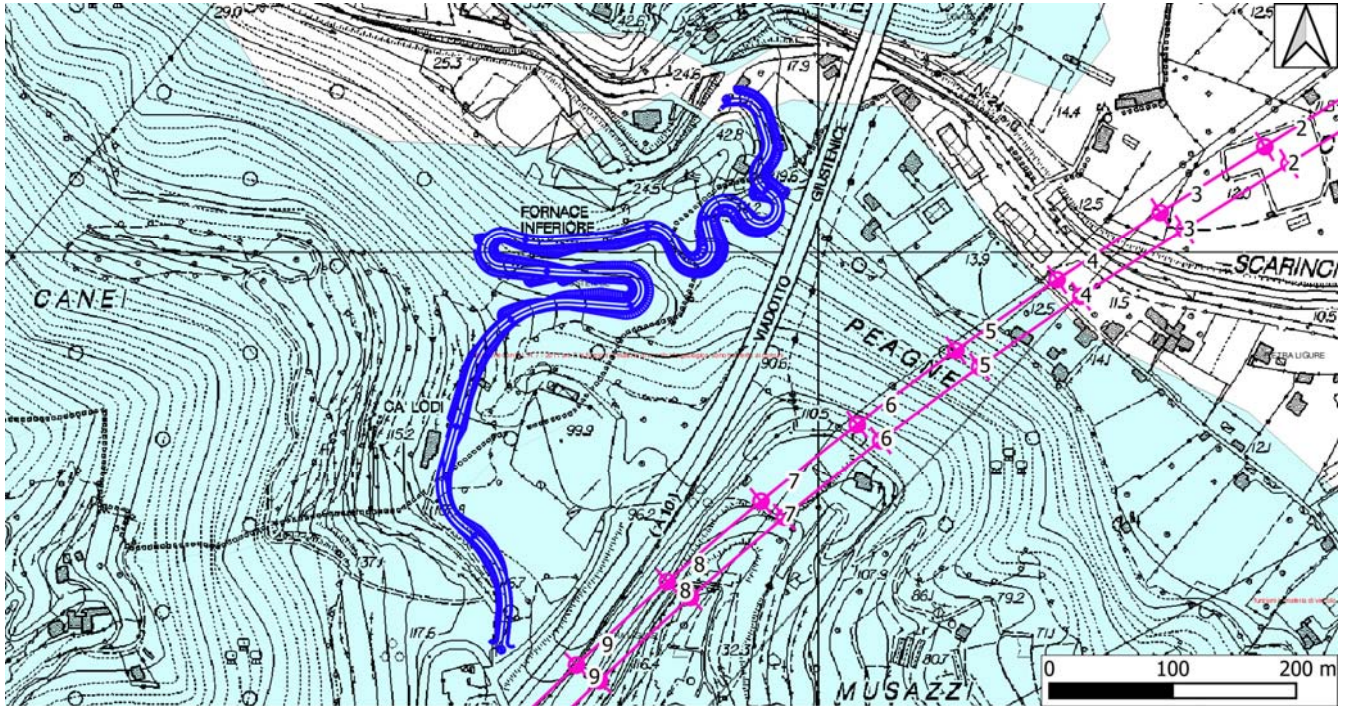


Figura 4.1 Viabilità NV01: vincolo idrogeologico (scala grafica). In blu la nuova viabilità, in magenta il tracciato ferroviario in progetto

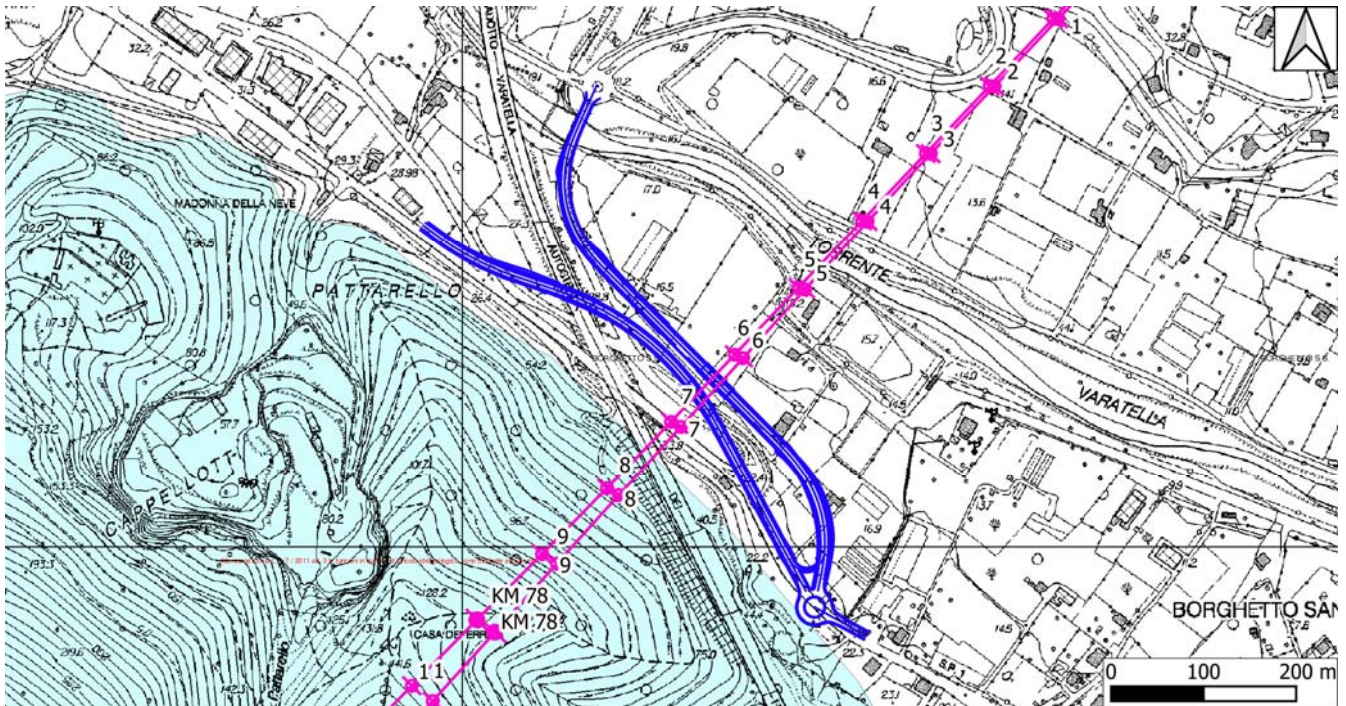


Figura 4.2 Viabilità NV05: vincolo idrogeologico (scala grafica). In blu la nuova viabilità, in magenta il tracciato ferroviario in progetto

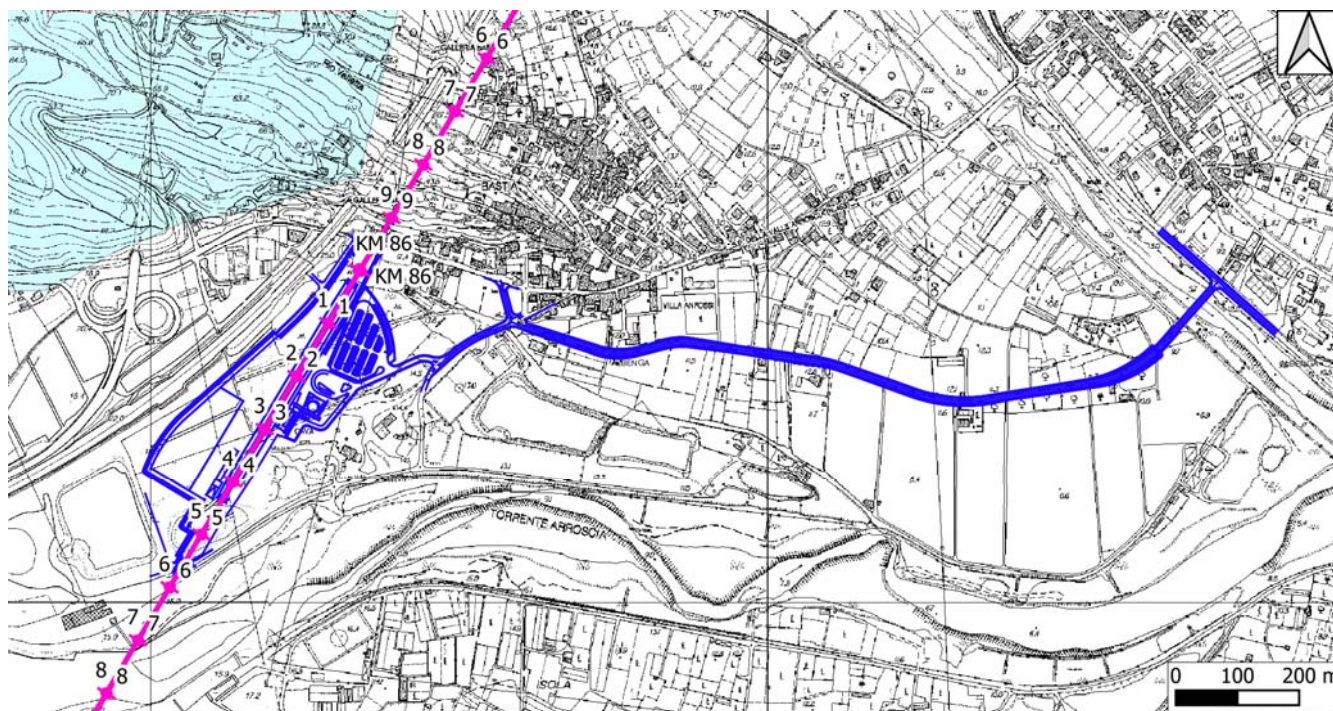


Figura 4.3 Viabilità NV06: vincolo idrogeologico (scala grafica). In blu la nuova viabilità, in magenta il tracciato ferroviario in progetto

4.2 Aree sottoposte a vincolo paesaggistico, parchi e aree protette

Di seguito si riporta la cartografia delle aree sottoposte a vincolo paesaggistico e/o appartenenti a parchi e aree protette regionali, o ad aree protette della provincia di Savona, per quanto concerne i tre tratti di nuova viabilità in progetto. Nella seguente tabella è riportata la legenda degli stralci cartografici riportati nel proseguo del paragrafo.

Simbologia	Descrizione
	Aree sottoposte a vincolo paesaggistico (ex L. 1497/39) oggi ricomprese nel D.L. 42/2004
	Aree protette provinciali (Piano Provinciale delle Aree Protette approvate con DCP n. 5 del 23/02/2003)
	Aree protette provinciali (Piano Provinciale delle Aree Protette approvate con DCP n. 5 del 23/02/2003) e sottoposte a vincolo paesaggistico (ex L. 1497/39) oggi ricomprese nel D.L. 42/2004
	Parchi e aree protette regionali

4.2.1 Viabilità NV01

Il tracciato di progetto della viabilità NV01 è interamente situato in corrispondenza di aree non soggette a vincolo paesaggistico e non inserite in parchi o aree protette (Figura 4.4).

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0001 003	A	17 di 77

Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06

4.2.2 Viabilità NV05

Il tracciato di progetto della viabilità NV05 è in parte situato in corrispondenza di aree soggette a vincolo paesaggistico, mentre non è inserito all'interno di parchi o aree protette (Figura 4.5).

4.2.3 Viabilità NV06

Il tracciato di progetto della viabilità NV06 è interamente situato in corrispondenza di aree non soggette a vincolo paesaggistico e non inserite in parchi o aree protette (Figura 4.6).

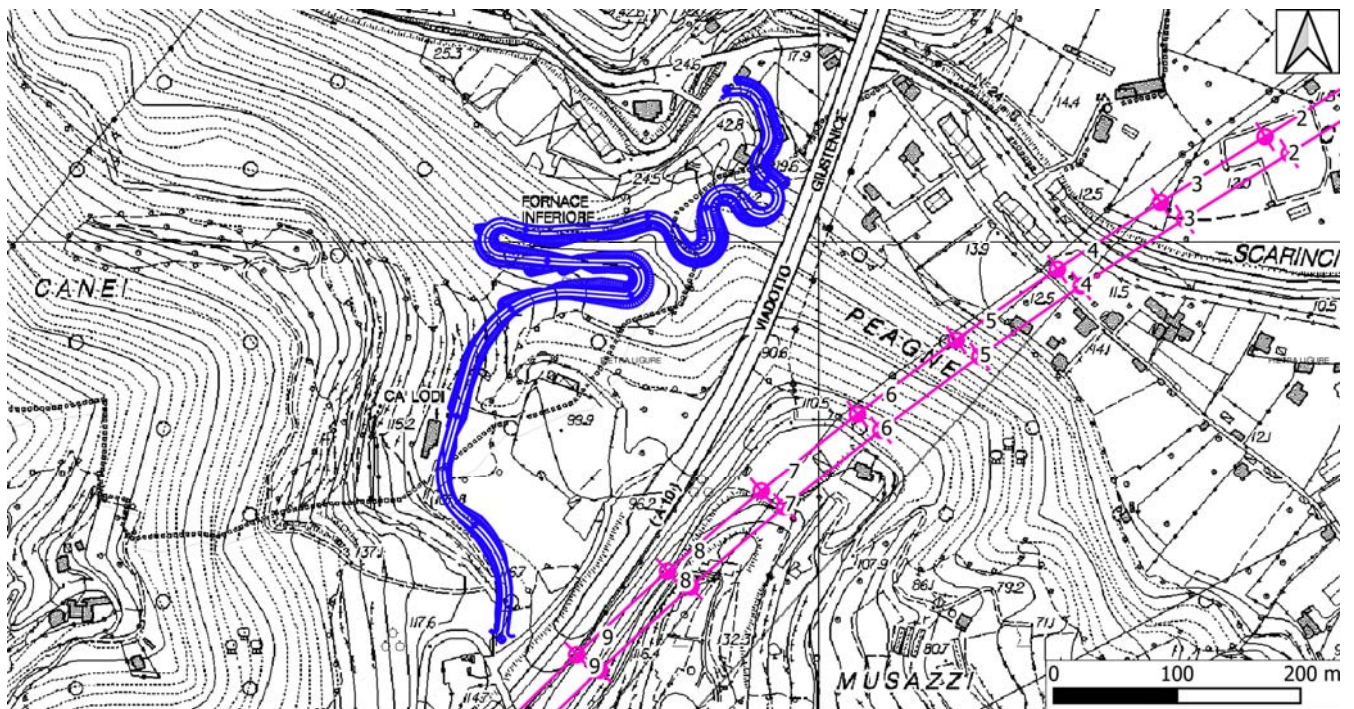


Figura 4.4 Viabilità NV01: vincolo paesaggistico, parchi e aree protette (scala grafica). In blu la nuova viabilità, in magenta il tracciato ferroviario in progetto

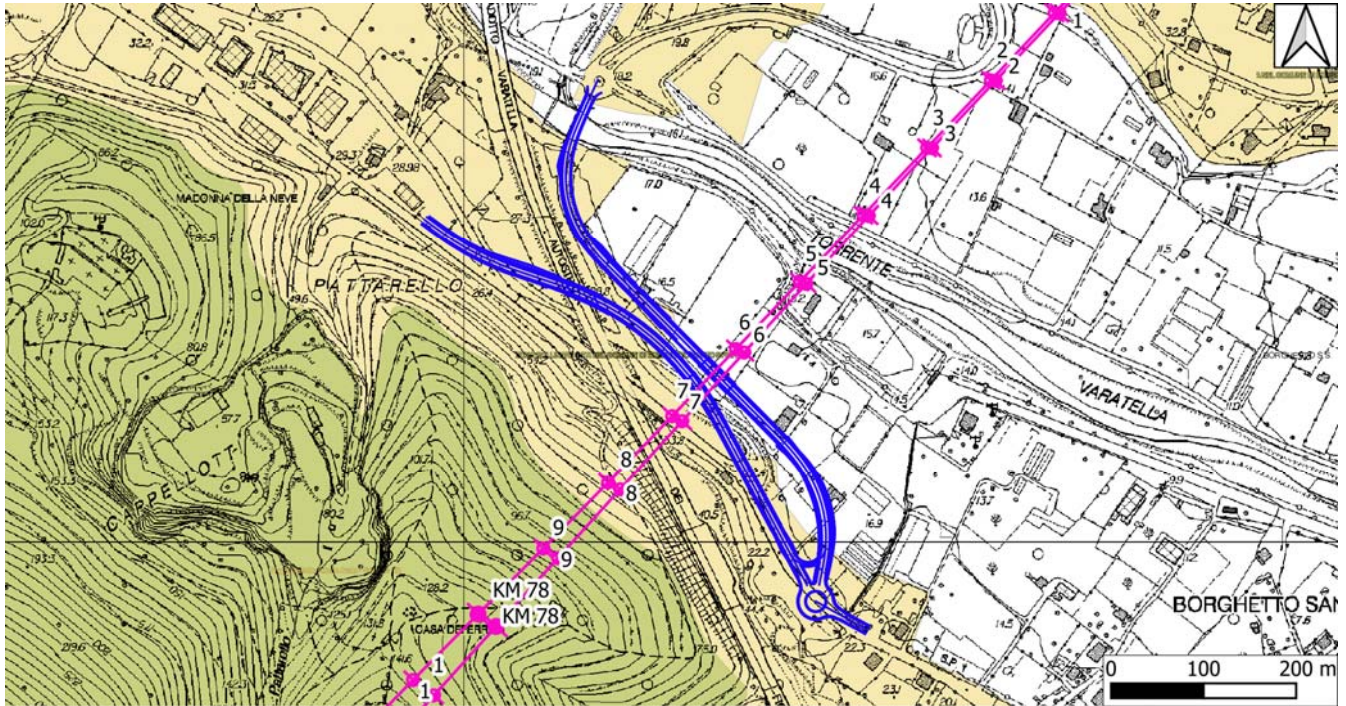


Figura 4.5 Viabilità NV05: vincolo paesaggistico, parchi e aree protette (scala grafica). In blu la nuova viabilità, in magenta il tracciato ferroviario in progetto

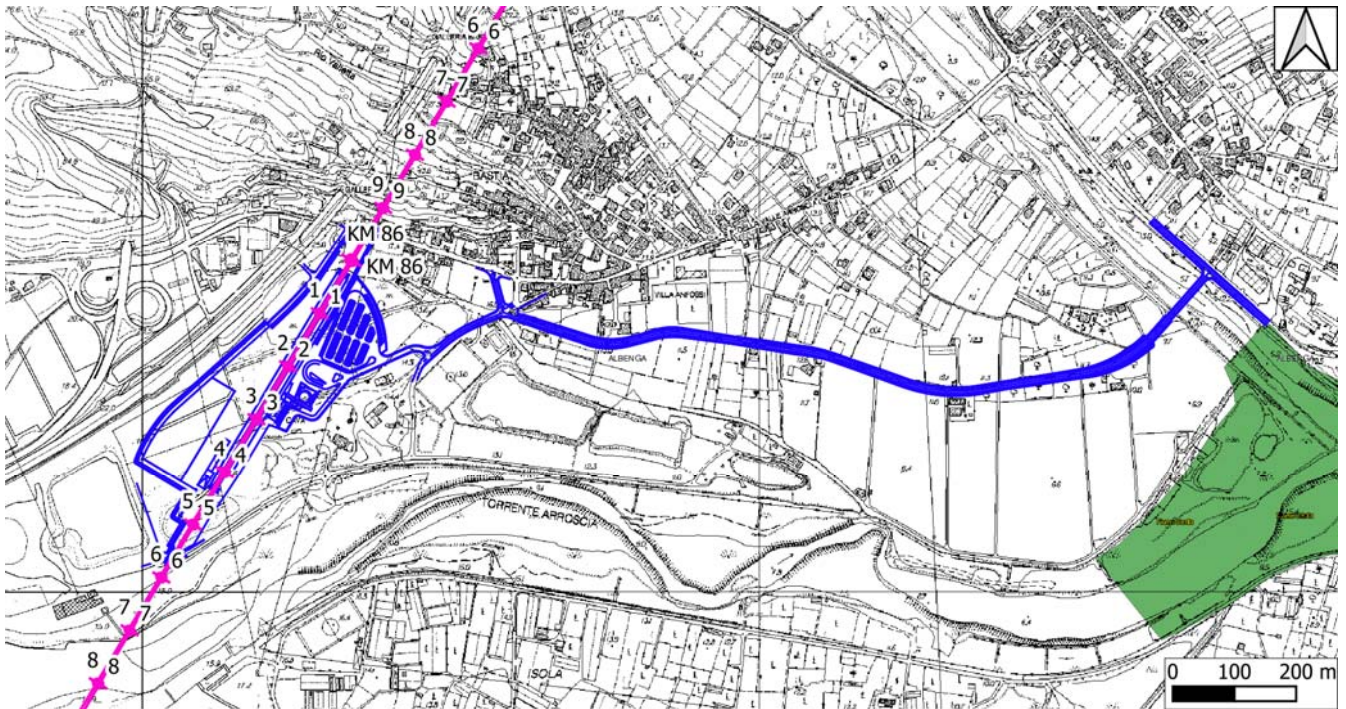


Figura 4.6 Viabilità NV06: vincolo paesaggistico, parchi e aree protette (scala grafica). In blu la nuova viabilità, in magenta il tracciato ferroviario in progetto

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE0001 003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 19 di 77</p>

5 VIABILITÀ NV01

5.1 Descrizione della viabilità

Il tracciato della nuova viabilità NV01 “collegamento fra lo svincolo di Pietra Ligure e Giustenice” è ubicato in prossimità della frazione Fornace, nel territorio comunale di Pietra Ligure, e presenta una lunghezza di 1003,312 metri. Esso si sviluppa a partire dalla via Lodi, alla quota di 23,86 metri slm, impostandosi sui depositi alluvionali del Torrente Scarincio e termina in prossimità di Cà Lodi, in via Ranzi, alla quota di 115,17 metri slm.

Il tracciato in progetto sostituirà, per la quasi totalità del suo sviluppo, l'esistente viabilità di via Lodi, attualmente non pavimentata (Figura 5.1).



Figura 5.1 Particolare della viabilità esistente di via Lodi

5.2 Indagini geognostiche disponibili

Per quanto concerne il tratto di viabilità NV01, nel presente paragrafo verranno descritte tutte le indagini in sito disponibili, caratterizzate da sondaggi, prove in foro e l'installazione di strumentazione di monitoraggio geotecnico.

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0001 003	A	20 di 77

Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06

In particolare, le indagini disponibili sono state eseguite nelle seguenti campagne di indagine, elencate e descritte nel seguito a partire da quella più recente:

- n. 1 sondaggio della campagna Italferr 2021;
- n. 2 sondaggi della campagna Italferr 2010.

È inoltre disponibile n.1 prova geofisica tipo HVSR associata a prova geofisica tipo Masw eseguita nella campagna indagini Italferr 2021.

In Tabella 5.1 si riporta il quadro riassuntivo dei sondaggi disponibili, con l'indicazione, per ciascun sondaggio, dei principali dati tecnici, quali sigla, campagna indagini di riferimento, ubicazione (coordinate nel sistema Gauss-Boaga o Roma40 e quota altimetrica), strumentazione installata e prove in foro.

Tabella 5.1 Elenco dei sondaggi disponibili per la viabilità NV01

Sigla	Camp. indagini	Coordinate (Gauss-Boaga)		Quota <i>m s.l.m.</i>	Strumentazione	Profondità (m)	Campioni	SPT	Lefranc/Lugeon	Dilatometriche	Pressiometriche
		Est	Nord								
SAF21-OC8	2021	1441911	4890119	-	-	5	0	2	1	0	0
SV1	2010	1441967	4890034	-	Piezometro Norton 2"	20					
SV2	2010	1441745	4889720	-	Piezometro Norton 2"	20					

Per l'ubicazione delle indagini si rimanda all'elaborato allegato "Carta e profilo geologico viabilità NV01" (elab. IV0I00D69N6GE0001001A), mentre per il dettaglio delle risultanze si rimanda ai rapporti e ai certificati di prova riportati nei documenti: "Report delle indagini geognostiche e prove in situ - campagna 2021" (elab. IV0I00D69SGGE0001001A) e "Indagini geognostiche: campagna 2010 sondaggi per viabilità NV01-NV05-NV06" (elab. IV0I00D69SGGE0005005A).

Le risultanze delle indagini in sito sono state utilizzate sia ai fini della ricostruzione del profilo geologico-geotecnico allegato, sia per la caratterizzazione geotecnica e geomeccanica di terreni e rocce, per la quale si rimanda ai paragrafi 3.4 e 3.5 della presente relazione.

5.3 Caratterizzazione stratigrafica

Nell'ambito dell'adeguamento della viabilità interferente in progetto, si riporta nel seguito la descrizione delle unità geotecniche e delle formazioni litoidi individuate sulla base dei sondaggi disponibili.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06</p>	<p>COMMESSA</p> <p>IV01</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>GE0001 003</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>21 di 77</p>

5.3.1 Unità geotecniche

Unità 1 (riporto antropico): materiale di riporto eterogeneo ed eterometrico, costituito in prevalenza da ghiaia con sabbia debolmente limosa; presenza di ciottoli, clasti poligenici angolari e laterizi.

Unità 2 depositi alluvionali prevalentemente incoerenti: sabbie medio-fini e sabbie medio-grossolane, con ghiaia fine debolmente limosa; presenza di clasti poligenici, da arrotondati a ben arrotondati, diametro massimo 0,5÷1,5 cm.

Quarziti di Ponte di Nava (PDN-qz): bancate di potenza decimetrica di arenarie quarzose a granulometria da media a fine di colore grigio o verdino generalmente ben cementate, con intercalazioni di peliti verso la sommità; localmente si possono avere degli arricchimenti in clorite, miche bianche o sericite tali da portare a facies eminentemente quarzoscistiche. (Scitico). La formazione è stata assimilata ad un terreno poiché appare in sondaggio completamente destrutturata, disgregata, con valori di RQD nulli e valori di N_{SPT} (compresi tra 17 e 41, con una media di 27) tipici di un terreno incoerente moderatamente addensato.

5.3.2 Formazioni litoidi

Porfiroidi del Melogno (PDM-por): porfiroidi ad aspetto generalmente massivo con anisotropie planari sviluppate e localmente molto pervasive, talora polifasiche, di colore verde, se su superficie fresca, o marrone su superficie alterata, finemente scistosi, con tessitura a bande millimetriche, alternativamente biancastre e verdastre con relativamente pochi fenocristalli sub-centimetrici di quarzo e K-feldspato. (Permico medio? – Carbonifero sup.?).

5.4 Considerazioni di carattere geologico e geomorfologico

Il tracciato in progetto inizia al limitare del fondovalle del torrente Scarincio, senza mai interessare direttamente i depositi alluvionali quaternari; esso è impostato direttamente sul substrato roccioso, rappresentato dapprima dai Porfiroidi del Melogno (PDM-por) che passano, per faglia, alle Quarziti di Ponte di Nava (PDN-qz) in corrispondenza della progressiva 0+350. Lungo il tracciato sono localmente presenti spessori di terreno di riporto antropico con spessori generalmente compreso tra 0,5 e 2 metri, salvo nell'ultimo tratto, oltre la pk 0+880, dove tali spessori possono raggiungere anche i 5÷6 metri.

5.4.1 Analisi delle criticità

Con riferimento alla carta geologica ed al profilo geologico elaborati a corredo del presente studio, e sulla base dalle osservazioni effettuate in sopralluogo e dall'indagine aerofotointerpretativa, nel seguito si illustreranno brevemente le principali peculiarità geologiche e geomorfologiche riscontrate lungo il tracciato, al fine anche di segnalare eventuali elementi di criticità per l'opera in progetto.

In corrispondenza dell'inizio del tracciato in progetto e nelle sue immediate vicinanze, fino alla progressiva 0+320 circa, la carta della suscettività al dissesto dei versanti del Piano di Bacino del torrente Maremola (Provincia di Savona) cartografa una "area a suscettività molto alta (area in frana attiva)". L'analisi aerofotointerpretativa ha permesso di osservare la presenza di una parete sub-verticale con nessun indizio di movimenti franosi in atto e/o potenziali. L'analisi diretta durante il sopralluogo ha poi permesso di osservare come sia effettivamente presente una parete sub-verticale dove affiora la formazione dei Porfiroidi del Melogno (Figura 5.2); tale affioramento è stato in passato sede di fenomeni franosi per crollo ma esso appare oggi completamente stabilizzato mediante

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE0001 003	REV. A	FOGLIO 22 di 77

rafforzamento corticale (pannelli di reti e funi, Figura 5.3). Tale area quindi, diversamente da come indicato nella carta della suscettività al dissesto dei versanti del Piano di Bacino del torrente Maremola (Provincia di Savona) è stata indicata come “frana stabilizzata”, non sussistendo più la possibilità di una riattivazione del fenomeno di instabilità. Comunque, l’area interferisce solo per un piccolo tratto con il tracciato in progetto, tra le pk 0.280 e 0+320 circa.

Proseguendo in direzione sud-est lungo il tracciato, la carta geomorfologica del Piano di Bacino del torrente Maremola (Provincia di Savona) indica la presenza di un’area di estensione pari a circa 3,8 ha identificata come “riporto” che, in fregio all’autostrada A10, borda buona parte del tracciato in progetto, tra le progressive 0+130 e 0+960. Nel Piano di Bacino stralcio sul rischio idrogeologico della provincia di Savona relativo al torrente Maremola, in riferimento all’area indicata come riporto è scritto:

“si tratta di un’area pianeggiante al margine dell’autostrada; su di essa è stato realizzato un deposito con piazzali asfaltati. Non sono state riscontrate significative criticità idrogeologiche.

.....

A seguito di quanto emerso dal rilevamento di campagna si propone di associare a detta area una pericolosità geomorfologica bassa –Pg1-“

Tale area, quindi, in conformità con quanto indicato nella carta geomorfologica dei versanti del Piano di Bacino del torrente Maremola (Provincia di Savona), è stata indicata nella Carta geologica allegata al presente studio come “depositi antropici”. L’esame visivo dei luoghi durante il sopralluogo in sito ha permesso di confermare come i riporti siano ubicati ad una quota inferiore rispetto a quella della viabilità sia attuale che di progetto (Figura 5.4 e Figura 5.5); per quanto detto non sussistono criticità alcune di carattere geologico, geomorfologico ed idrogeologico.

Tutta la restante parte di tracciato è caratterizzato da una suscettività al dissesto media (PG2).

Per quanto riguarda le criticità idrauliche, conformemente al quanto indicato al paragrafo 3.1 non vi è alcunché da segnalare.

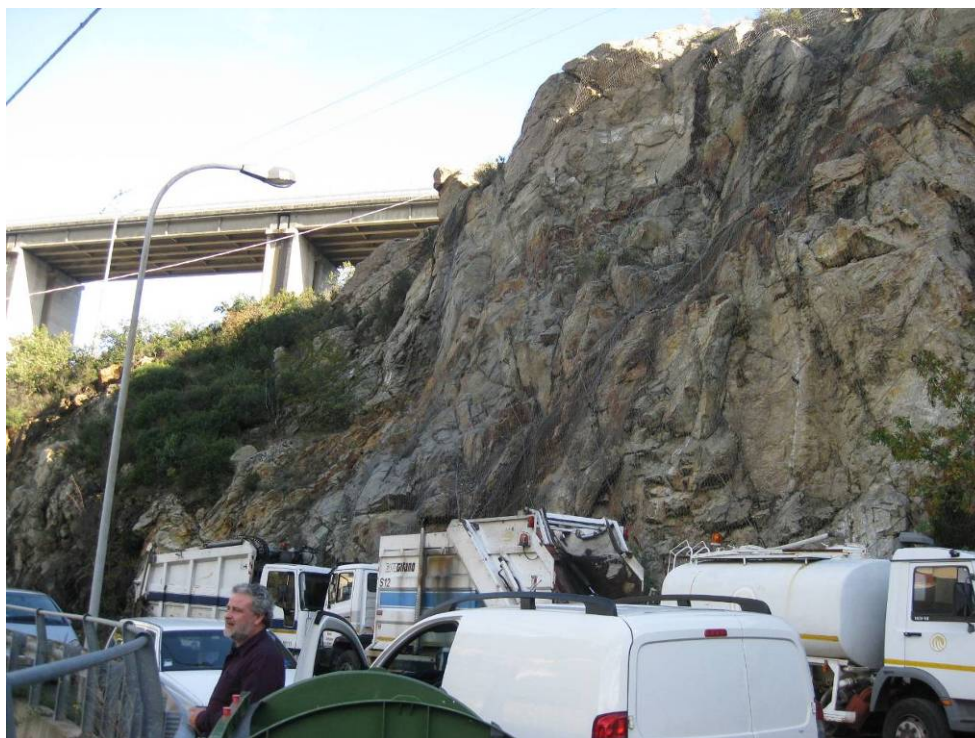


Figura 5.2 Parete sub-verticale in PDM-por in via Lodi (sullo sfondo il viadotto autostradale)



Figura 5.3 Particolare della parete di via Lodi



Figura 5.4 Viabilità attuale di via Lodi, sulla destra sono presenti i depositi antropici cartografati



Figura 5.5 viabilità attuale di via Lodi, sulla sinistra sono presenti i depositi antropici cartografati

5.5 Caratterizzazione geotecnica dei terreni

Ai fini della caratterizzazione geotecnica delle terre (unità 1 e PDN-qz) si è proceduto facendo riferimento alle prove in foro di tipo SPT eseguite nei sondaggi SV1 e SV2 (2010). Non si fornisce la caratterizzazione dell'unità 2 che, sebbene sia rappresentata nel profilo geologico, non interessa mai direttamente le opere in progetto.

Per i terreni incoerenti, a partire dai valori di N_{SPT} (Figura 5.6), sono stati ricavati i valori di densità relativa (Figura 5.7), angolo di resistenza al taglio (Figura 5.8) e modulo di Young (Figura 5.9), utilizzando le correlazioni riportate nella seguente Tabella 5.2.

Tabella 5.2 Correlazioni geotecniche utilizzate per l'interpretazione delle prove SPT

Parametro ricavato	Autori	Parametri di base
Densità relativa (D_r)	Schultze & Menzenbach	N_{SPT} , pressione litostatica efficace
Angolo di resistenza al taglio (ϕ')	Japanese National Railway	N_{SPT} ,
Modulo di Young (E')	D'Apollonia et alii	N_{SPT} , litologia

Ai fini della definizione del modulo di Young (E') delle Quarziti di Ponte di Nava sono inoltre disponibili n.2 prove pressiometriche in foro, realizzate nel foro di sondaggio SV2. Si riportano nella seguente Tabella 5.3 i valori ottenuti.

Tabella 5.3 Riepilogo delle prove pressiometriche disponibili

Sondaggio	Prova n.	Prof. prova [m da p.c.]	Unità di riferimento	E_m [MPa]	E' [MPa]
SV2	1	9,6	PDN-qz	12,923	25,846
SV2	2	14,6	PDN-qz	24,509	49,017

In riferimento alle unità geotecniche individuate, nella seguente Tabella 5.4 si riportano gli intervalli di riferimento dei principali parametri geotecnici, che si possono ritenere medi operativi.

Tabella 5.4 Parametri geotecnici medi operativi delle unità litotecniche

	γ [kN/m ³]	D_r [%]	c_u [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	E' [MPa]
Unità 1	19,5	60÷65	-	0	30÷33	20÷30
PDN-qz	20,0	55÷60	-	0	32÷34	30÷50

Si segnala che la caratterizzazione geotecnica delle unità è stata condotta partendo dalle indagini puntuali estrapolate longitudinalmente lungo il tracciato in progetto; pertanto, i parametri geotecnici indicati potrebbero risultare localmente diversi da quelli indicati.

In relazione agli esigui dati disponibili, i parametri geotecnici medi di riferimento per le unità sono stati definiti anche in analogia ai valori determinati sulla linea principale del tracciato ferroviario Finale-Andora.

I parametri geotecnici caratteristici, ai sensi del DM 17/01/2018, dovranno essere assunti dal progettista in relazione anche allo specifico problema da affrontare.

Viabilità NV01

N_{SPT} colpi/0.3 m

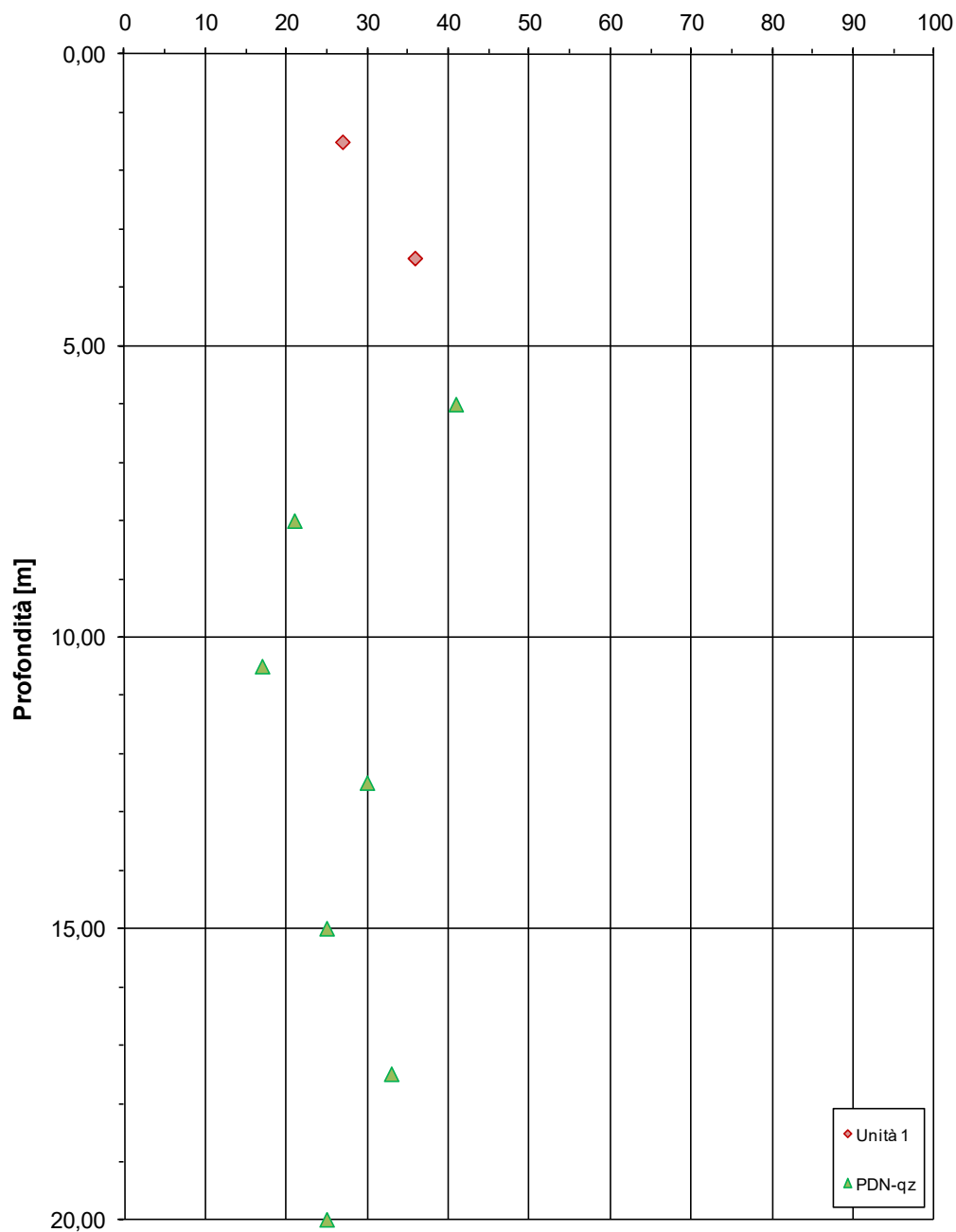


Figura 5.6 Valori di N_{SPT} in funzione della profondità

**N_{SPT} Viabilità NV01
INCOERENTI**

Densità relativa D_r [%]

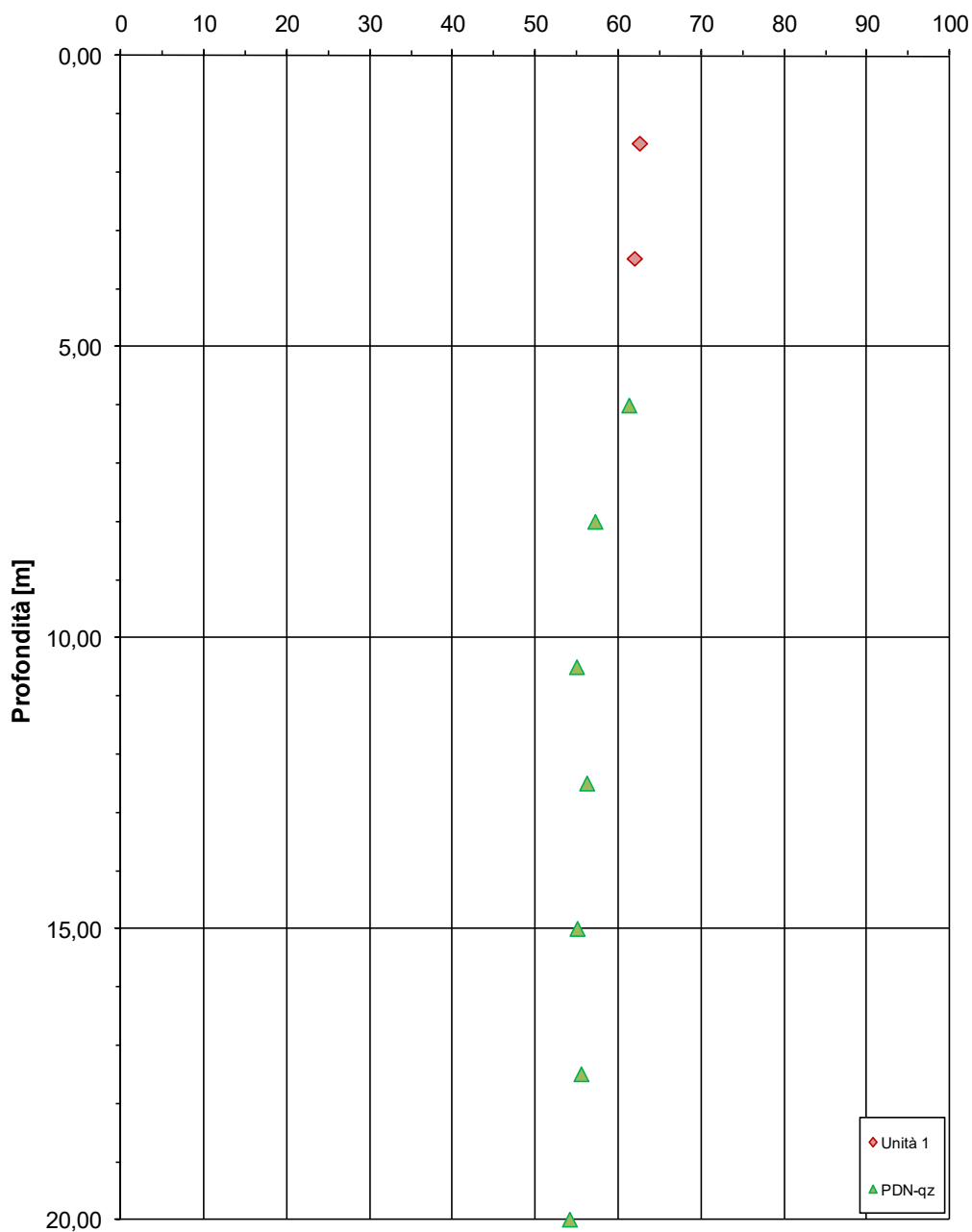


Figura 5.7 valori di D_r da SPT in funzione della profondità

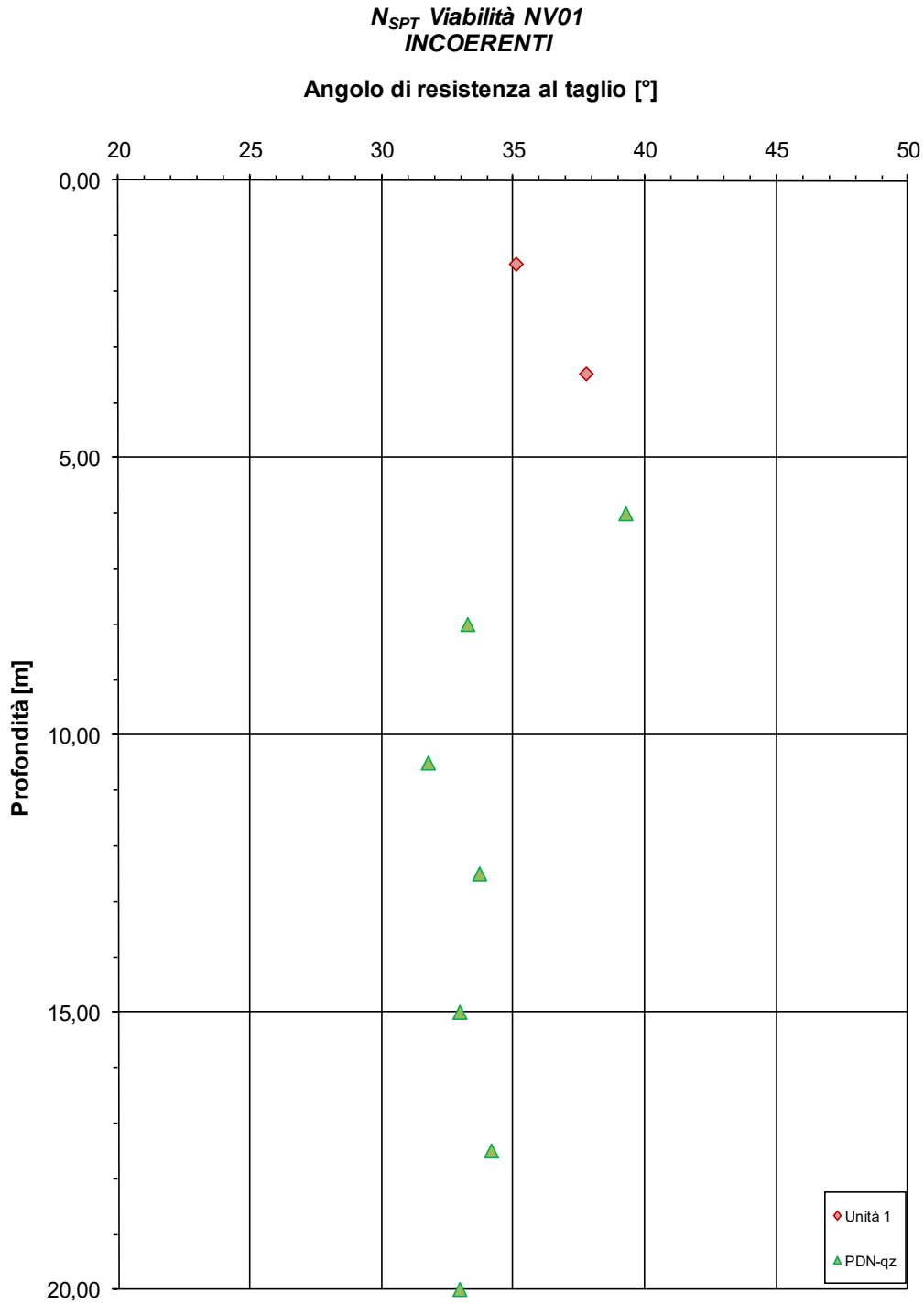


Figura 5.8 Valori di ϕ' da SPT in funzione della profondità

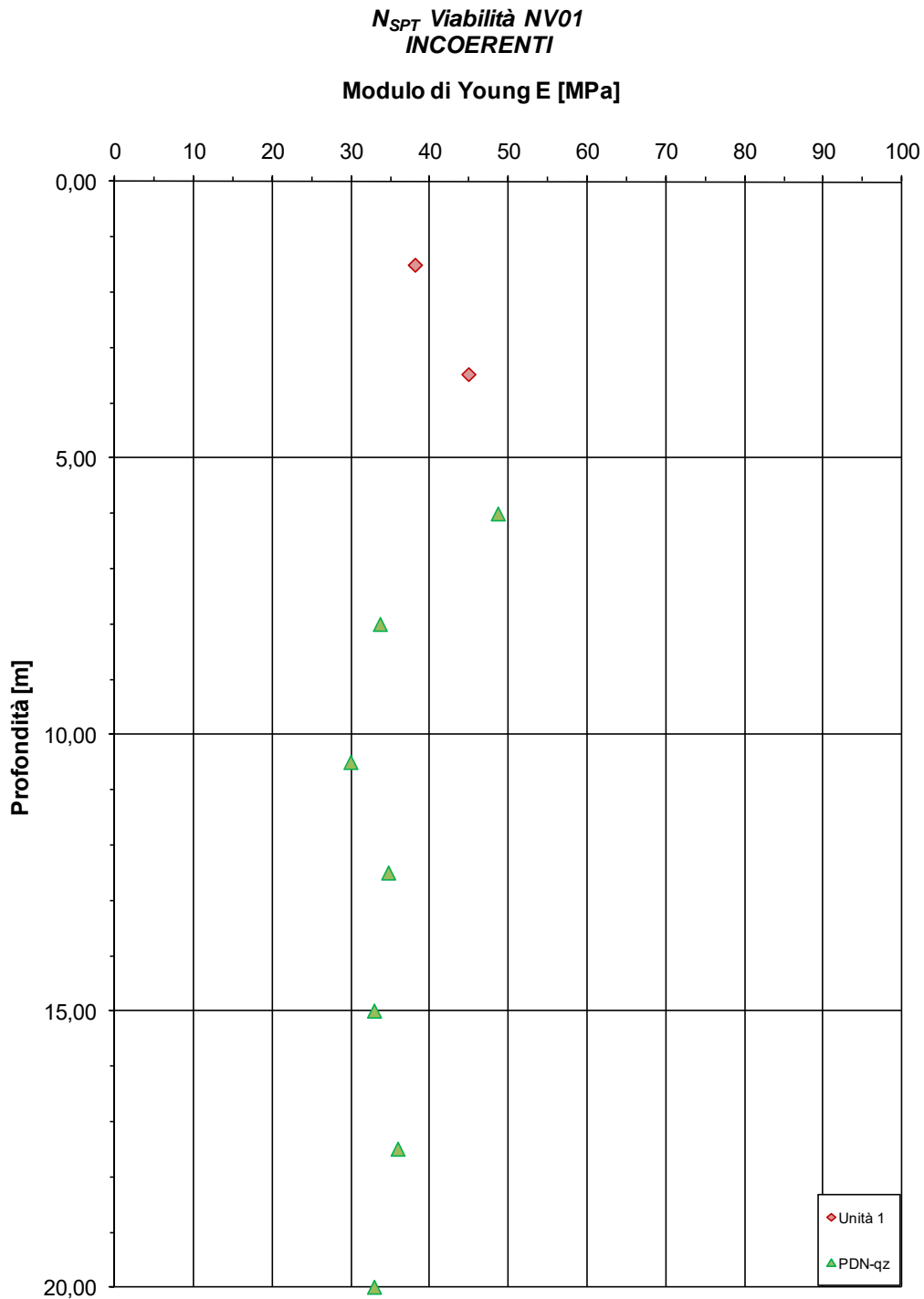


Figura 5.9 Valori di E' da SPT in funzione della profondità

5.6 Caratteristiche idrogeologiche

Allo scopo di ricostruire l'andamento del livello di falda, in data 17/11/2010 è stata effettuata la lettura dei due piezometri disponibili; nel piezometro SV1 il livello di falda è stato misurato a 4,38 metri di profondità da piano campagna, mentre nel piezometro SV2 il livello registrato è stato pari a 9,82 metri di profondità da piano campagna. Si desidera sottolineare che quest'ultimo valore potrebbe essere poco affidabile, in quanto appare probabile che il livello di falda non si sia ancora stabilizzato all'interno del piezometro, visti i soli 9 giorni intercorsi tra la posa del piezometro e la lettura di falda.

Ai fini della determinazione delle caratteristiche di permeabilità dei terreni attraversati, sono state realizzate n.3 prove di permeabilità di tipo Lefranc e n.2 prove di permeabilità di tipo Lugeon.

Si riportano nella seguente Tabella 5.5, i valori ottenuti.

Tabella 5.5 Riepilogo delle prove di permeabilità disponibili

Sondaggio	Prova n.	Tipo di prova	Prof. prova [m da p.c.]	Unità di riferimento	k [m/s]
SV1	1	Lugeon	4,5÷6,0	PDM-por	3,00 E-07
SV1	2	Lugeon	16,5÷18,0	PDM-por	2,00 E-07
SV2	1	Lefranc	5,0÷6,0	1	5,98 E-08
SV2	2	Lefranc	18,0÷19,0	PDN-qz	1,33 E-07
SAF21-OC8	1	Lefranc	2,5÷3,5	2	1,61 E-05

5.7 Caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi

Un ammasso roccioso è costituito da blocchi di materiale roccioso integro separati da giunti o da discontinuità. Il suo comportamento meccanico dipende quindi, sia dalle proprietà meccaniche del materiale roccioso intatto sia dalle caratteristiche delle discontinuità.

L'importanza relativa di questi due fattori è legata in primo luogo al rapporto tra la spaziatura delle discontinuità e la scala del problema in esame. Esistono, in linea generale, due approcci al problema: l'ammasso può essere considerato come un mezzo discontinuo nel quale i movimenti possono avvenire esclusivamente lungo le discontinuità oppure può essere approssimato ad un mezzo continuo (sebbene fisicamente non lo sia) ai fini del problema in esame ed il suo comportamento descritto tramite parametri complessivi.

Seguendo il primo approccio è necessario, oltre che conoscere l'orientazione delle discontinuità, effettuare una stima della resistenza al taglio disponibile lungo i piani di discontinuità basata sulle caratteristiche misurate. Nel secondo caso si ricorre generalmente a schemi classificativi di tipo empirico (RMR – Beniaowski, 1973; GSI – Hoek, 2000), che sono in grado di fornire i parametri progettuali di uso comune e che hanno dimostrato nel corso degli anni la loro validità ed applicabilità a casi reali.

Nel caso in esame, l'osservazione degli affioramenti disponibili e del loro comportamento fornisce importanti indicazioni circa il ruolo delle discontinuità e delle proprietà macroscopiche dell'ammasso.

Al fine della determinazione delle caratteristiche fisico – meccaniche del materiale intatto alla scala del campione si è fatto riferimento ai dati acquisiti durante le fasi rilevamento (martello di Schmidt) ed ai dati bibliografici.

5.7.1 Il criterio di rottura di Hoek e Brown

Si è fatto riferimento al criterio di rottura di Hoek-Brown generalizzato per gli ammassi rocciosi (Hoek - Brown Failure Criterion, 2002 edition). Quest'ultimo rappresenta un involucro di rottura curvo che, al contrario del classico criterio di Mohr-Coulomb utilizzato nell'ambito della meccanica delle terre, non può essere descritto da una coppia di parametri (coesione ed angolo d'attrito) nel piano sforzo normale-sforzo di taglio.

La formulazione originale prevede la descrizione dell'involucro di rottura nel piano degli sforzi principali:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \cdot \left(m_b \cdot \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

σ_c indica la resistenza a compressione uniaassiale del materiale intatto;

m_b , s ed a sono costanti che caratterizzano l'ammasso roccioso.

Per quanto riguarda le costanti m_b , s ed a , Hoek, Carranza-Torres e Corkum (2002) hanno proposto le seguenti relazioni con l'indice GSI:

$$m_b = m_i \cdot \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right);$$

$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right);$$


$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{-\frac{GSI}{15}} - e^{-\frac{20}{3}} \right);$$

in cui m_i è una costante che caratterizza il materiale roccioso, determinata mediante prove triassiali di laboratorio o stimata dai dati di letteratura. Per la valutazione del parametro m_i si è fatto inoltre riferimento alla seguente relazione ove erano disponibili prove di trazione indiretta ("Brasiliana"):

$$m_i \approx \sigma_c / \sigma_t$$

σ_t indica la resistenza alla trazione indiretta

La stima dei parametri di resistenza dell'ammasso (coesione e angolo di attrito) in termini equivalenti di Mohr-Coulomb è stata ottenuta linearizzando la curva di Hoek e Brown seguendo la procedura proposta dallo stesso Hoek (2002), ed implementata nel software RocLab della Rocscience (Canada). Per la trattazione analitica relativa

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE0001 003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 32 di 77</p>

al calcolo dei parametri di resistenza al taglio equivalenti in termini di Mohr-Coulomb si veda ad esempio “Meccanica delle rocce”, Bruschi, 2004.

La valutazione del modulo di deformazione E' dell'ammasso roccioso, in assenza di specifiche informazioni relative ai valori del modulo della roccia intatta, come consigliato da Hoek e Brown (2018), è stato effettuato in accordo alla formulazione di Hoek & Diederichs (2006):

$$E_{rm} = 10^5 \frac{1 - D/2}{1 + \exp[(75 + 25D - GSI)/11]}$$

, dove E è espresso in GPa.

Ove non siano disponibili dati diretti per il modulo intatto, è possibile fare riferimento alla seguente relazione:

$$E_i = MR \sigma_c$$

Ove il coefficiente MR può essere dedotto dalla seguente Tabella 5.6.

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06

IV01 00 D 69 RG GE0001 003 A 33 di 77

Rock type	Class	Group	Texture			
			Coarse	Medium	Fine	Very fine
Sedimentary	Clastic		Conglomerates 300 400	Sandstones 200 350	Siltstones 350 400	Claystones 200 300
			Breccias 230-350		Greywackes 350	Shales 150-250 ^a Marls 150-200
	Non-clastic	Carbonates	Crystalline limestones 400-600	Sparitic limestones 600-800	Micritic Limestones 800-1000	Dolomites 350-500
		Evaporites		Gypsum (350) ^b	Anhydrite (350) ^b	
	Organic				Chalk 1000+	
Metamorphic	Non-foliated		Marble 700-1000	Hornfels 400-700 Metasandstone 200-300	Quartzites 300-450	
	Slightly foliated		Migmatite 350 400	Amphibolites 400 500	Gneiss 300 750 ^a	
	Foliated ^a			Schists 250-1100 ^a	Phyllites/Mica Schist 300-800 ^a	Slates 400-600 ^a
Igneous	Plutonic	Light	Granite ^c 300-550 Granodiorite ^c 400-450	Diorite ^c 300-350		
		Dark	Gabbro 400-500 Norite 350-400	Dolerite 300-400		
	Hypabyssal			Porphyries (400) ^b	Diabase 300-350	Peridotite 250-300
	Volcanic	Lava		Rhyolite 300-500 Andesite 300-500	Dacite 350-450 Basalt 250-450	
		Pyroclastic	Agglomerate 400-600	Volcanic breccia (500) ^b	Tuff 200-400	

^aHighly anisotropic rocks: the value of MR will be significantly different if normal strain and/or loading occurs parallel (high MR) or perpendicular (low MR) to a weakness plane. Uniaxial test loading direction should be equivalent to field application.

^bNo data available, estimated on the basis of geological logic.

^cFelsic Granitoids: coarse grained or altered (high MR), fined grained (low MR).

Tabella 5.6 Linee guida per la selezione del modulus ratio (MR) basato su Deere (1968), Palmstrong – Singh (2001)

I parametri geomeccanici delle unità in termini di Mohr-Coulomb e di modulo di deformazione di ammasso sono stati calcolati in funzione dell'intervallo dei valori di GSI determinati in campagna e come riportato in Tabella 6, per le quali si intende:

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06

IV01 00 D 69 RG GE0001 003 A 34 di 77

 γ = Peso di volume

GSI = Geological Strength Index

 m_i = Costante del materiale

 σ_c = compressione monoassiale del materiale intatto (definito mediante prove effettuate in sito con il Martello di Schmidt)

 E_i = Modulo del materiale intatto (definito mediante la prova dilatometrica effettuata nel sondaggio SV1)

MR = Modulus ratio

In Figura 5 e Figura 6 sono riportati nel dettaglio gli involucri di rottura nel piano sigma – tau e la relativa linearizzazione in termini di Mohr – Coulomb.

Tabella 5.7 Parametri geotecnici medi operativi delle unità litotecniche

	γ [kN/m ³]	GSI	m_i	γ_c [MPa]	E_i [MPa]	MR
PDM-por	27,0	35÷40	15	40	2800	400

Tabella 5.8 Parametri geotecnici medi operativi delle unità litotecniche

	c' [kPa]	φ' [°]	E_{rm} [MPa]
PDN-qz	1500÷1700	29÷31	300÷450

Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 40 MPa
 GSI = 35 m_i = 15 Disturbance factor (D) = 0
 intact modulus (E_i) = 2800 MPa

Hoek-Brown Criterion

m_b = 1.472 s = 0.0007 a = 0.516

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 1.782 MPa friction angle = 29.47 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.020 MPa
 uniaxial compressive strength = 0.963 MPa
 global strength = 6.106 MPa
 deformation modulus = 317.54 MPa

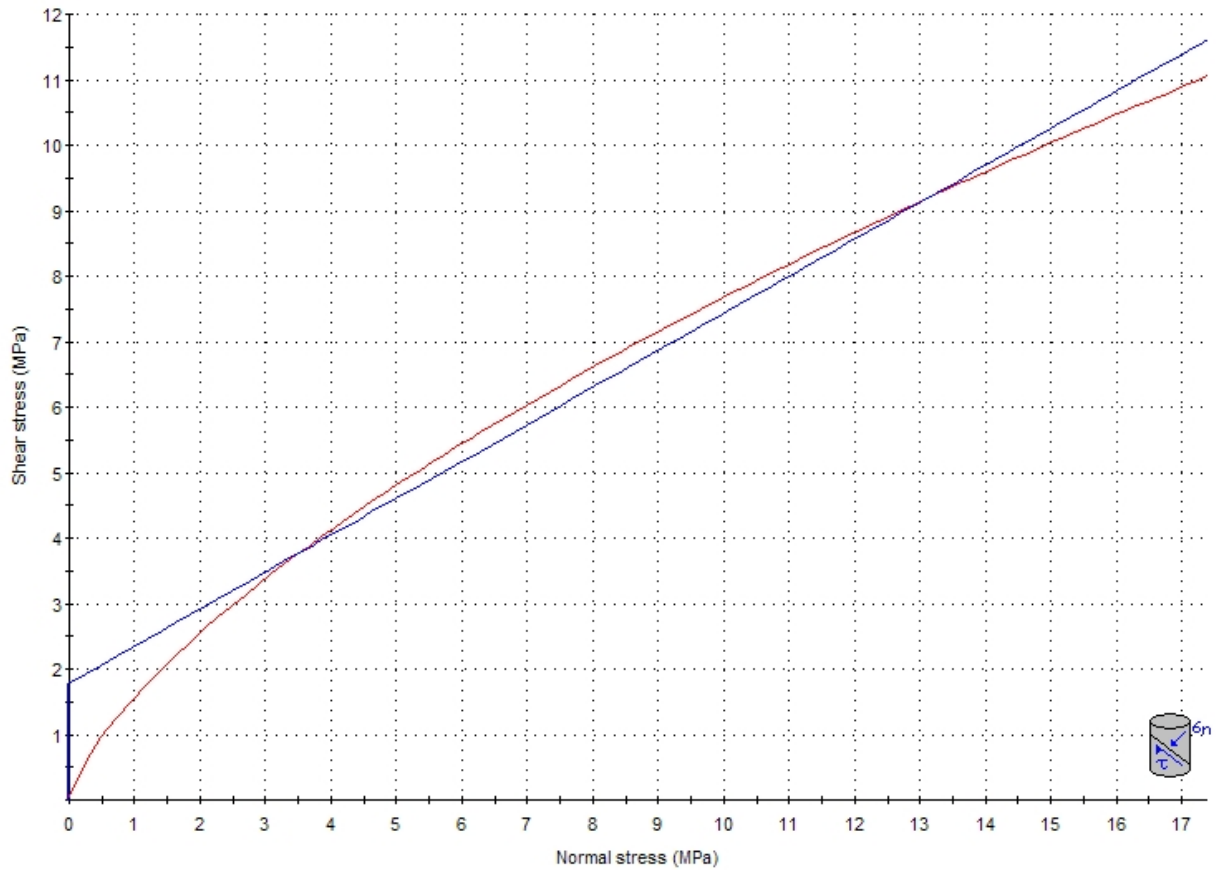


Figura 5.10 involucri di rottura e relativa linearizzazione in termini di Mohr – Coulomb (per GSI=35)

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0001 003	A	36 di 77

Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 40 MPa
 GSI = 40 m_i = 15 Disturbance factor (D) = 0
 intact modulus (E_i) = 2800 MPa

Hoek-Brown Criterion

m_b = 1.760 s = 0.0013 a = 0.511

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 1.935 MPa friction angle = 30.98 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.029 MPa
 uniaxial compressive strength = 1.323 MPa
 global strength = 6.839 MPa
 deformation modulus = 447.03 MPa

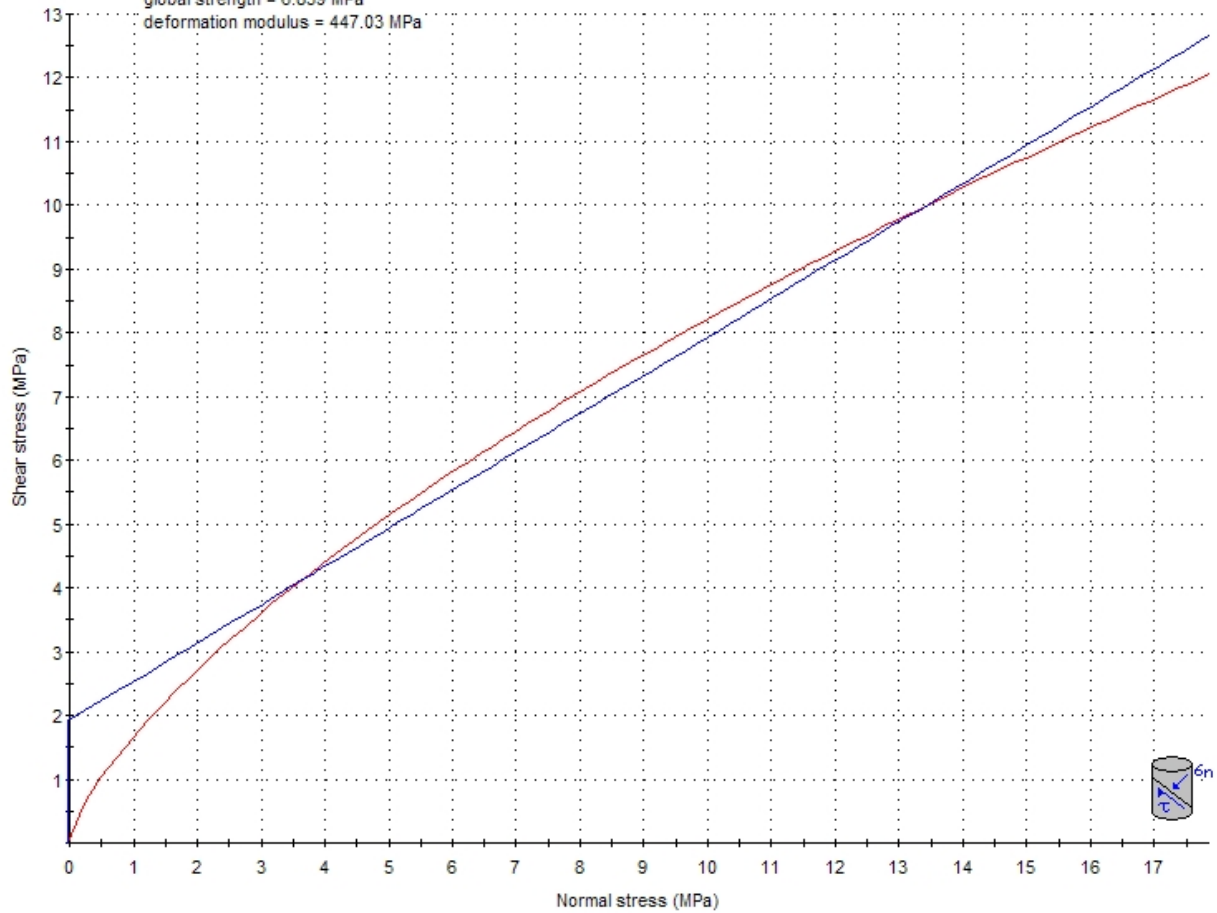


Figura 5.11 involucri di rottura e relativa linearizzazione in termini di Mohr – Coulomb (per GSI=40)

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE0001 003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 37 di 77</p>

6 VIABILITÀ NV05

6.1 Descrizione della viabilità

Il tracciato della nuova viabilità NV05 “Strada Provinciale Borghetto Santo Spirito-Bardinetto” è ubicato in prossimità di via Toirano nel comune di Borghetto Santo Spirito, e presenta una lunghezza di 657,816 metri. Esso ha inizio, alla quota di 21,50 metri slm, nelle vicinanze del viadotto autostradale sul torrente Varatella, e si sviluppa in fregio alla stessa autostrada dei Fiori in direzione NW-SE terminando, alla quota di 21,37 metri slm, in prossimità della rotonda su via Toirano, dopo aver sottopassato la linea principale del tracciato ferroviario Finale-Andora in progetto.

Il tracciato in progetto sostituirà, per la quasi totalità del suo sviluppo, l’esistente viabilità della SP n.60 (Figura 6.1).



Figura 6.1 Vista dell’area sulla quale insisterà il tracciato in progetto

PROGETTO DEFINITIVO
Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0001 003	A	38 di 77

6.2 Indagini geognostiche disponibili

Per quanto concerne il tratto di viabilità NV05, nel presente paragrafo verranno descritte tutte le indagini in sito disponibili, caratterizzate da sondaggi, prove in foro e l'installazione di strumentazione di monitoraggio geotecnico.

In particolare, le indagini disponibili sono state eseguite nelle seguenti campagne di indagine, elencate e descritte nel seguito a partire da quella più recente:

- n. 2 sondaggi della campagna Italferr 2021;
- n. 1 sondaggio della campagna Italferr 2010;
- n. 1 sondaggio della campagna Italferr 2001.

È inoltre disponibile n.1 prova geofisica tipo HVSR associata a prova geofisica tipo Masw eseguita nella campagna indagini Italferr 2021

In Tabella 6.1 si riporta il quadro riassuntivo dei sondaggi disponibili, con l'indicazione, per ciascun sondaggio, dei principali dati tecnici, quali sigla, campagna indagini di riferimento, ubicazione (coordinate nel sistema Gauss-Boaga o Roma40 e quota altimetrica), strumentazione installata e prove in foro.

Tabella 6.1 Elenco dei sondaggi disponibili per la viabilità NV05

Sigla	Camp. indagini	Coordinate (Gauss-Boaga)		Quota <i>m s.l.m.</i>	Strumentazione	Profondità (m)	Campioni	SPT	Lefranc/Lugeon	Dilatometriche	Pressiometriche
		Est	Nord								
SAF21-OC15	2021	1438180	4885245	-	-	5	0	2	1	0	0
SAF21-OC16	2021	1438367	4884992	-	-	5	0	2	1	0	0
SV3	2010	1438086	4885467	-	Piezometro Norton 2"	30	8	10	2	0	0
BH22	2001	1438280	4885205			20	4	4	1	0	0

Per l'ubicazione delle indagini si rimanda all'elaborato allegato "Carta e profilo geologico viabilità NV05" (elab. IV0I00D69N6GE0001002A), mentre per il dettaglio delle risultanze si rimanda ai rapporti e ai certificati di prova riportati nei documenti: "Report delle indagini geognostiche e prove in situ - campagna 2021" (elab. IV0I00D69SGGE0001001A), "Indagini geognostiche: campagna 2010 sondaggi per viabilità NV01-NV05-NV06" (elab. IV0I00D69SGGE0005005A) e "Report delle indagini geognostiche e prove in situ - campagna precedente" (elab. IV0I00D69SGGE0001002A).

Le risultanze delle indagini in sito sono state utilizzate sia ai fini della ricostruzione del profilo geologico-geotecnico allegato, sia per la caratterizzazione geotecnica dei terreni, per la quale si rimanda al paragrafo 6.5 della presente relazione.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE0001 003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 39 di 77</p>

6.3 Caratterizzazione stratigrafica

Nell'ambito dell'adeguamento della viabilità interferente in progetto, si riporta nel seguito la descrizione delle unità geotecniche individuate sulla base dei sondaggi disponibili.

Unità 1 riporto antropico: materiale di riporto eterogeneo ed eterometrico, costituito in prevalenza da ghiaia con sabbia debolmente limosa; presenza di ciottoli, clasti poligenici angolari e laterizi.

Unità 2 depositi alluvionali prevalentemente incoerenti: sabbie medio-fini e sabbie medio-grossolane, con ghiaia fine debolmente limosa; presenza di clasti poligenici, da arrotondati a ben arrotondati, diametro massimo 0,5÷1,5 cm.

Unità 3 depositi alluvionali prevalentemente coesivi: argilla limosa a tratti sabbiosa, talora con ghiaia di colore giallo-marrone con screziature rossicce e arancioni.

Conglomerati di Monte Villa - facies incoerente (CMV-i): orizzonti metrici di sabbie limose e limi sabbiosi debolmente ghiaiosi, di colore marrone, molto addensato, con sporadica presenza di piccoli frammenti di gusci di molluschi. (Pliocene sup. – medio?)

6.4 Considerazioni di carattere geologico e geomorfologico

Il tracciato in progetto si imposta, per tutta la sua lunghezza, sui depositi alluvionali del torrente Varatella. Nel primo sottosuolo, al di sotto di uno spessore variabile tra 1 e 5 metri circa di terreni di riporto si rinviene un'alternanza di terreni di origine alluvionale, alternativamente incoerenti e coesivi, fino a circa 13÷15 metri di profondità dal piano campagna. La formazione di substrato, ben riconoscibile al di sotto dei terreni alluvionali, è rappresentata dalla facies incoerente della formazione pliocenica dei Conglomerati di Monte Villa (CMV-i).

6.4.1 Analisi delle criticità

Con riferimento alla carta geologica ed al profilo geologico elaborati a corredo del presente studio, e sulla base dalle osservazioni effettuate in sopralluogo e dall'indagine aerofotointerpretativa, è possibile affermare che non vi sono criticità in atto e/o potenziali per la tratta in progetto. Inoltre, nella cartografia del PAI, come indicato al paragrafo 3.2, il tracciato è situato in corrispondenza di aree caratterizzate da una suscettività al dissesto molto bassa e bassa (PG0 e PG1); in riferimento alla pericolosità idraulica la tratta iniziale del tracciato fino alla pk 0+150 è cartografata in fascia A e B, è inoltre presente un tratto caratterizzato dalle fasce B e C tra le pk 0+250 e 0+525.

Si segnala, infine, la potenziale interferenza con un pozzo ubicato in corrispondenza della progressiva 0+075, circa 30 metri fuori asse in direzione est rispetto al tracciato. Tale pozzo è indicato dalla sigla identificativa 23-C, ha una profondità di 21 metri da piano campagna ed è utilizzato a scopo idropotabile per l'acquedotto comunale "Crescea2". Sebbene nel tratto considerato il tracciato si sviluppi totalmente a raso (la differenza tra la quota del terreno e la quota di progetto è sempre dell'ordine di 10 cm) alla luce delle attuali conoscenze non è possibile escludere il rischio di possibili contaminazioni della falda freatica in seguito a sversamenti accidentali in fase di cantiere e di esercizio.

6.5 Caratterizzazione geotecnica dei terreni

Ai fini della caratterizzazione geotecnica delle unità individuate, si è proceduto facendo riferimento alle prove in foro di tipo SPT eseguite nei sondaggi SV3 (2010) e BH22 (2001).

Per i terreni incoerenti, a partire dai valori di N_{SPT} (Figura 6.2), sono stati ricavati i valori di densità relativa (Figura 6.3), angolo di resistenza al taglio (Figura 6.4) e modulo di Young (Figura 6.5); mentre per i terreni coesivi sono stati ricavati i valori di coesione non drenata (Figura 6.6) e modulo edometrico (Figura 6.7) utilizzando le correlazioni riportate nella seguente Tabella 6.2.

Tabella 6.2 Correlazioni geotecniche utilizzate per l'interpretazione delle prove SPT

Parametro ricavato	Autori	Parametri di base
Densità relativa (D_r)	Schultze & Menzenbach	N_{SPT} , pressione litostatica efficace
Angolo di resistenza al taglio (φ')	Japanese National Railway	N_{SPT} ,
Modulo di Young (E')	D'Apollonia et alii	N_{SPT} , litologia
Coesione non drenata	Terzaghi & Peck	N_{SPT} ,
Modulo edometrico (M)	Stroud & Butler	N_{SPT} , litologia

In riferimento alle unità geotecniche individuate, nella seguente Tabella 6.3 si riportano gli intervalli di riferimento dei principali parametri geotecnici, che si possono ritenere medi operativi.

Tabella 6.3 Parametri geotecnici medi operativi delle unità litotecniche

	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	c' [kPa]	φ' [°]	E' [MPa]	OCR
Unità 1	19,5	-	-	28÷29	15÷25	-
Unità 2	20,0	-	0	32÷35	30÷50	-
Unità 3	19,0	60÷120	3÷8	24÷27	6÷15	2÷8
CMV-i	20,5	-	0÷5	29÷33	20÷40	-

Si segnala che la caratterizzazione geotecnica delle unità è stata condotta partendo dalle indagini puntuali estrapolate longitudinalmente lungo il tracciato in progetto; pertanto, i parametri geotecnici indicati potrebbero risultare localmente diversi da quelli indicati.

In relazione agli esigui dati disponibili, i parametri geotecnici medi di riferimento per le unità sono stati definiti anche in analogia ai valori determinati sulla linea principale del tracciato ferroviario Finale-Andora.

I parametri geotecnici caratteristici, ai sensi del DM 17/01/2018, dovranno essere assunti dal progettista in relazione anche allo specifico problema da affrontare.

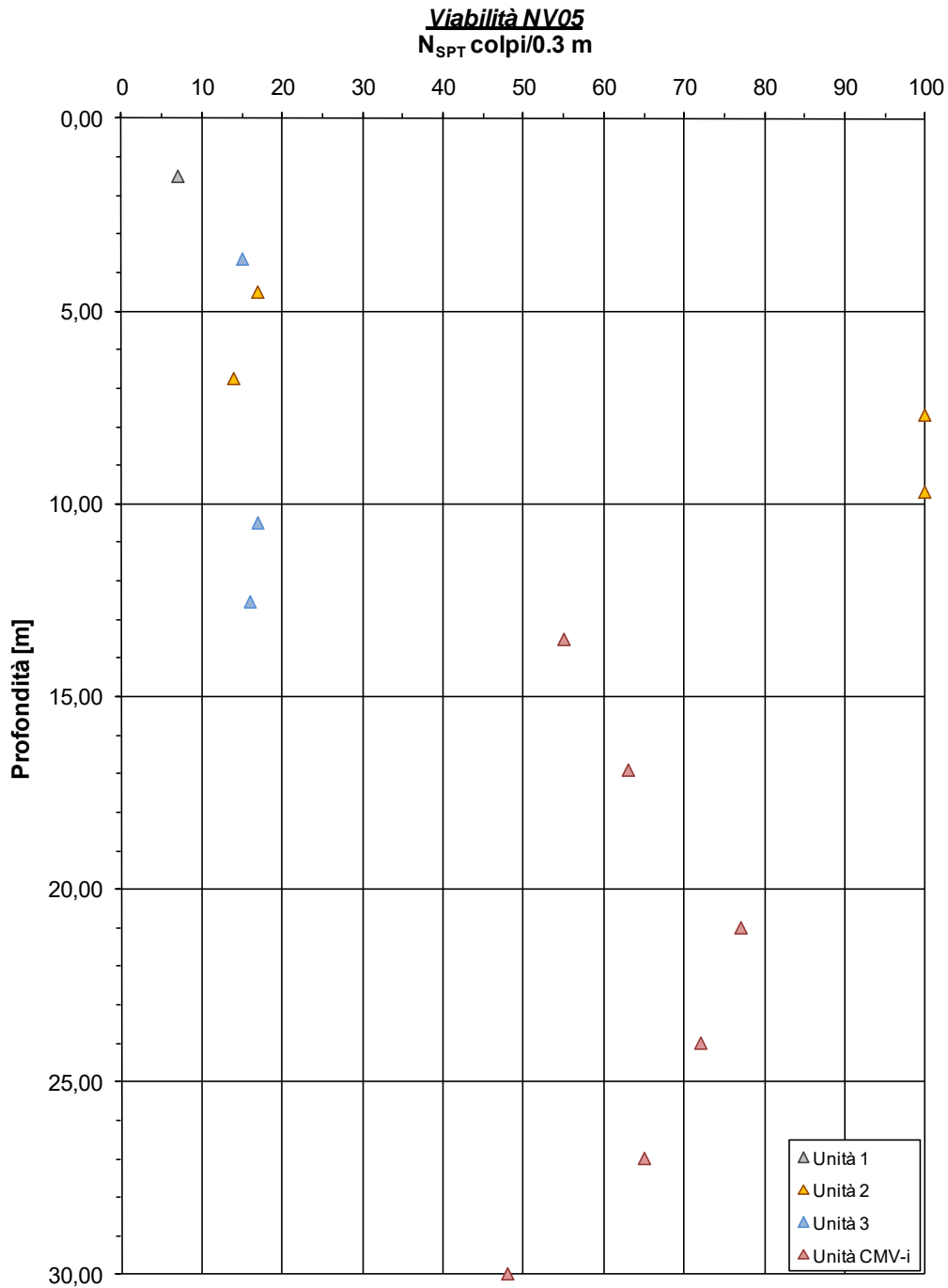


Figura 6.2 Valori di N_{SPT} in funzione della profondità

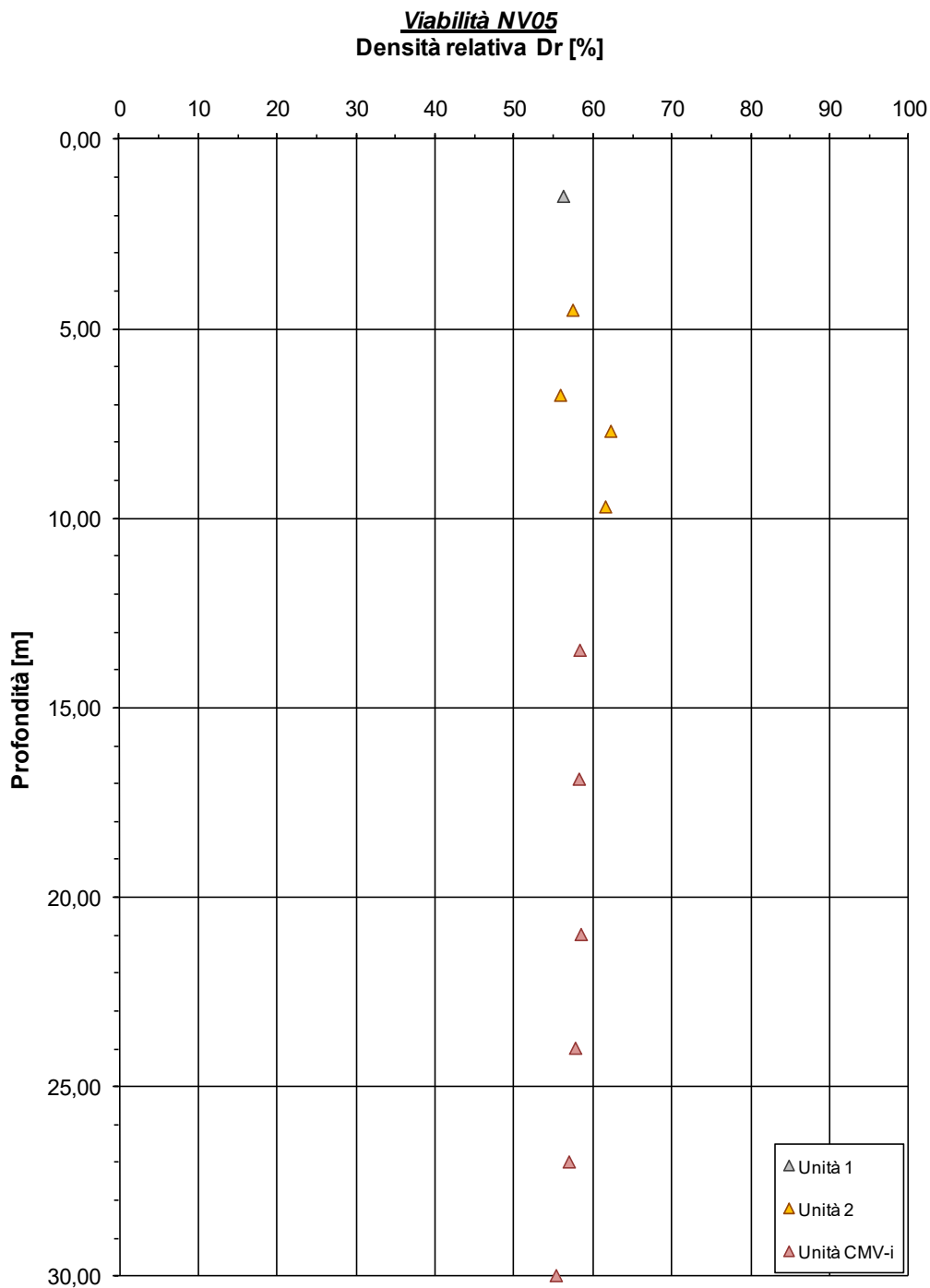


Figura 6.3 valori di D_r da SPT in funzione della profondità

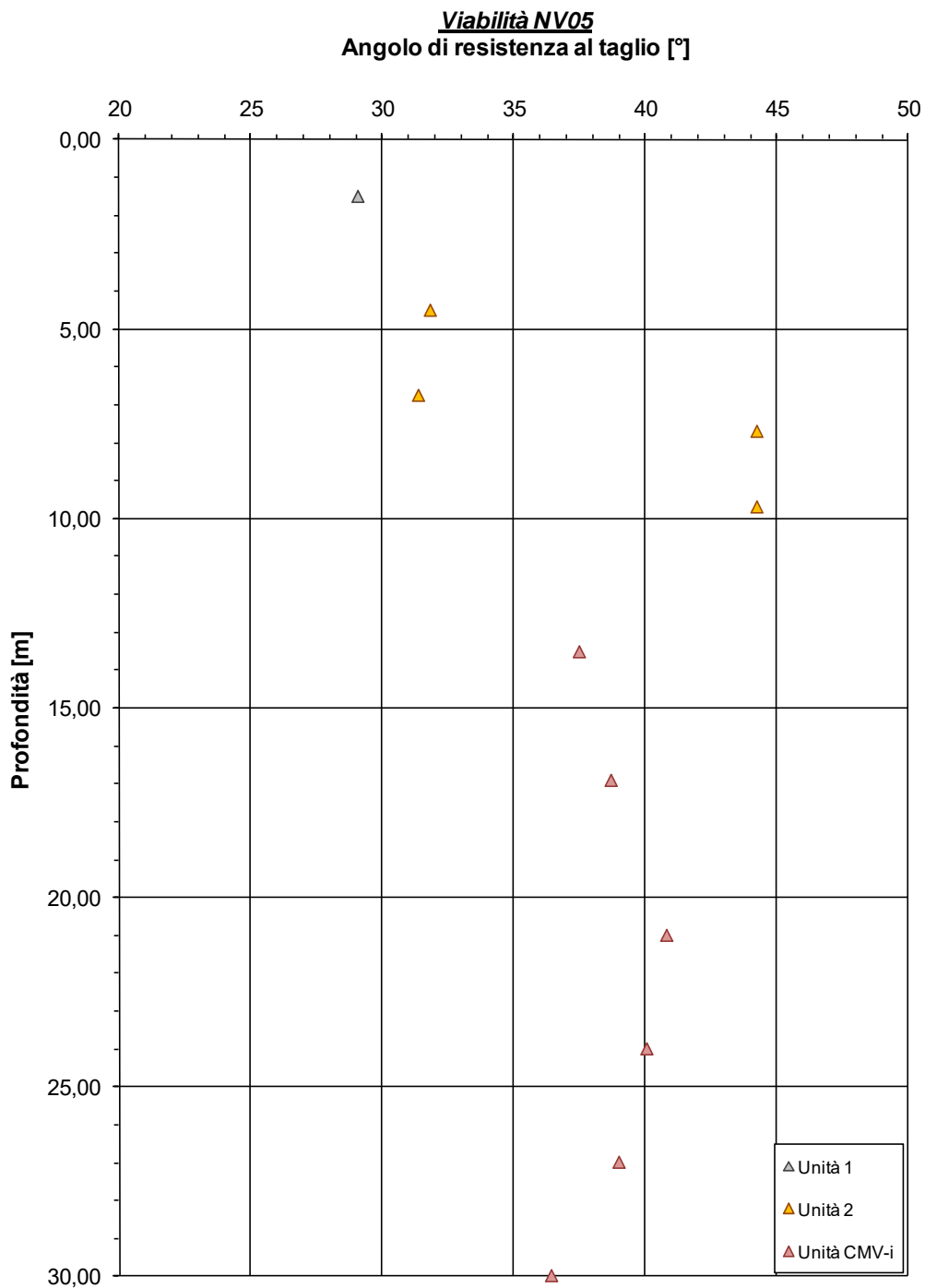


Figura 6.4 Valori di ϕ' da SPT in funzione della profondità

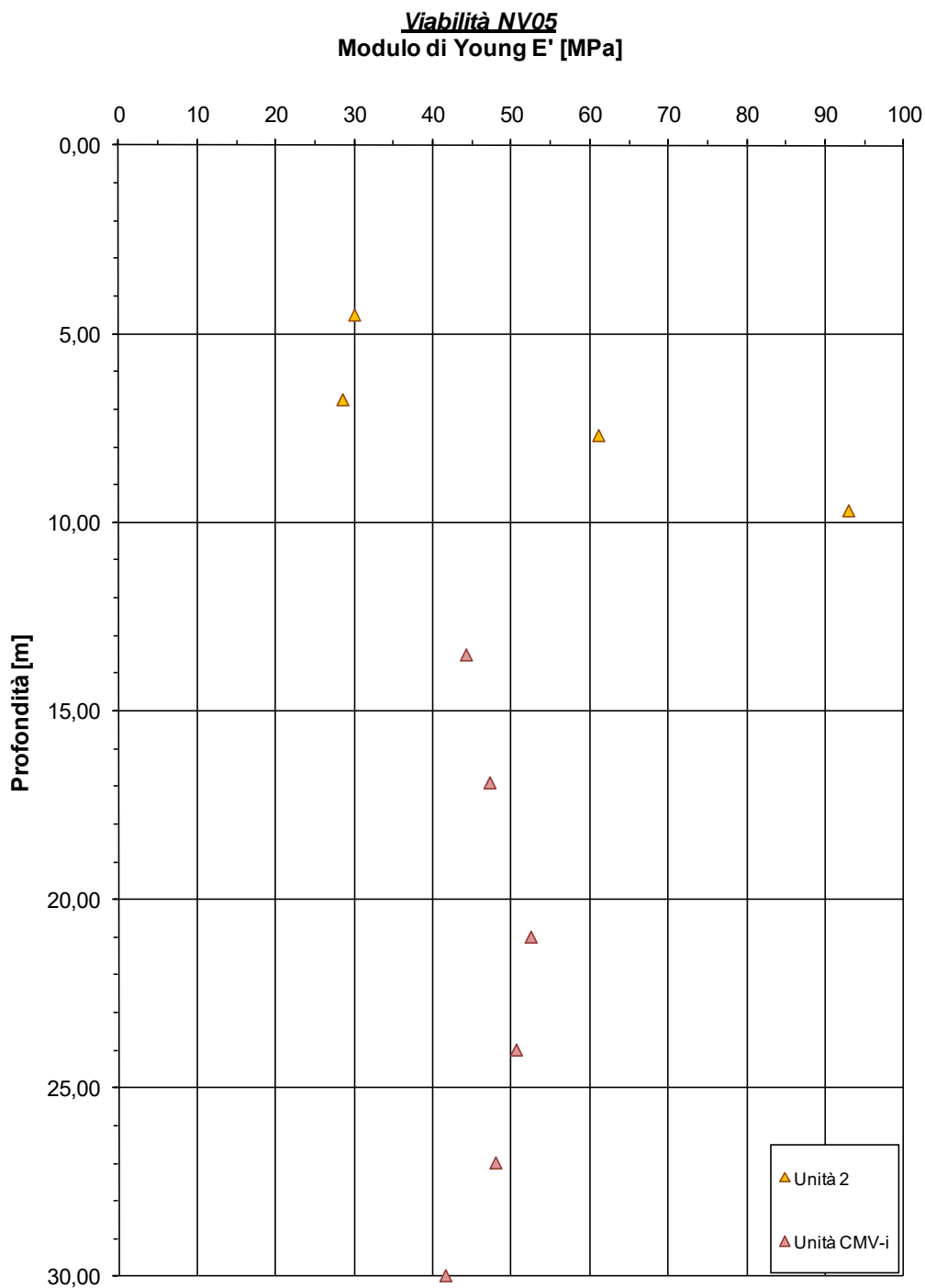


Figura 6.5 Valori di E' da SPT in funzione della profondità

Viabilità NV05
Coesione non drenata c_u [kPa]

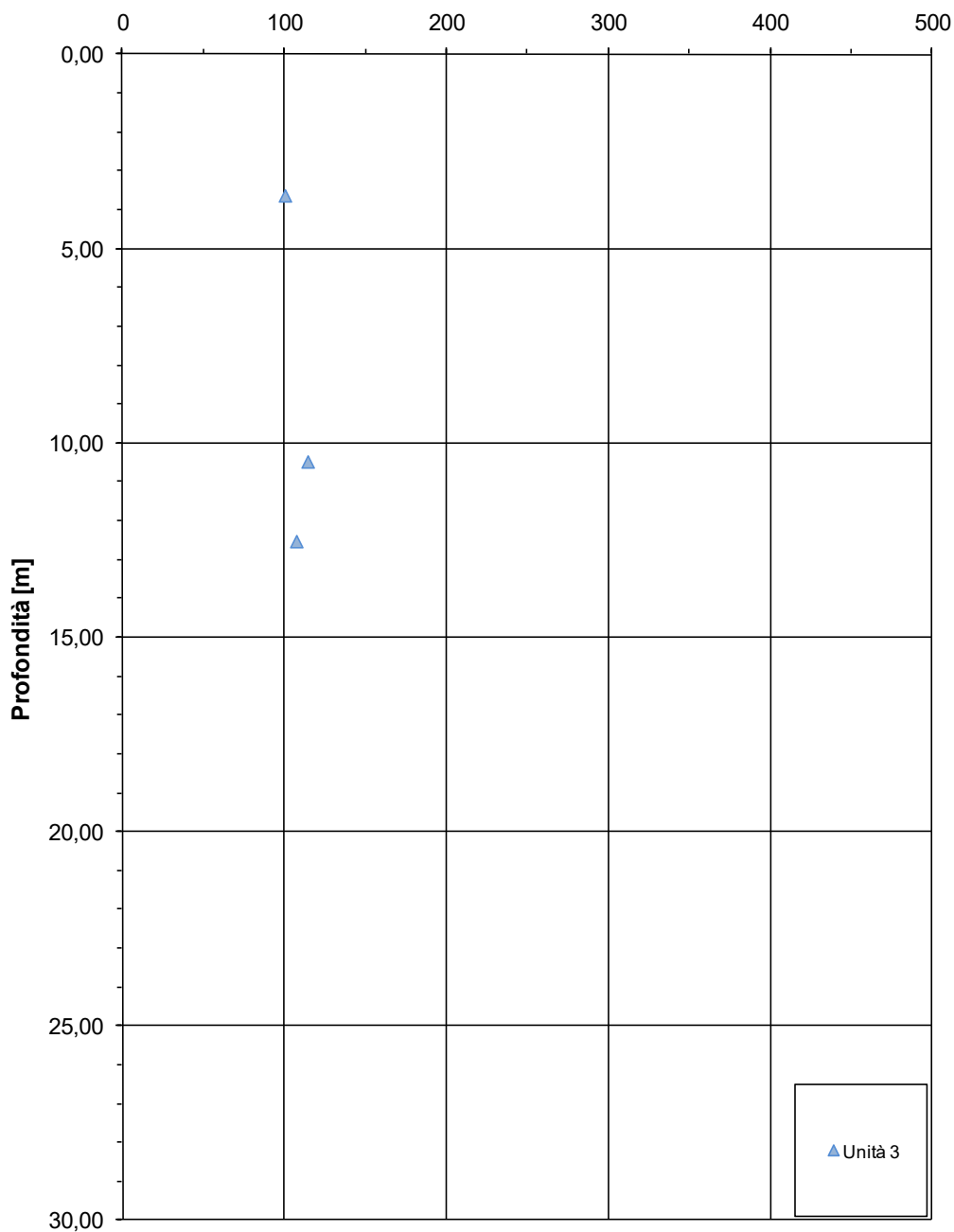


Figura 6.6 Valori di c_u da SPT in funzione della profondità

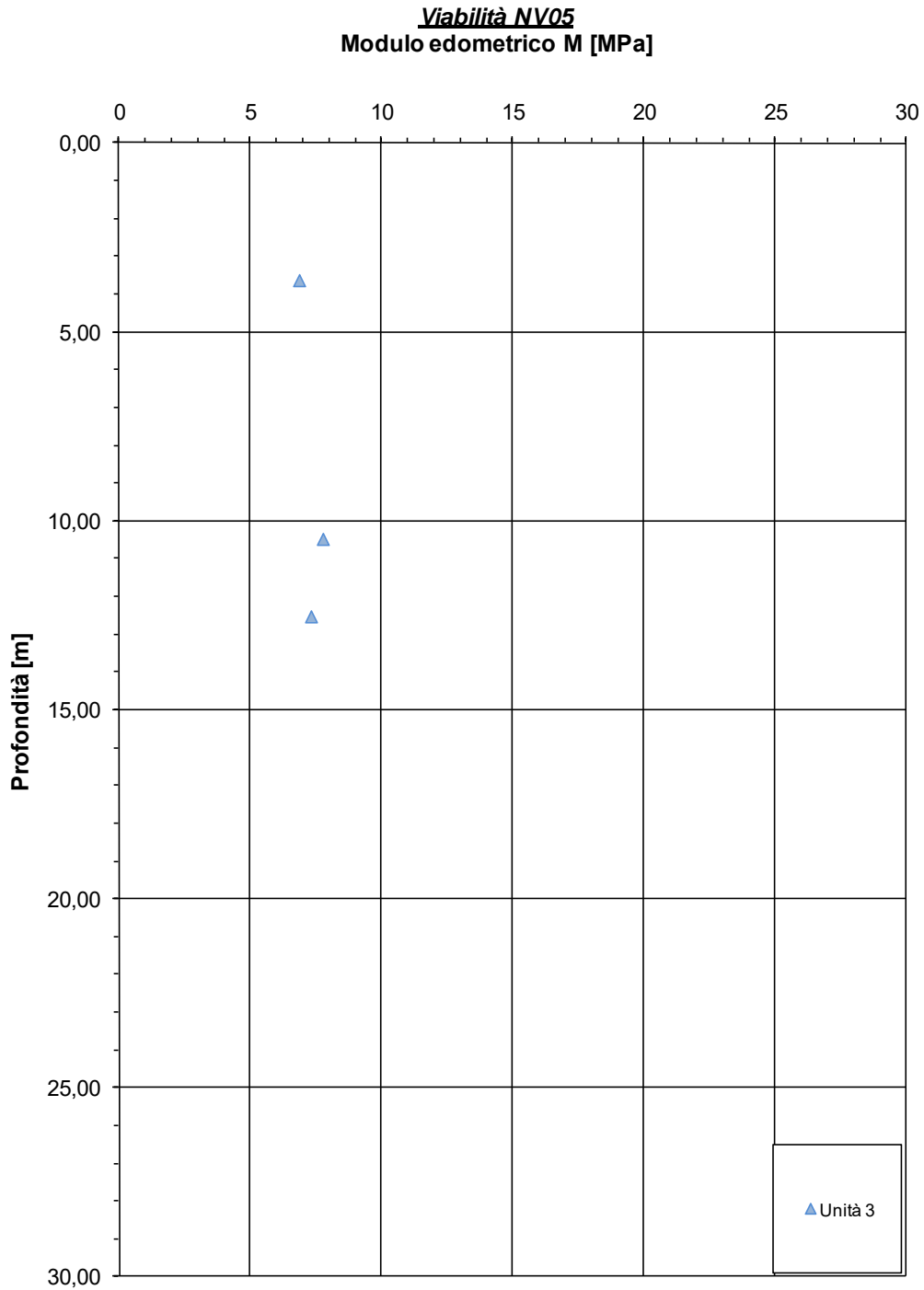


Figura 6.7 Valori di M da SPT in funzione della profondità

6.6 Caratteristiche idrogeologiche

Allo scopo di ricostruire l'andamento del livello di falda, in data 17/11/2010 è stata effettuata la lettura sul piezometro disponibile in corrispondenza della verticale SV3; il livello di falda misurato è risultato pari a 8,20 metri di profondità da piano campagna. Tale dato risulta pienamente compatibile con la profondità del livello di falda indicato sui profili geologico ed idrogeologico della linea principale del tracciato ferroviario Finale-Andora in progetto.

Ai fini della determinazione delle caratteristiche di permeabilità dei terreni attraversati, sono state realizzate n.5 prove di permeabilità di tipo Lefranc; si riportano nella seguente Tabella 6.4, i valori ottenuti.

Tabella 6.4 Riepilogo delle prove di permeabilità disponibili

Sondaggio	Prova n.	Tipo di prova	Prof. prova [m da p.c.]	Unità di riferimento	k [m/s]
SV3	1	Lefranc	8,0÷8,5	2	4,03 E-05
SV3	2	Lefranc	14,5÷15,5	CMV-i	1,05 E-08
BH22	1	Lefranc	6,10÷7,10	2/3	7,4 E-07
SAF21-OC15	1	Lefranc	2,50÷3,50	2	5,55 E-06
SAF21-OC16	1	Lefranc	2,50÷3,50	2	2,40 E-06

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0001 003	A	48 di 77

Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06

7 VIABILITÀ NV06

7.1 Descrizione della viabilità

Il tracciato della nuova viabilità NV06 “Accesso alla stazione di Albenga e viabilità di collegamento dalla zona artigianale” è ubicato in prossimità della frazione Bastia nel comune di Albenga, e presenta una lunghezza di 1232,733 metri. Esso ha inizio, alla quota di 12,47 metri s.l.m., in sinistra idrografica del Torrente Neva su Regione Carrà. Dopo aver attraversato il torrente in viadotto, il tracciato prosegue in sostituzione della viabilità esistente su Regione Boschetto seguendo la direttrice est-ovest e terminando, alla quota di 16,24 metri s.l.m., in prossimità dell’intersezione tra la via Eritrea e Regione Abissinia.

Il tracciato in progetto sostituirà, per la quasi totalità del suo sviluppo, l’esistente viabilità di Regione Boschetto (fino alla progressiva 0+750) e di Regione Scarzi Gimentano.

7.2 Indagini geognostiche disponibili

Per quanto concerne il tratto di viabilità NV06, nel presente paragrafo verranno descritte tutte le indagini in sito disponibili, caratterizzate da sondaggi, prove in foro e l’installazione di strumentazione di monitoraggio geotecnico.

In particolare, le indagini disponibili sono state eseguite nelle seguenti campagne di indagine, elencate e descritte nel seguito a partire da quella più recente:

- n. 1 sondaggio della campagna Italferr 2021;
- n. 1 sondaggio della campagna Italferr 2010.

È inoltre disponibile n.1 prova geofisica tipo HVSR associata a prova geofisica tipo Masw eseguita nella campagna indagini Italferr 2021

In Tabella 6.1 si riporta il quadro riassuntivo dei sondaggi disponibili, con l’indicazione, per ciascun sondaggio, dei principali dati tecnici, quali sigla, campagna indagini di riferimento, ubicazione (coordinate nel sistema Gauss-Boaga o Roma40 e quota altimetrica), strumentazione installata e prove in foro.

Tabella 7.1 Elenco dei sondaggi disponibili per la viabilità NV06

Sigla	Camp. indagini	Coordinate (Gauss-Boaga)		Quota <i>m s.l.m.</i>	Strumentazione	Profondità (<i>m</i>)	Campioni	SPT	Lefranc/Lugeon	Dilatometriche	Pressiometriche
		Est	Nord								
SAF21-OCX	2021	1433414	4878235	-	Piezometro Norton 3”	40	8	8	1	0	0
SV5	2010	1434652	4878455	-	Piezometro Norton 2”	30	4	10	2	0	0

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE0001 003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 49 di 77</p>

Per l'ubicazione delle indagini si rimanda all'elaborato allegato "Carta e profilo geologico viabilità NV06" (elab. IV0I00D69N6GE0001003A), mentre per il dettaglio delle risultanze si rimanda ai rapporti e ai certificati di prova riportati nei documenti: "Report delle indagini geognostiche e prove in situ - campagna 2021" (elab. IV0I00D69SGGE0001001A) e "Indagini geognostiche: campagna 2010 sondaggi per viabilità NV01-NV05-NV06" (elab. IV0I00D69SGGE0005005A).

Le risultanze delle indagini in sito sono state utilizzate sia ai fini della ricostruzione del profilo geologico-geotecnico allegato, sia per la caratterizzazione geotecnica dei terreni, per la quale si rimanda al paragrafo 7.5 della presente relazione.

7.3 Caratterizzazione stratigrafica

Nell'ambito dell'adeguamento della viabilità interferente in progetto, si riporta nel seguito la descrizione delle unità geotecniche individuate sulla base dei sondaggi disponibili.

Unità 1 riporto antropico: Materiale di riporto eterogeneo ed eterometrico, costituito in prevalenza da ghiaia con sabbia debolmente limosa; presenza di ciottoli, clasti poligenici angolari e laterizi.

Unità 2 depositi alluvionali prevalentemente incoerenti: sabbie medio-fini e sabbie medio-grossolane, con ghiaia fine debolmente limosa; presenza di clasti poligenici, da arrotondati a ben arrotondati, diametro massimo 0,5÷1,5 cm.

Unità 3 depositi alluvionali prevalentemente coesivi: argilla limosa a tratti sabbiosa, talora con ghiaia di colore giallo-marrone con screziature rossicce e arancioni.

Argille di Ortovero (ORV-a): marne e argille grigie e grigio-azzurre, più o meno siltose, e argille siltoso-sabbiose spesso intercalate da bioconglomerati. Nella parte superiore presenza di sabbie giallastre marnose alternate a conglomerati poco cementati. (Pliocene medio? – inferiore)

7.4 Considerazioni di carattere geologico e geomorfologico

Il tracciato in progetto si imposta, per tutta la sua lunghezza, sui depositi alluvionali del torrente Neva e del torrente Arroscia che, 400 m a sud-est dell'inizio del tracciato in progetto, confluisce nel Torrente Neva.

Nel primo sottosuolo, al di sotto di uno spessore presumibilmente variabile tra 0,5 e 1,5 metri circa di terreni di riporto si rinvencono terreni alluvionali incoerenti fino a circa 30 metri di profondità dal piano campagna, la cui continuità laterale è interrotta verso la fine del tracciato in progetto da un livello superficiale di alluvioni coesive poste al di sotto del terreno di riporto, fino a circa 7-8 metri di profondità. Oltre i 30 metri di profondità, nel sondaggio SAF21-OCX si rinvencono le marne e argille grigie molto consistenti della formazione delle Argille di Ortovero.

7.4.1 Analisi delle criticità

Con riferimento alla carta geologica ed al profilo geologico elaborati a corredo del presente studio, e sulla base dalle osservazioni effettuate in sopralluogo e dall'indagine aerofotointerpretativa, è possibile affermare che non esistono criticità in atto e/o potenziali per la tratta in progetto.

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0001 003	A	50 di 77

Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06

In riferimento alla cartografia PAI ed a quanto riportato al paragrafo 3.3, il tracciato di progetto è situato in corrispondenza di aree caratterizzate da una suscettività al dissesto molto bassa e bassa (PG0 e PG1).

Per quanto riguarda la pericolosità idraulica, la tratta iniziale del tracciato fino alla pk 0+150 è cartografata in fascia B; mentre il tratto successivo, fino alla pk 0+850, è cartografato in fascia C. Infine, la parte terminale della viabilità, in corrispondenza della pk 1+230 circa, è cartografata in fascia A per la presenza di un rio minore, tributario di sinistra del torrente Arroscia.

Si segnala, infine, la potenziale interferenza con alcuni pozzi, sia superficiali che profondi, ubicati in corrispondenza del tracciato in progetto. Nessuno dei pozzi potenzialmente interferiti è utilizzato a scopo idropotabile. Sebbene nel tratto considerato il tracciato si sviluppi totalmente in rilevato, alla luce delle attuali conoscenze non è possibile escludere il rischio di possibili contaminazioni della falda freatica in seguito a sversamenti accidentali in fase di cantiere e di esercizio.

In Tabella 7.2 si riporta l'elenco dei pozzi che risultano ubicati nelle vicinanze del tracciato in progetto, con la definizione delle caratteristiche del pozzo e, laddove disponibile, della portata media emunta.

Tabella 7.2 Elenco e caratteristiche dei pozzi potenzialmente interferiti dal tracciato in progetto

DATABASE POZZI								
Fonte dato	Numero	Comune	Località o proprietario	Quota p.c.	Prof. Pozzo	Q media l/sec	Data rilievo	Liv. Statico
Studio pregresso RFI (1993)	3-A	ALBENGA	BASTIA (VILLA ANFOSSI)	14,2	8		15/07/1993	10,3
Studio pregresso RFI (1993)	4-A	ALBENGA	BASTIA (VILLA ANFOSSI)	13	6	2,5	15/07/1993	9,9
Studio pregresso RFI (1993)	5-A	ALBENGA	VALLE ARROSCIA	12,5	12		15/07/1993	9,5
Studio pregresso RFI (1993)	20-A	ALBENGA	BASTIA	18,1	25	2,55	16/07/1993	12,1
Studio pregresso RFI (1993)	20bis-A	ALBENGA	BASTIA	18,1	25	2,55	16/07/1993	12,1
Studio pregresso RFI (1993)	90-A	ALBENGA	BASTIA (VILLA ANFOSSI)	14,2	13		25/07/1993	10,2
Studio pregresso RFI (1993)	91-A	ALBENGA	BASTIA (VILLA ANFOSSI)	14,1	9		25/07/1993	10
Studio pregresso RFI (1993)	92-A	ALBENGA	VALLE ARROSCIA (BASTIA)	13,5	15		25/07/1993	N.D.
Studio pregresso RFI (1993)	93-A	ALBENGA	VALLE ARROSCIA (BASTIA)	13,5	15		25/07/1993	N.D.
Studio pregresso RFI (1993)	112-A	ALBENGA	BASTIA	18,4	17,5		27/07/1993	12,4
Studio pregresso RFI (1993)	114-A	ALBENGA	BASTIA	15	8		27/07/1993	10,4
Studio pregresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)	42-C	BASTIA	ANFOSSI	30	21	26,6		24

7.5 Caratterizzazione geotecnica dei terreni

Ai fini della caratterizzazione geotecnica delle unità individuate, si è proceduto facendo riferimento alle prove in foro di tipo SPT eseguite nel sondaggio SV5 (2010) ed ai valori di pocket penetrometer e SPT eseguite nel sondaggio SAF21-OCX del 2021.

Per i terreni incoerenti, a partire dai valori di N_{SPT} (Figura 7.1), sono stati ricavati i valori di densità relativa (Figura 7.2), angolo di resistenza al taglio (Figura 7.3) e modulo di Young (Figura 7.4), utilizzando le correlazioni riportate nella seguente Tabella 7.3.

Tabella 7.3 Correlazioni geotecniche utilizzate per l'interpretazione delle prove SPT

Parametro ricavato	Autori	Parametri di base
Densità relativa (D_r)	Schultze & Menzenbach	N_{SPT} , pressione litostatica efficace
Angolo di resistenza al taglio (ϕ')	Japanese National Railway	N_{SPT} ,
Modulo di Young (E')	D'Apollonia et alii	N_{SPT} , litologia

In riferimento alle unità geotecniche individuate, nella seguente Tabella 7.4 si riportano gli intervalli di riferimento dei principali parametri geotecnici, che si possono ritenere medi operativi.

Tabella 7.4 Parametri geotecnici medi operativi delle unità litotecniche

	γ [kN/m ³]	D_r [%]	c_u [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	E' [Mpa]	OCR
Unità 1	19,5	-	-	-	26÷29	15÷25	-
Unità 2	20,0	54÷62	-	0	32÷35	30÷50	-
Unità 3	19,0		60÷120	3÷8	24÷27	6÷15	2÷8
ORV-a	20,5	-	150÷200	10÷15	23÷25	15÷25	>5

Si segnala che la caratterizzazione geotecnica delle unità è stata condotta partendo dalle indagini puntuali estrapolate longitudinalmente lungo il tracciato in progetto; pertanto, i parametri geotecnici indicati potrebbero risultare localmente diversi da quelli indicati.

In relazione agli esigui dati disponibili, i parametri geotecnici medi di riferimento per le unità sono stati definiti anche in analogia ai valori determinati sulla linea principale del tracciato ferroviario Finale-Andora.

I parametri geotecnici caratteristici, ai sensi del DM 17/01/2018, dovranno essere assunti dal progettista in relazione anche allo specifico problema da affrontare.

Viabilità NV06

N_{SPT} colpi/0.3 m

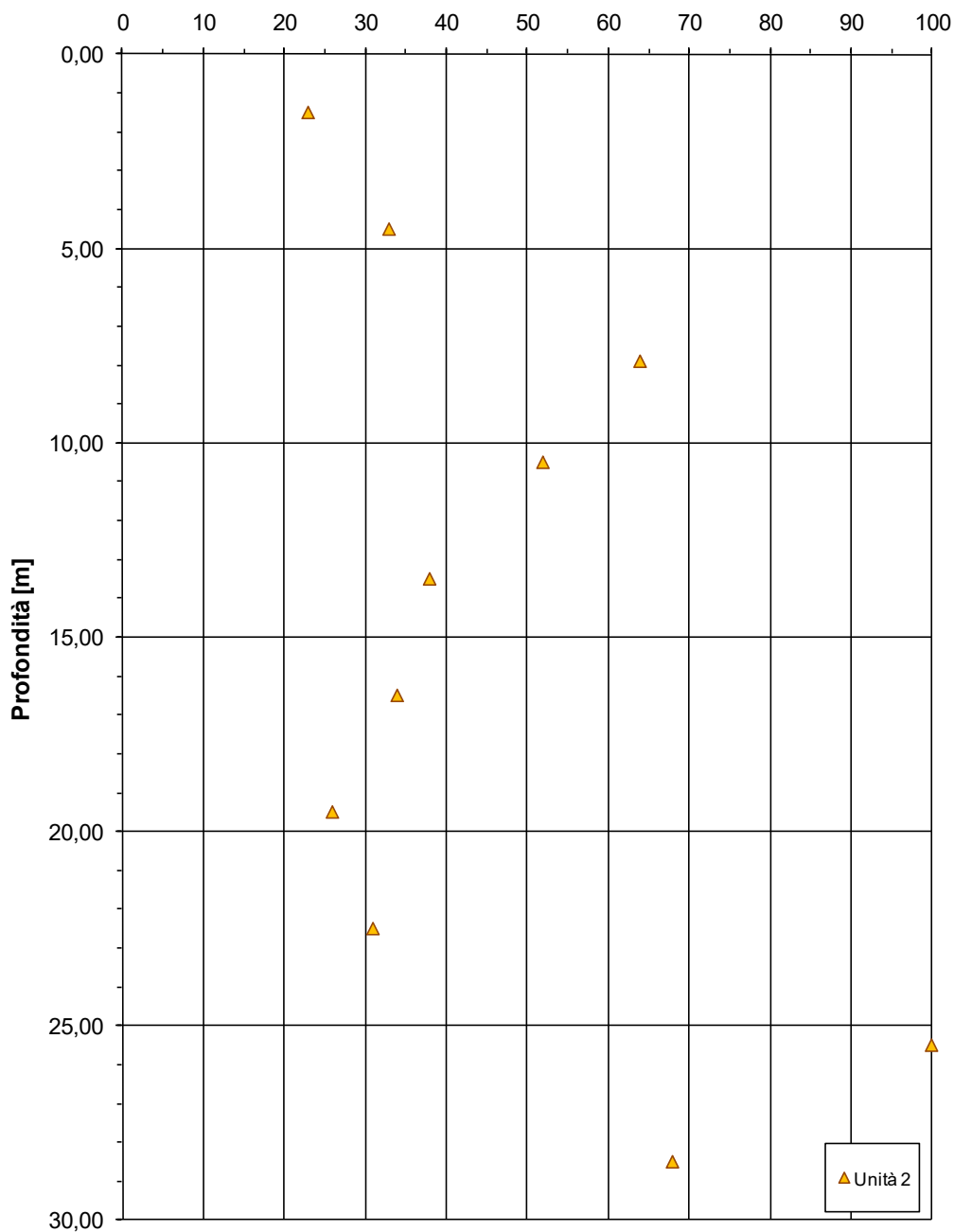


Figura 7.1 Valori di N_{SPT} in funzione della profondità

**N_{SPT} Viabilità NV05
INCOERENTI**

Densità relativa D_r [%]

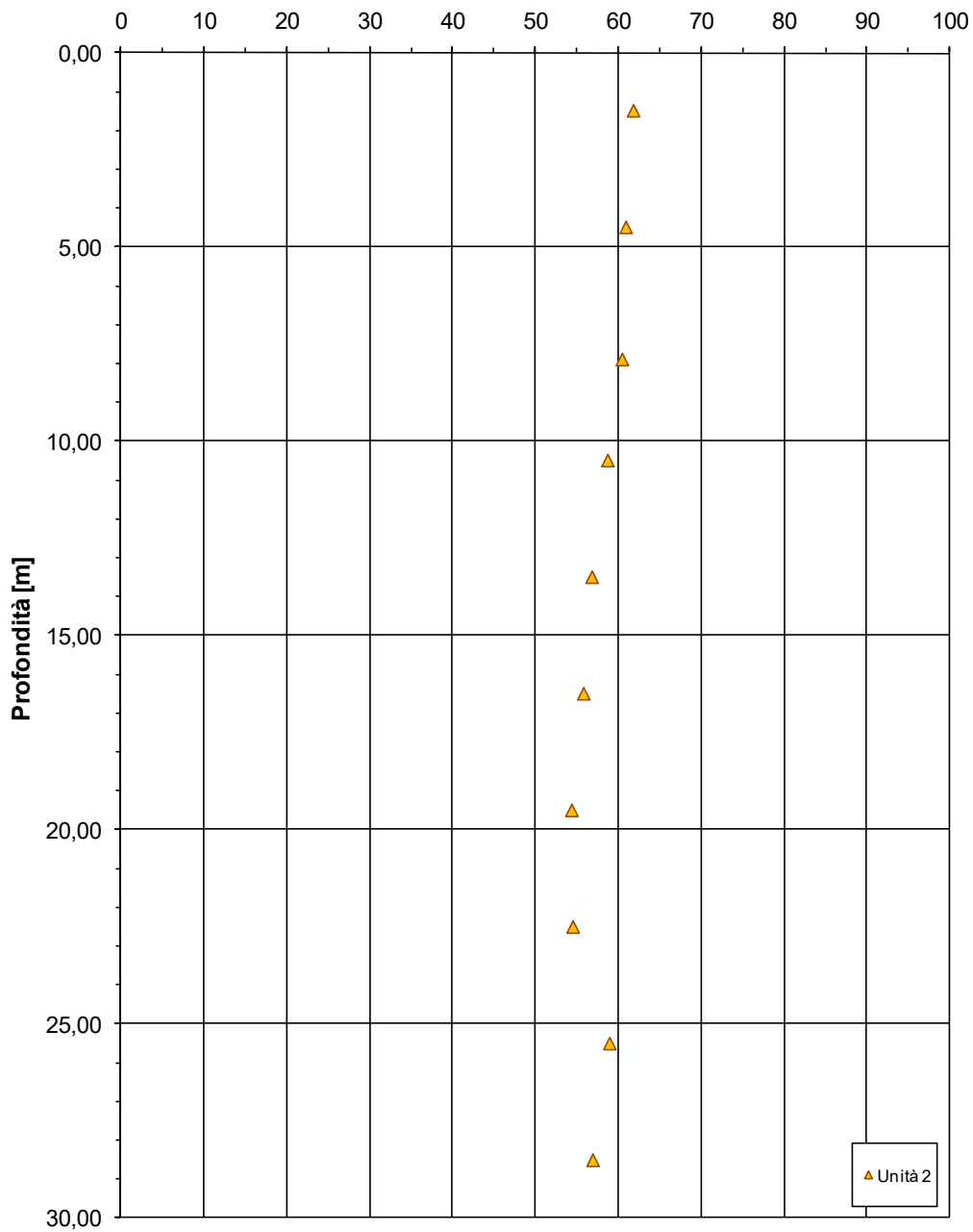


Figura 7.2 valori di D_r da SPT in funzione della profondità

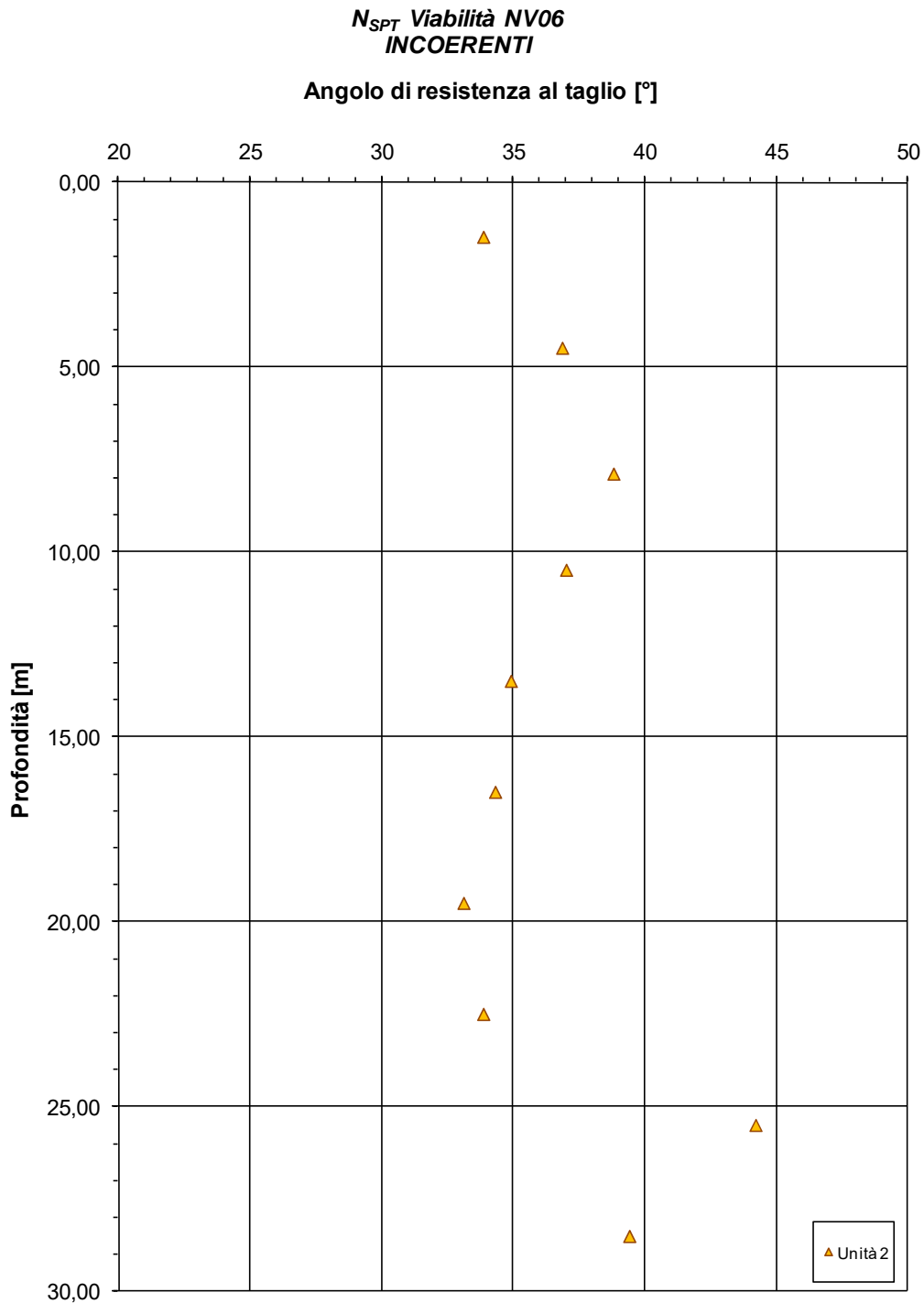


Figura 7.3 Valori di ϕ' da SPT in funzione della profondità

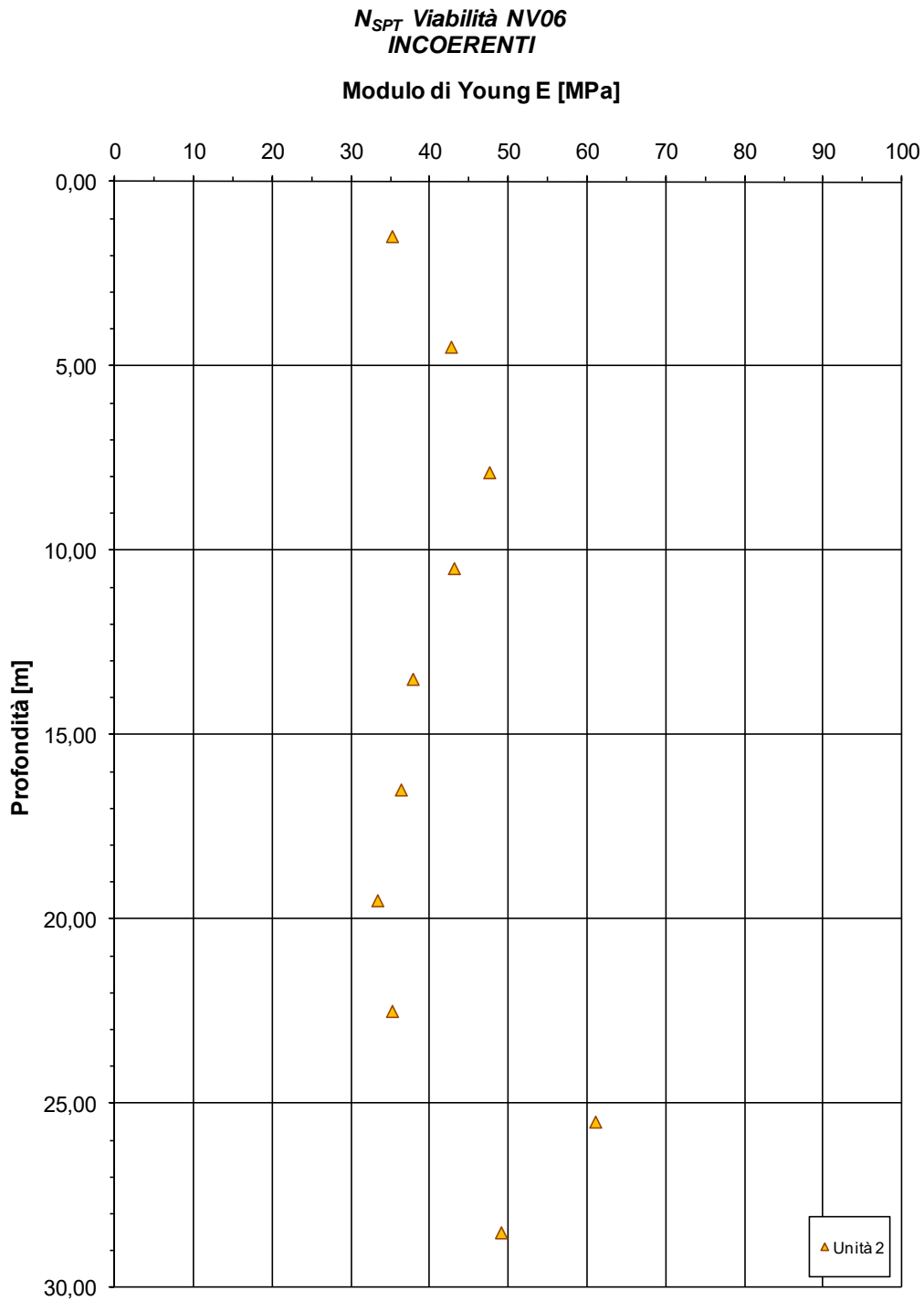


Figura 7.4 Valori di E' da SPT in funzione della profondità

7.6 Caratteristiche idrogeologiche

Allo scopo di ricostruire l'andamento del livello di falda, in data 17/11/2010 è stata effettuata la lettura dell'unico piezometro disponibile, quello installato nella verticale SV5; il livello di falda misurato è risultato pari a 4,70 metri di profondità da piano campagna. Tale dato posiziona il tetto della falda freatica ad una quota leggermente inferiore rispetto al letto del torrente Neva che quindi, almeno limitatamente al periodo monitorato, alimenta la falda.

Ai fini della determinazione delle caratteristiche di permeabilità dei terreni attraversati, sono state realizzate n.3 prove di permeabilità di tipo Lefranc; si riportano nella seguente Tabella 6.4, i valori ottenuti.

Tabella 7.5 Riepilogo delle prove di permeabilità disponibili

Sondaggio	Prova n.	Tipo di prova	Prof. prova [m da p.c.]	Unità di riferimento	k [m/s]
SV5	1	Lefranc	7,0÷7,5	2	7,21 E-05
SV5	2	Lefranc	22,5÷23,5	2	2,97 E-06
SAF21-OCX	PP1	Lefranc	24,0÷25,5	2	2,68 E-05

8 SISIMICITÀ DELL'AREA

8.1 Classificazione sismica

La classificazione sismica del territorio nazionale è stata elaborata e rivista in seguito ai principali terremoti; tra questi, ultimi in ordine di tempo, quelli verificatisi in Irpinia nel 1980 ed in Molise nel 2002.

Fino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102, che corrispondono al 45% della superficie del territorio nazionale, nel quale risiede il 40% della popolazione; la sismicità era definita attraverso il grado di sismicità S.

Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato, in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni), da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo. A tal fine è stata pubblicata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003. Il provvedimento detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 - "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone (da 1 a 4), a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

A seguito dell'emanazione dei criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche da parte dello Stato, inseriti prima nell'allegato 1 dell'OPCM 3274/2003 e in seguito aggiornati con l'OPCM 3519/2006, la Regione Liguria ha individuato le zone sismiche e ha stilato un elenco regionale dei comuni in zona sismica (DGR n.530/2003). Con l'ufficializzazione della mappa di pericolosità sismica pubblicata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) e allegata alla stessa OPCM 3519/06 è stata approvata con DGR n.1308 del 24 ottobre 2008 (pubblicata sul Burl n.47 del 19 novembre 2008) la nuova classificazione sismica della Regione Liguria, successivamente modificata con DGR n.1362 del 19 novembre 2010, con DGR n.216 del 17 marzo 2017 e con DGR n.962 del 23 novembre 2018.

I comuni interessati dalle opere in progetto in riferimento alla classificazione sismica stabilita dall'Allegato 2 della DGR n.962/2018 risultano classificati come indicato in Tabella 8.1. In Tabella 8.2 è definita la corrispondenza fra le varie classificazioni mentre in Figura 8.1 la classificazione sismica della Regione Liguria con l'indicazione grafica dell'area di studio.

Tabella 8.1 Classificazione sismica dei comuni interessati dalle opere in progetto (Allegato A OPCM 3274/2003)

Codice Istat 2001	Denominazione	Categoria secondo la classificazione precedente (Decreti fino al 1984)	Categoria secondo la proposta del GdL del 1998	Zona ai sensi del DGR 962/2018
07009031	Giustenice	N.C.	N.C.	3
07009012	Borghetto Santo Spirito	N.C.	III	3
07009002	Albenga	N.C.	III	3

Tabella 8.2 Corrispondenza tra le successive classificazioni sismiche

Decreti fino al 1984	GdL 1998	Classificazione OPCM 2003
S=12	I° categoria	Zona 1
S=9	II° categoria	Zona 2
S=6	III° categoria	Zona 3
non classificato	n.c.	Zona 4

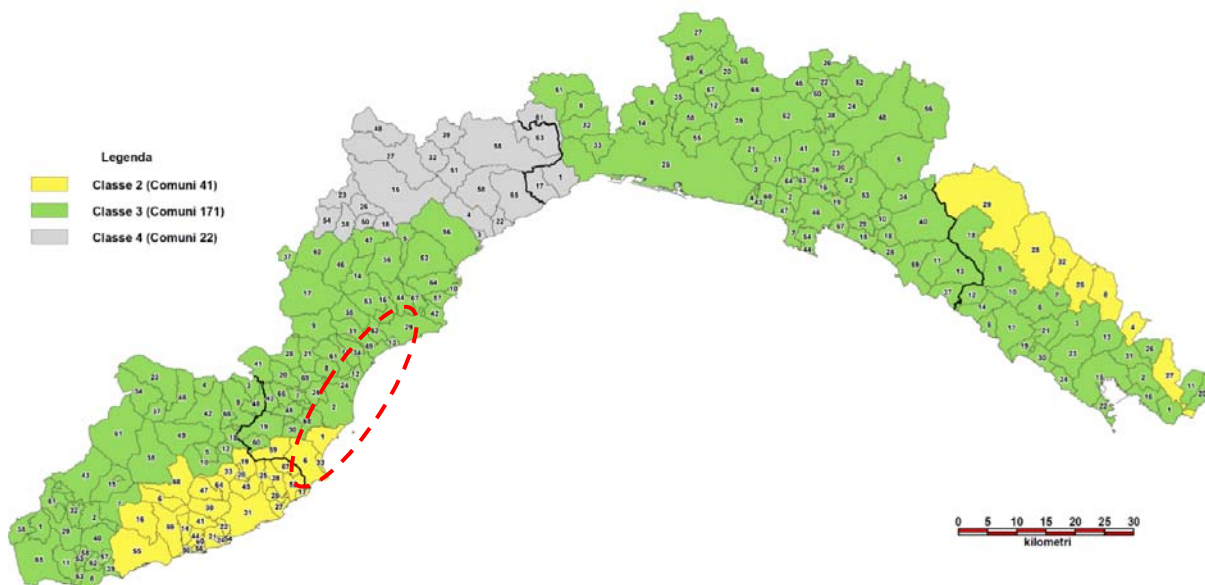


Figura 8.1 Classificazione sismica della Regione Liguria (da www.regione.liguria.it; scala grafica). In rosso l'area di studio

8.2 Pericolosità sismica di base

Le novità introdotte con l'OPCM 3274/2003 sono state pienamente recepite e ulteriormente affinate, grazie anche agli studi svolti dai centri di competenza (INGV, Reluis, Eucentre). Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004), previsto dall'OPCM 3274/2003, è stato adottato con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006.

Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'OPCM n. 3519, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche (Tabella 8.3). Le Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 gennaio 2008 hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona, e quindi per ciascun comune, precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

Dal 1° luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

L'azione sismica viene valutata in condizioni di campo libero (cioè in assenza di manufatti), su sito di riferimento rigido (di categoria A), a superficie orizzontale (superficie topografica di categoria T1), riferendosi alla definizione di "pericolosità sismica di base", fornita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV, Figura 8.2).

In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica "probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} ":

a_g : accelerazione massima su suolo tipo A (allegato B alle NTC)

F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (allegato B alle NTC)

T_{C^*} : periodo di riferimento che consente di calcolare il periodo TC corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro (Allegato B alle NTC).

La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del Comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio civile, ecc.).

Tabella 8.3 Valori di accelerazione massima del suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferito a suoli rigidi caratterizzati da $V_{S,30} > 800$ m/s

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g/g)	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche, a_g/g)
1	>0.25	0.35
2	$0.15 \div 0.25$	0.25
3	$0.05 \div 0.15$	0.15
4	<0.05	0.05



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

espressi in termini di accelerazione massima del suolo
con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

referita a suoli rigidi ($V_{s,30} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)

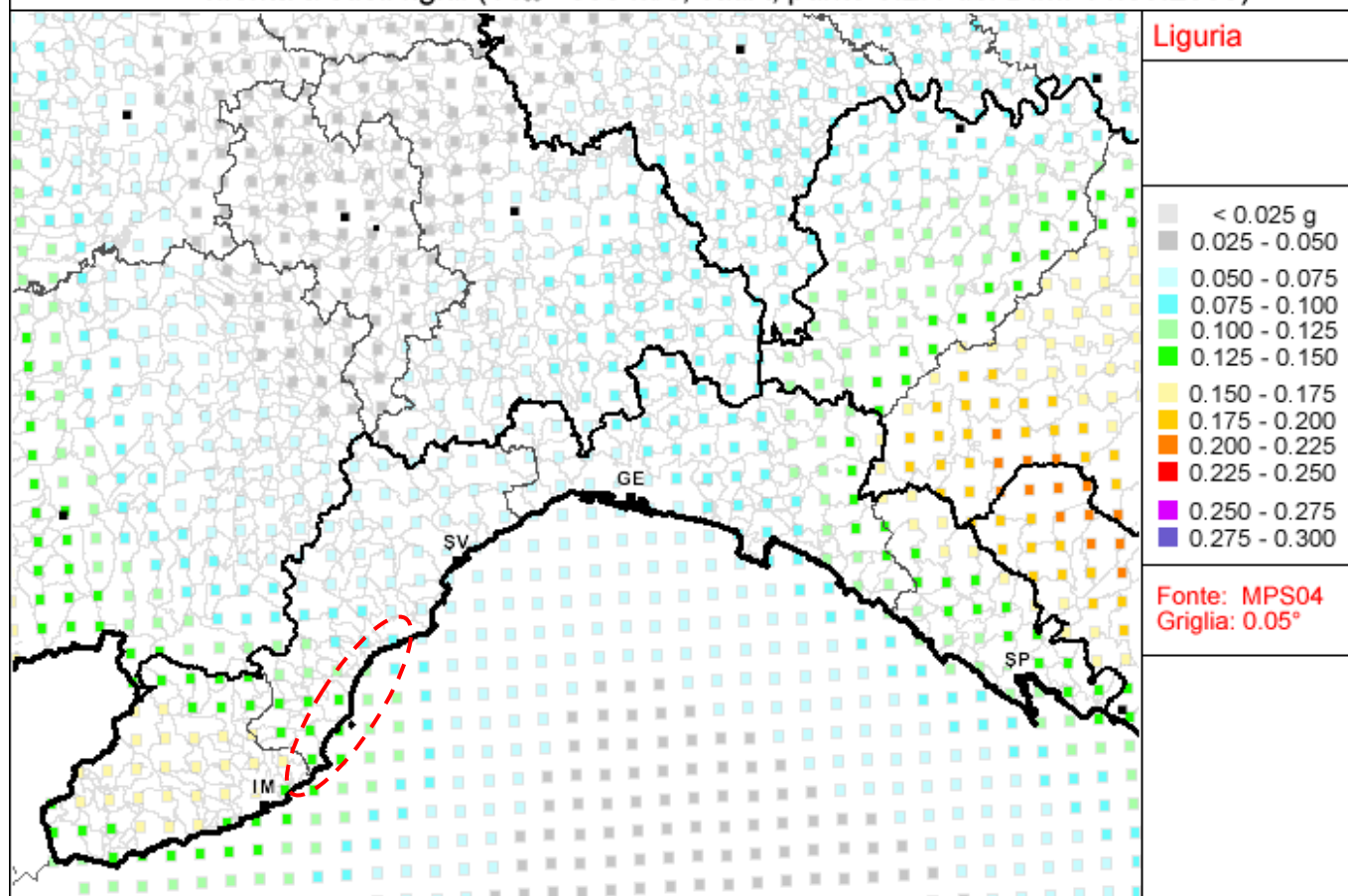


Figura 8.2 Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi ($V_{s,30} > 800$ m/s) – da INGV. In rosso l'area di studio

All'indomani della riclassificazione sismica del territorio nazionale scaturita dal progetto S1 dell'INGV-DPC, si dispone di parametri sismici di riferimento aggiornati e di maggior dettaglio rispetto alla classificazione macrosismica nazionale cui faceva riferimento il D.M.LL.PP. 16 gennaio 1996 (Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche). La rappresentazione di sintesi delle caratteristiche sismologiche e sismogenetiche del territorio è contenuta nella "Mappa di Pericolosità Sismica" dell'Italia, che costituisce oggi la base di riferimento per la

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE0001 003	REV. A	FOGLIO 61 di 77

valutazione delle azioni sismiche di progetto sul sito in esame secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018).

Con riferimento al D.M. 17 gennaio 2018, sono stati determinati i parametri sismici di progetto per la realizzazione delle opere previste. In particolare, sulla base dei dati relativi al progetto S1 dell'INGV-DPC, sono stati determinati i valori reticolari dei parametri di riferimento relativamente ad un suolo rigido, per un tempo di ritorno T_r pari a 475. I parametri forniti, in funzione di quanto previsto delle NTC2018, possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale.

In Tabella 8.4, Tabella 8.5 e Tabella 8.6 si riportano i parametri di riferimento in termini di a_g , F_0 e T_{C^*} per i punti del grigliato prossimi ai tracciato di progetto; tali punti sono indicati graficamente in Figura 8.3, Figura 8.4 e Figura 8.5.

Tabella 8.4 Viabilità NV01 Parametri di riferimento del moto sismico su suolo rigido per un periodo di ritorno T_r pari a 475 anni

ID	Longitudine	Latitudine	a_g	F_0	T_c^*
110334	8.2609	44.1694	0.090	2.485	0.291
110335	8.2889	44.1707	0.086	2.502	0.291
110888	8.2626	44.1494	0.093	2.480	0.288
110889	8.2906	44.1506	0.092	2.484	0.288

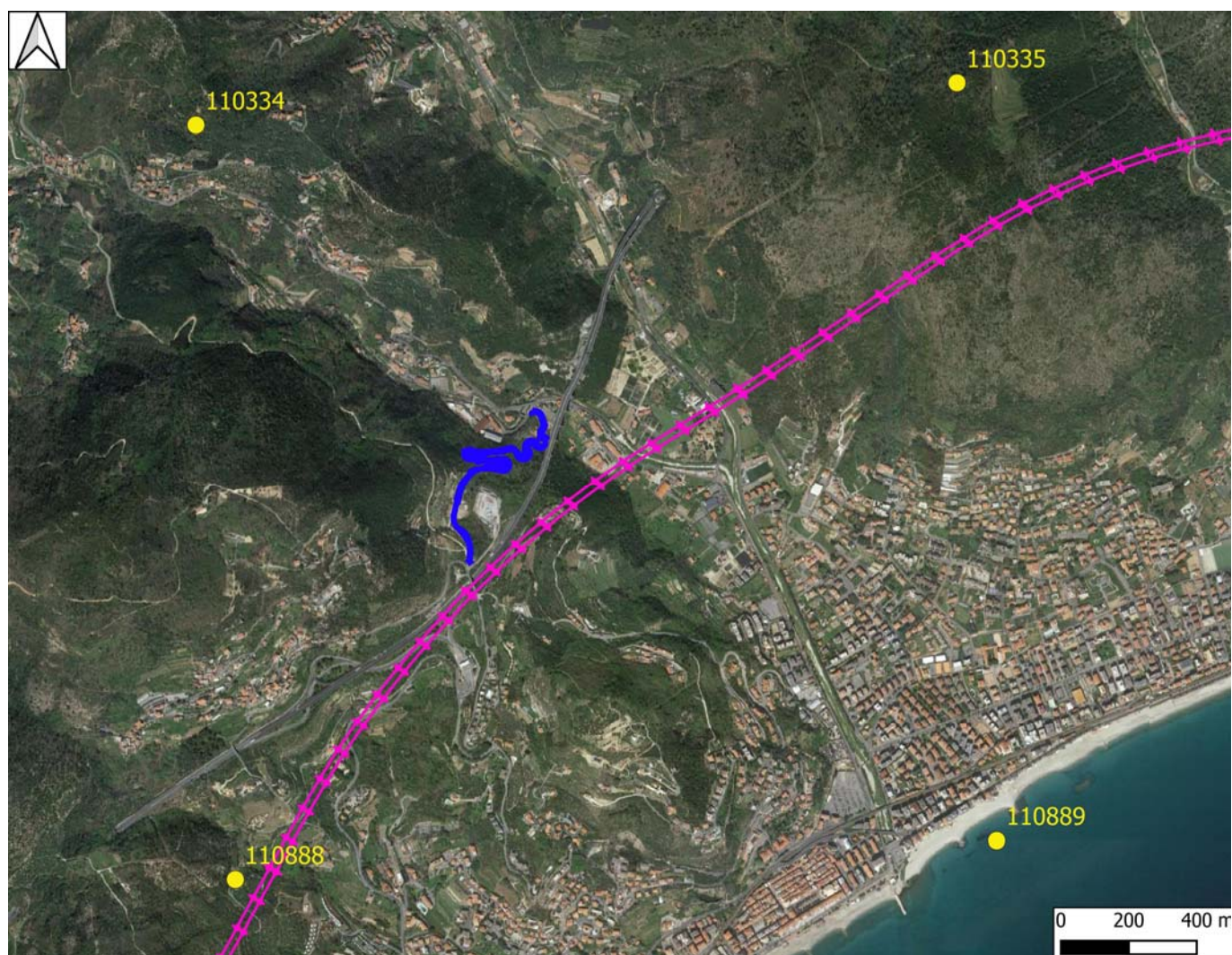


Figura 8.3 Griglia di riferimento per la viabilità NV01 (in blu), con individuazione del tracciato in progetto (in magenta) e dei punti del grigliato (in giallo). Scala grafica

Tabella 8.5 Viabilità NV05 Parametri di riferimento del moto sismico su suolo rigido per un periodo di ritorno T_r pari a 475 anni

ID	Longitudine	Latitudine	a_g	F_0	T_c^*
111440	8.2085	44.1268	0.105	2.458	0.286
111441	8.2365	44.1281	0.103	2.462	0.286
111994	8.2103	44.1068	0.114	2.438	0.284
111995	8.2381	44.1080	0.113	2.439	0.283



Figura 8.4 Griglia di riferimento per la viabilità NV05 (in blu), con individuazione del tracciato in progetto (in magenta) e dei punti del grigliato (in giallo). Scala grafica

Tabella 8.6 Viabilità NV06 Parametri di riferimento del moto sismico su suolo rigido per un periodo di ritorno T_r pari a 475 anni

ID	Longitudine	Latitudine	a_g	F_0	T_c^*
113100	8.1579	44.0641	0.127	2.432	0.284
113101	8.1858	44.0654	0.125	2.430	0.283
113654	8.1597	44.0441	0.134	2.423	0.284
113655	8.1876	44.0453	0.132	2.423	0.283

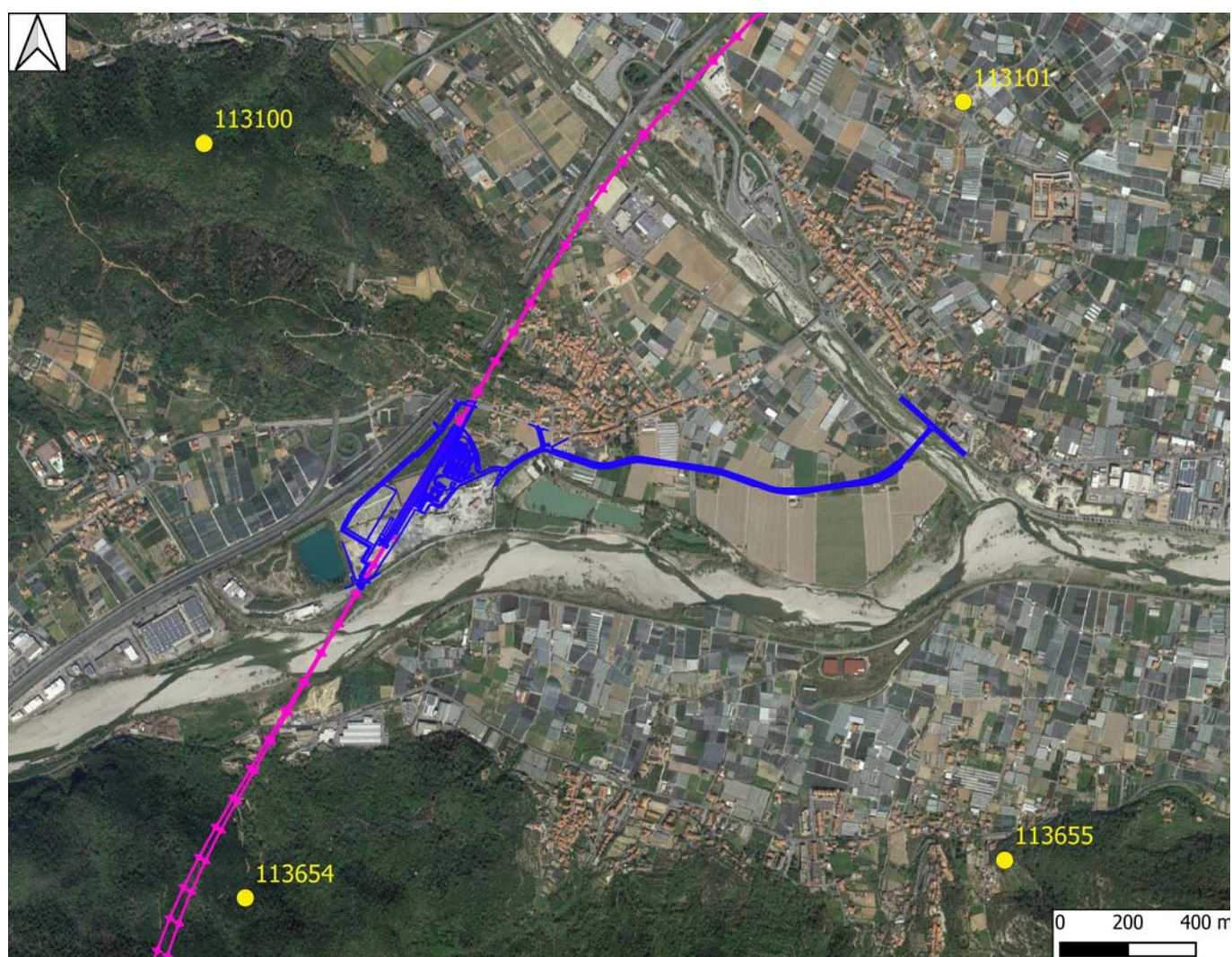


Figura 8.5 Griglia di riferimento per la viabilità NV06 (in blu), con individuazione del tracciato in progetto (in magenta) e dei punti del grigliato (in giallo). Scala grafica

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE0001 003	REV. A

8.3 Sismicità storica dell'area, catalogo parametrico dei terremoti italiani

Nonostante il catalogo sismico copra un intervallo di tempo di oltre 2000 anni, molti degli eventi registrati sono concentrati negli ultimi secoli, in particolare dopo il 1700, anche per via della maggiore accuratezza e completezza dei documenti storici rinvenuti. In particolare, i principali eventi di grande intensità epicentrale verificatisi nel ponente ligure sono stati quelli del 29 dicembre 1854 e del 23 febbraio 1887, con una magnitudo momento stimata rispettivamente pari a 5,72 e 6,27 ed una intensità epicentrale del VII-VIII e X grado MCS. In particolare, il terremoto del 1887 è stato il più forte registrato nell'area della riviera ligure di ponente, ha causato oltre 600 vittime e ha determinato ingenti danni nella fascia costiera compresa tra Sanremo ed Alassio, più vicini all'epicentro, presumibilmente situato in mare al largo di Imperia.

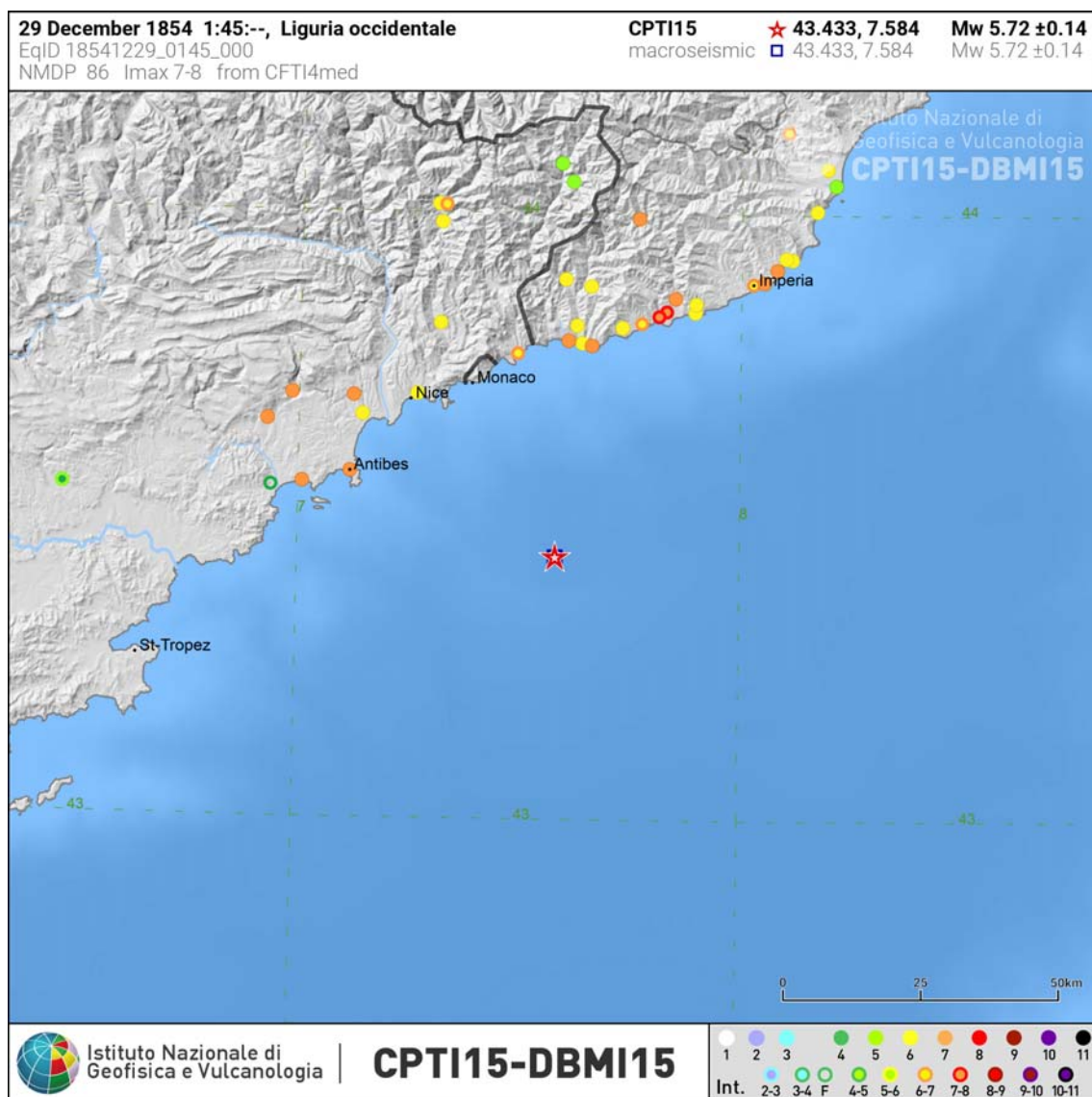


Figura 8.6 Caratteristiche del terremoto del 29/12/1854 (da INGV)

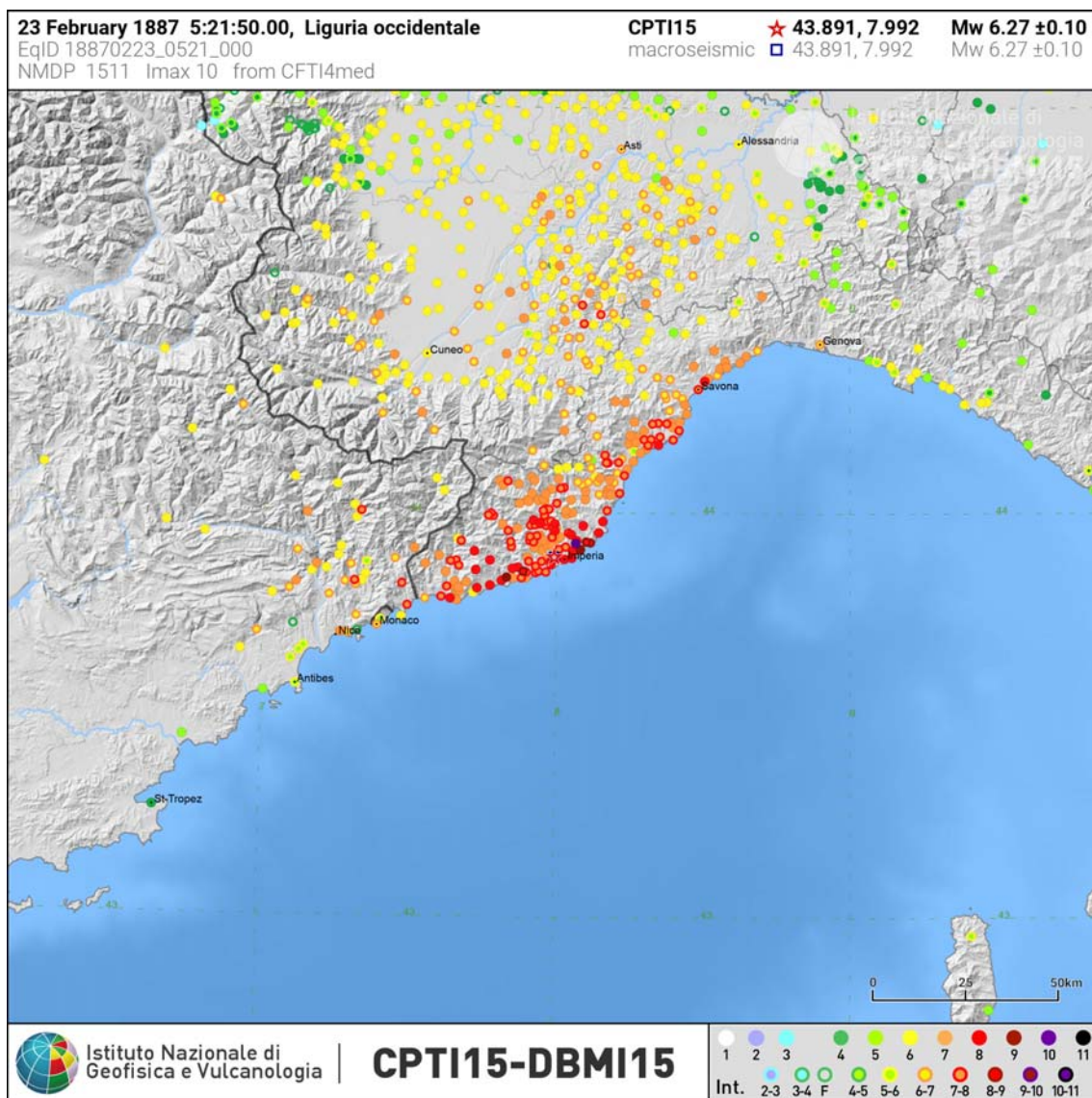


Figura 8.7 Caratteristiche del terremoto del 23/02/1887 (da INGV)

Al fine di inquadrare dal punto di vista della sismicità storica l'area in esame, si riporta di seguito un riepilogo delle osservazioni macrosismiche di terremoti al di sopra della soglia del danno che hanno interessato storicamente i comuni interessati dalle opere in progetto; in particolare: Giustenice, Borghetto Santo Spirito e Albenga.

Nello specifico, le informazioni riportate di seguito derivano dalla consultazione del DBMI15 v3.0 (Locati et al., 2021), il database macrosismico utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 v3.0 (Rovida et al., 2021, consultabile on-line al sito <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.3>).

Da Tabella 8.7 a Tabella 8.9 sono indicati con i seguenti simboli:

Is = intensità in sito (MCS);

Anno = anno Me = mese Gi = giorno Or = ora;

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0001 003	A	67 di 77

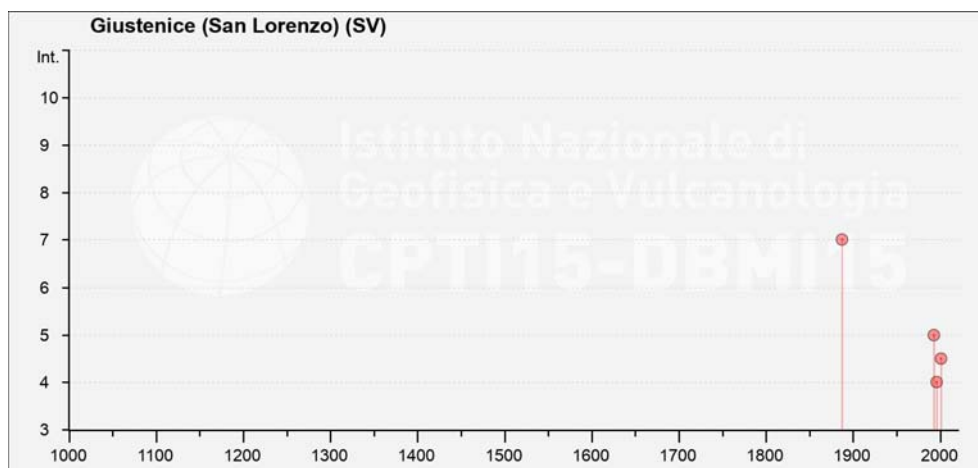
Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06

nP = numero di osservazioni macrosismiche del terremoto;
 Mw = magnitudo momento.

Io = intensità massima (MCS);

Tabella 8.7 Storia sismica del Comune di Giustenice [44.172, 8.244]

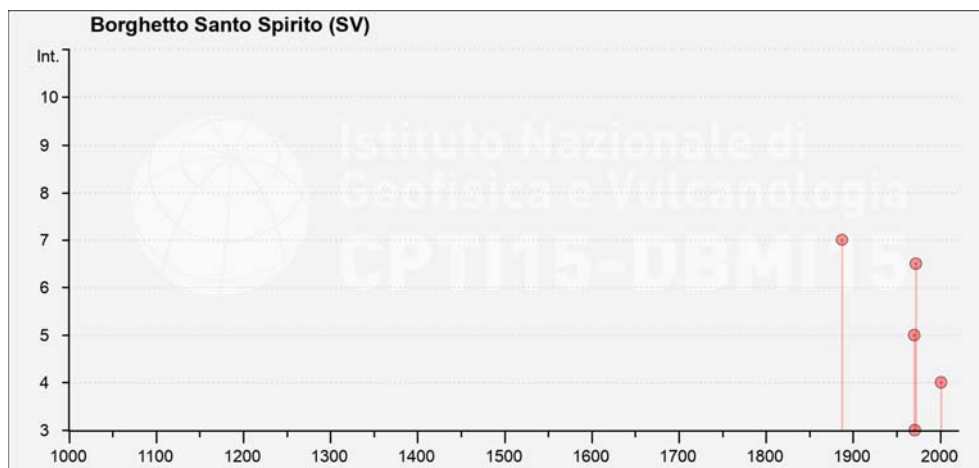
Effetti	In occasione del terremoto di:				
	Is	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	nP	Io
7	1887 02 23 05 21 50	Liguria occidentale	1511	9	6.27
2	1989 12 26 19 59 5	Mar Ligure	290		4.46
5	1993 07 17 10 34 0	Liguria occidentale	336	5	4.34
4	1996 11 25 19 47 2	Liguria occidentale	18		4.01
4-5	2001 02 06 22 28 4	Mar Ligure	47	4-5	4.17


Figura 8.8. Storia sismica del Comune di Giustenice [44.172, 8.244]
Tabella 8.8 Storia sismica del Comune di Borghetto Santo Spirito [44.109, 8.239]

Effetti	In occasione del terremoto di:				
	Is	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	nP	Io
7	1887 02 23 05 21 50	Liguria occidentale	1511	9	6.27
5	1970 12 31 22 04 46	Liguria occidentale	79	6	4.62
3	1971 07 15 01 33 23	Parmense	228	8	5.51
6-7	1972 01 18 23 26	Liguria occidentale	41	6-7	4.60
NF	1989 12 26 19 59 5	Mar Ligure	290		4.46
4	2001 02 06 22 28 4	Mar Ligure	47	4-5	4.17

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0001 003	A	68 di 77

Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06

Figura 8.9. Storia sismica del Comune di Borghetto Santo Spirito [44.109, 8.239]
Tabella 8.9 Storia sismica del Comune di Albenga [44.049, 8.213]

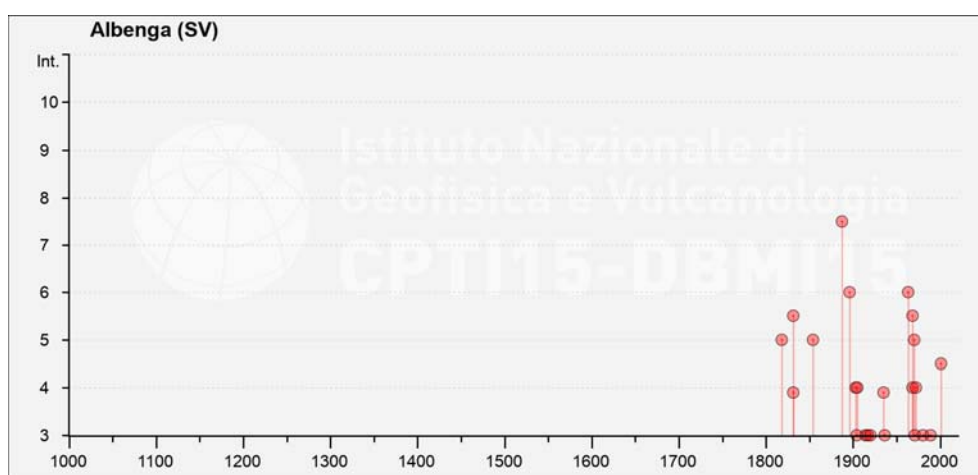
Effetti	In occasione del terremoto di:					
	Is	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	nP	Io	Mw
5		1818 02 23 18 10	Liguria occidentale	45	7	5.32
5-6		1831 05 26 10 30	Liguria occidentale	33	8	5.56
F		1831 05 28 12 45	Liguria occidentale	7	6	4.73
5		1854 12 29 01 45	Liguria occidentale	86	7-8	5.72
7-8		1887 02 23 05 21 50	Liguria occidentale	1511	9	6.27
6		1896 10 16	Liguria occidentale	55	6	4.91
2-3		1900 12 30 23 36 20	Alto Monferrato	36	5	4.35
4		1903 04 04 01 41	Liguria occidentale	20	5	4.45
3		1904 01 16 16 28 30	Campo Ligure	16	4	4.01
4		1905 05 30 04 55	Cuneese	121	5-6	4.65
2		1909 05 27 06 10	Liguria occidentale	51	5-6	4.34
2		1912 01 14 03 11	Liguria occidentale	19	4-5	3.89
NF		1913 03 27 02 25 44	Val Trebbia	58	4-5	4.24
3		1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
3		1917 01 07 03 39	Savonese	32	5	4.35
3		1920 09 07 05 55 40	Garfagnana	750	10	6.53
F		1935 03 19 07 27 17	Embrunais	254	7	5.25
3		1936 12 11 17 25	Liguria occidentale	12	6	4.46
6		1963 07 27 05 58 22	Mar Ligure	9		4.98
5-6		1968 04 18 19 38 15	Liguria occidentale	51	7-8	4.93
4		1968 09 07 16 49 57	Savonese	12	5	4.39
5		1970 12 31 22 04 46	Liguria occidentale	79	6	4.62
3		1971 09 25 10 34 2	Mar Ligure	31	5-6	4.33

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0001 003	A	69 di 77

Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06

Effetti Is	In occasione del terremoto di:				
	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	nP	Io	Mw
4	1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
3	1980 12 23 12 01 06	Piacentino	69	6-7	4.57
2	1983 11 09 16 29 52	Parmense	850	6-7	5.04
3	1989 12 26 19 59 5	Mar Ligure	290		4.46
4-5	2001 02 06 22 28 4	Mar Ligure	47	4-5	4.17


Figura 8.10. Storia sismica del Comune di Albenga [44.049, 8.213]

8.4 Sorgenti sismogenetiche e faglie capaci

Recentemente è stata presentata la nuova versione (vers. 3.2.1) del database “A compilation of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy and sur-rounding areas”, inizialmente divulgato in forma preliminare nel luglio 2000 come versione 1.0 e quindi pubblicato nel 2001 come versione 2.0 (Valensise & Pantosti, 2001).

Il Database contiene sorgenti sismogenetiche individuali e composite ritenute in grado di generare grandi terremoti. La nuova versione del Database contiene oltre 100 sorgenti sismogenetiche identificate attraverso studi geologico-geofisici (70% in più rispetto alla precedente versione). Tali sorgenti ricadono sull'intero territorio italiano e su alcune regioni confinanti.

L'assetto di queste sorgenti fornisce informazioni sull'andamento dei maggiori sistemi di faglie attive, consentendo in alcuni casi di individuare aree di potenziale gap sismico.

Obiettivo del Database è quello di rendere quanto più possibile completa l'informazione sulle sorgenti sismogenetiche potenziali del territorio nazionale; per questa ragione, oltre ad un numero maggiore di sorgenti individuali, viene proposta una forma di rappresentazione e caratterizzazione di tutte le aree che, pur essendo certamente in grado di generare forti terremoti, sono ancora poco comprese. È stata pertanto istituita una nuova categoria di aree sismogenetiche per le quali, in analogia con quanto proposto dalla nuova zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti & Valensise, 2004), viene fornita la localizzazione geografica, la stima del meccanismo di fagliazione, la profondità efficace e la magnitudo massima attesa.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE0001 003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 70 di 77</p>

Dall'esame del Database, l'unica sorgente sismogenetica composta vicina al territorio oggetto di studio (Figura 8.11) è la sorgente Imperia Promontory (ITCS022). Le principali informazioni di riferimento per la sorgente sono riportate in Figura 8.12.

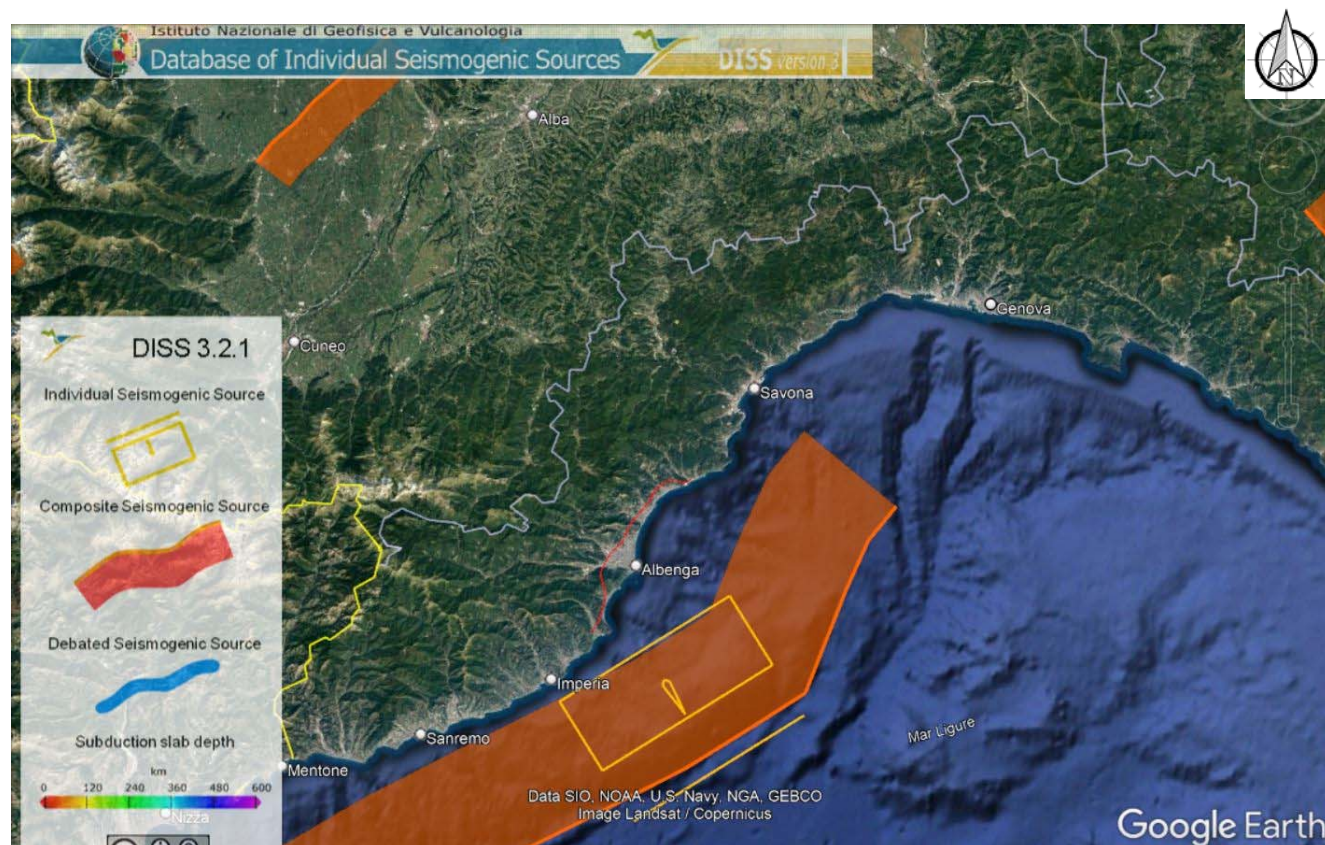


Figura 8.11 Sorgenti sismogenetiche contenute nella nuova versione del “Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy” per l’area in oggetto. In rosso il tracciato in progetto

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE0001 003	REV. A

PARAMETRIC INFORMATION			
PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	2.5	LD	Based on geological and morphobathymetric data by Larroque et al. (2011).
Max depth [km]	15.0	EJ	Assumed to be about the same as the base of lower crust.
Strike [deg] min... max	200...250	LD	Based on geological and morphobathymetric data by Larroque et al. (2011).
Dip [deg] min... max	25...50	EJ	Inferred from geophysical data.
Rake [deg] min... max	80...100	EJ	Inferred from active stress data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...0.25	EJ	Inferred from topographic and geological data (uplift) from various authors.
Max Magnitude [Mw]	6.6	EJ	Inferred from the largest known earthquake in the area.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Figura 8.12 Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta ITCS022 “Imperia Promontory”

Infine, la consultazione del database del progetto ITHACA (Italy Hazard from Capable faults) ha permesso di verificare l'eventuale presenza di faglie capaci, definite come lineamenti tettonici attivi che possono potenzialmente creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche. In riferimento allo stralcio cartografico riportato in Figura 8.12, nell'area si può escludere la presenza di faglie capaci.



Figura 8.13 Stralcio cartografico dell'area di interesse con indicazione delle faglie capaci (in rosso) (da <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Catalogo.aspx>). In viola il tracciato in progetto

8.5 Magnitudo di riferimento

Sulla base delle originali elaborazioni relative alla definizione delle sorgenti sismogenetiche (DISS2.0-2001) è stato elaborato un modello sintetico che descrive la localizzazione delle sorgenti di futuri terremoti, la magnitudo massima che questi potranno raggiungere ed i *rate* di sismicità attesa zona per zona. Questo modello, che si pone come base per la redazione della carta di pericolosità sismica è rappresentato dalla mappa delle zone sismogenetiche ZS9 (Meletti & Valensise, 2004; Meletti et al., 2008). In base alla zonazione sismogenetica ZS9 del territorio nazionale (INGV, 2004), la sismicità in Italia può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una legge di ricorrenza della magnitudo, espressa in termini di magnitudo momento M_w .

Secondo la ZS9 (Figura 8.14), che sostituisce la precedente zonazione sismogenetica ZS4, le nuove viabilità NV01 e NV05 ricadono all'interno della Zona E, non utilizzata ai fini della valutazione della pericolosità sismica; mentre la viabilità NV06 ricade all'interno della Zona 910 "Nizza-Sanremo" che, dal punto di vista strutturale, è considerata l'area di svincolo che consente l'arretramento dell'arco alpino occidentale; in quest'area cui sono attesi terremoti moderatamente profondi ($P = 8-12$ km) e di elevata magnitudo ($M_{max} = 6.37$), riconducibili a meccanismi di fagliazione prevalentemente inversi.

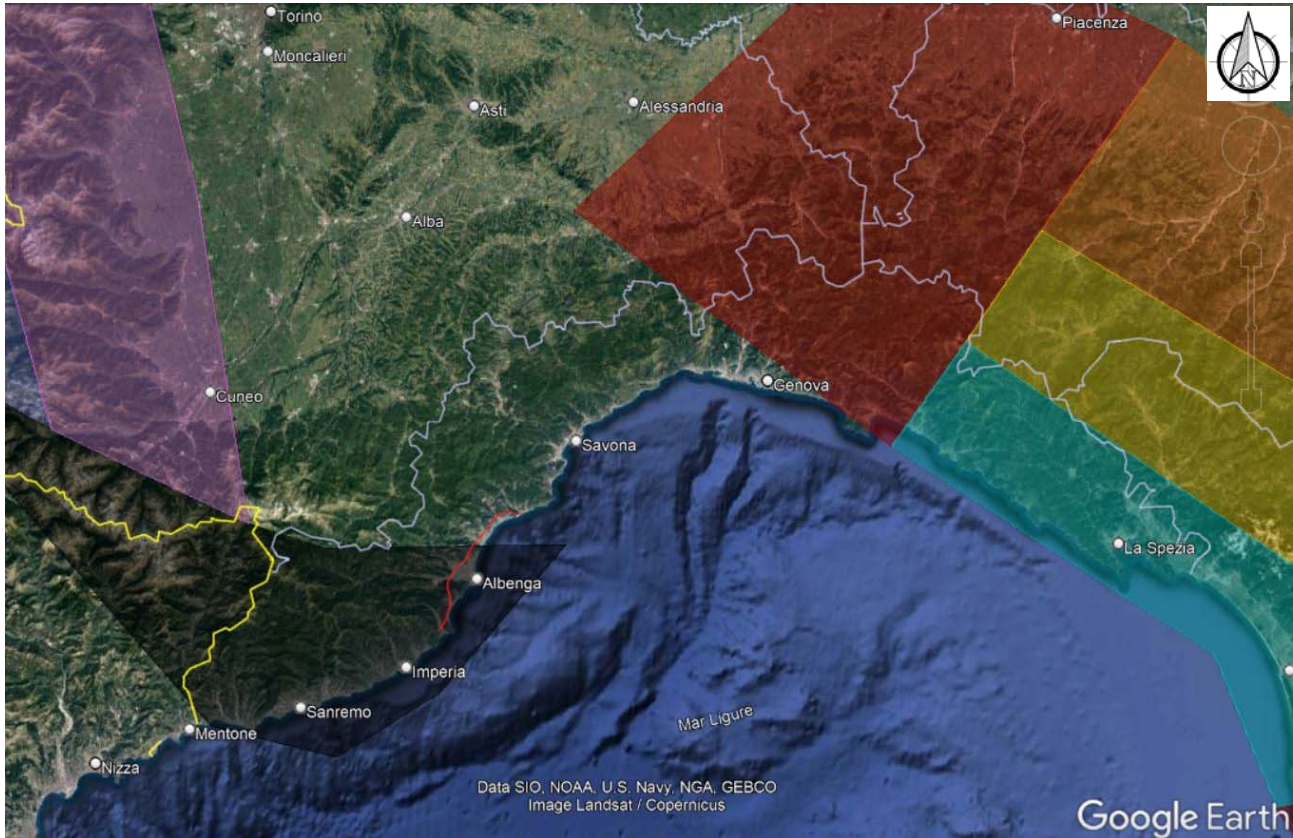


Figura 8.14 Stralcio della Zonazione sismogenetica ZS9. In rosso il tracciato ferroviario in progetto, lungo il cui sviluppo sono ubicate le nuove viabilità (non in scala)

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE0001 003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 74 di 77</p>

9 PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto è necessario tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, perché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Secondo la Normativa Tecnica di riferimento (DM 17/01/2018), di seguito si definiscono la categoria di sottosuolo e le condizioni topografiche per le varie viabilità in progetto.

9.1 Categoria di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II del D.M. 17/01/2018, 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 . 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:

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

con:

- h_i spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati;
- 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 $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II. del D.M. 17/01/2018.

Nel caso in esame la velocità di propagazione delle onde di taglio è stata determinata in maniera indiretta a partire dai risultati delle prove sismiche MASW e HVSr realizzate nella campagna indagini 2021.

9.1.1 Nuova viabilità NV01

In Tabella 9.1 si elencano le prove disponibili più vicine alla nuova viabilità NV01, con l'indicazione del valore di $V_{S,h}$ equivalente in m/s e della relativa categoria di sottosuolo.

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE0001 003	REV. A

Tabella 9.1 Prove sismiche (Masw+HVSr) di riferimento per la nuova viabilità NV01

Prova	$V_{s,h}$ [m/s]	h	Categoria
Masw-H/V22	412	30	Categoria B

9.1.2 Nuova viabilità NV05

In Tabella 9.2 si elencano le prove disponibili più vicine alla nuova viabilità NV05, con l'indicazione del valore di $V_{s,h}$ equivalente in m/s e della relativa categoria di sottosuolo.

Tabella 9.2 Prove sismiche (Masw+HVSr) di riferimento per la nuova viabilità NV05

Prova	$V_{s,h}$ [m/s]	h	Categoria
Masw-H/V15	333	30	Categoria C

9.1.3 Nuova viabilità NV06

In Tabella 9.3 si elencano le prove disponibili più vicine alla nuova viabilità NV06, con l'indicazione del valore di $V_{s,h}$ equivalente in m/s e della relativa categoria di sottosuolo.

Tabella 9.3 Prove sismiche (Masw+HVSr) di riferimento per la nuova viabilità NV06

Prova	$V_{s,h}$ [m/s]	h	Categoria
Masw-H/V7	346	8	Categoria E

9.2 Condizioni topografiche

Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, non essendovi particolari emergenze topografiche che possano dar luogo ad effetti di amplificazione sismica locale, la morfologia delle aree può essere ricondotta ad una delle configurazioni superficiali semplici previste nel D.M. 17/01/2018 in Tabella 3.2.III.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

In particolare, le aree delle nuove viabilità possono essere così classificate:

Viabilità NV01: categoria T2, “*Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$* ”, caratterizzata da un coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1,2$.

Viabilità NV05 e NV06: categoria T1, “*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$* ”, caratterizzata da un coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1,0$.

10 BIBLIOGRAFIA

BONI A., CERRO A., GIANOTTI R., & VANOSSI M. (1971a) - Foglio 92-93 "Albenga-Savona" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100.000. Servizio Geologico d'Italia, Roma.

BONI A., CERRO A., GIANOTTI R., & VANOSSI M. (1971b) - Note illustrative del Foglio 92-93 "Albenga-Savona" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100.000. Servizio Geologico d'Italia, Roma.

BONI A. & VANOSSI M. (1972) - "Carta geologica dei terreni compresi tra il Brianzone s.l. ed il Flysch ad Elmintoidi s.s." - Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, 23, tav. 24.

BONI P., PELOSO G.F. & VERCESI P.L. (1984a) - "Nuovi dati e considerazioni sulla stratigrafia del bacino pliocenico di Albenga (Alpi Marittime)" - Mem. Soc. Geol. It., 28, 395 - 396.

BONI P., PELOSO G.F. & VERCESI P.L. (1984b) - "Il bacino pliocenico di Albenga (Liguria occidentale)" - Rend. Soc. Geol. It., 7, 11-12.

COBIANCHI M., DI GIULIO A., GALBIATI B. & MOSNA S. (1991) - "Il "Complesso di base" del Flysch di San Remo nell'area di San Bartolomeo, Liguria Occidentale (Nota Preliminare)" - Atti Tic. Sc. Terra, 34, 145 - 154.

DALLAGIOVANNA G. & VANOSSI M. (1982) - "La struttura tettonica dell'unità di Arnasco-Castelbianco (Prepiemontese delle Alpi Marittime)" - - Rend. Soc. Geol. It., 5, 119 - 122.

DALLAGIOVANNA G. & LUALDI A. (1984) - "Le breccie di Monte Galero: nuovi dati e interpretazione" - Mem. Soc. Geol. It., 28, 409 - 418.

DALLAGIOVANNA G. & SENO S. (1984a) - "Carta geologica del settore meridionale dell'unità di Arnasco-Castelbianco (Alpi Marittime), Mem. Soc. Geol. It., 28.

DALLAGIOVANNA G. & SENO S. (1984b) - "Rilevamento geologico ed analisi strutturale del settore meridionale dell'unità di Arnasco-Castelbianco (Alpi Marittime), Mem. Soc. Geol. It., 28, 441-445.

DALLAGIOVANNA G., FANUCCI F., PELLEGRINI L., SENO S., BONINI L., DECARLIS A., MAINO M., & MORELLI D. (2016a) - Foglio 259 "Imperia" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000. ISPRA, Regione Liguria, Servizio Geologico d'Italia, Roma.

DALLAGIOVANNA G., FANUCCI F., PELLEGRINI L., SENO S., BONINI L., DECARLIS A., MAINO M., & MORELLI D. (2016b) - Note illustrative del Foglio 259 "Imperia" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000. ISPRA, Regione Liguria, Servizio Geologico d'Italia, Roma.

DI GIULIO A. (1987) - "Evoluzione strutturale delle Unità di Moglio - Testico e di S. Remo - M. Saccarello" - Atti Tic. Sc. Terra, 31, 54 - 62.

DI GIULIO A. & GALBIATI B. (1991) - "Le facies caotiche dei Flysch della Liguria occidentale: un nuovo modello interpretativo" - - Atti Tic. Sc. Terra, 34, 155 - 160.

GALBIATI B. (1984) - "L'Unità di Borghetto d'Arroschia - Alassio" - -Mem. Soc. Geol. It., 28, 181 - 210.

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica viabilità NV01-NV05-NV06	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE0001 003	REV. A	FOGLIO 77 di 77

GALBIATI B. (1987) - “Assetto strutturale dell’elemento di Arnasco (Alpi Liguri), Boll. Soc. Geol. It., 106, 745-755.

GALBIATI B. & RODI E. (1989) - “Caratteri strutturali dell’unità di Moglio-Testico tra Alassio e Laigueglia (Liguria occidentale), , Boll. Soc. Geol. It., 108 (1989), 491-502.

LOCATI M., CAMASSI R., ROVIDA A., ERCOLANI E., BERNARDINI F., CASTELLI V., CARACCILO C.H., TERTULLIANI A., ROSSI A., AZZARO R., D’AMICO S. & ANTONUCCI A. (2021) - Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.3>.

MARINI M. (1984) - Le deformazioni fragili del Pliocene Ligure. Implicazioni nella geodinamica alpina. Memorie della Società Geologica Italiana 29: 157–169.

MARINI M. (2000) - Il Pliocene Ligure e Taggia (Imperia, Alpi Marittime liguri): stratigrafia fisica ed evoluzione sedimentaria. Bollettino della Società Geologica Italiana 119: 423–443.

MARINI M. (2004) - Carta geologica del pliocene ligure di Albenga (Alpi Marittime - Provincia di Savona). scala 1:25.000. SELCA. Firenze.

MELETTI C. & VALENSISE G. a cura di (2004) - Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20/03/2003 n.3274) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Zonazione sismogenetica ZS9, App.2 al Rapporto Conclusivo.

POGGI E. (2011) - Rocce della Liguria. Il Piviere, Gavi (AL).

ROVIDA A., LOCATI M., CAMASSI R., LOLLI B., GASPERINI P. & ANTONUCCI A. (2021) - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.3>.

VALENSISE G. & PANTOSTI D. (2001) - The investigation of potential earthquake sources in peninsular Italy: a review, J. Seismol., 5, 287-306.

VANOSSI M. (Ed.) (1991) - Guide Geologiche Regionali: 11 itinerari, Alpi Liguri. A cura della Soc. Geol. It., 295 pp., 1 pl, BE-MA Ed., Milano.