

Provincia di Cuneo
S.S. 28 del Colle di Nava
Lavori di realizzazione della Tangenziale di Mondovì con collegamento alla S.S. 28 Dir – 564 e al casello A6 "Torino–Savona" – III Lotto (Variante di Mondovì)

PROGETTO DEFINITIVO

COD. TO08

PROGETTAZIONE: RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI	MANDATARIA: 	MANDANTI:  MATILDI+PARTNERS BUILDING FOR HUMANS
IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE: <i>Ing. Andrea Renso – TECHNITAL Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A2413</i>	IL GEOLOGO: <i>Geol. Emanuele Fresia – TECHNITAL Ordine Geologi Veneto n. A501</i>	IL PROGETTISTA: <i>Dott. Emanuele Fresia Ordine Geologi del Veneto n A 501</i> GRUPPO DI PROGETTAZIONE: COORDINAMENTO PROGETTAZIONE E PROGETTAZIONE STRADALE: <i>Ing. Carlo Vittorio Matildi – MATILDI + PARTNERS Ordine Ingegneri Provincia di Bologna n. 6457/A</i> COORDINAMENTO PROGETTAZIONE E COORDINATORE STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE: <i>Ing. Edoardo Piccoli – TECHNITAL Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A3381</i> OPERE D'ARTE MAGGIORI GALLERIA: <i>Ing. Corrado Pesce – TECHNITAL Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A1984</i> OPERE D'ARTE MAGGIORI PONTI E MINORI: <i>Ing. Stefano Isani – MATILDI + PARTNERS Ordine Ingegneri Provincia di Bologna n. A4550</i> GEOTECNICA: <i>Ing. Alessandro Rizzo – TECHNITAL Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. A19598</i> IDROLOGIA ED IDRAULICA: <i>Ing. Simone Venturini – TECHNITAL Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A2515</i>
IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE: <i>Ing. Paolo Barrasso – MATILDI + PARTNERS Ordine Ingegneri Provincia di Bologna n. A9513</i>	VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO: <i>Ing. Giuseppe Danilo Malgeri</i>	
PROTOCOLLO:	DATA:	

05 – SISMICA

Relazione sismica

CODICE PROGETTO <input type="text" value="DPT000008D16"/>	NOME FILE 05.01_P00_GE01_GET_RE01_B	PROGR. ELAB. 05.01	REV. <input type="text" value="B"/>	SCALA: -
	CODICE ELAB. <input type="text" value="P00GE01GETRE01"/>			
D				
C				
B	ISTRUTTORIA ANAS	Mag. 2020	Technital	Fresia Piccoli Renso
A	EMISSIONE	Mar. 2020	Technital	Fresia Piccoli Renso
REV.	DESCRIZIONE	DATA	SOCIETA'	REDATTO VERIFICATO APPROVATO

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	1
2	OGGETTO E SCOPO	4
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	6
4.1	CONTESTO GENERALE	6
4.2	GEOLOGIA.....	7
4.3	GEOMORFOLOGIA	10
4.4	IDROGEOLOGIA	11
5	SISMICITA'	13
5.1	EVOLUZIONE NORMATIVA	13
5.2	SISMICITA' SU BASI STORICHE	17
6	PERIODO DI RIFERIMENTO DELL'AZIONE SISMICA.....	19
7	PERICOLOSITA' SISMICA	21
8	RISPOSTA SISMICA LOCALE	27
9	LIQUEFAZIONE DEI TERRENI	30
10	CATALOGO ITHACA E DISS.....	36

1 INTRODUZIONE

La nuova tangenziale di Mondovì (Cuneo) rientra nel piano di riordino del sistema viario del Piemonte Sud Occidentale. Sviluppata interamente nel territorio comunale di Mondovì drena il flusso di traffico proveniente dal quadrante Sud-Est collegando la S.S. 28, la S.P. 5 e la S.S. 564 con l'Autostrada A6 Torino-Savona presso lo svincolo di Mondovì. La progettazione e realizzazione della suddetta arteria stradale è stata suddivisa in 3 lotti funzionali, Figura 1.1, dei quali i primi due sono stati già completati e sono pienamente operativi, mentre il terzo è oggetto di progettazione.

Il lotto n° 3 di cui al presente Progetto Definitivo è lungo 2.667 m circa e, con una direzione sostanzialmente Est-Ovest, assicura a Sud del centro abitato il collegamento fra la S.P. 5 Villanova – Mondovì e la S.S. 28 del Colle di Nava.

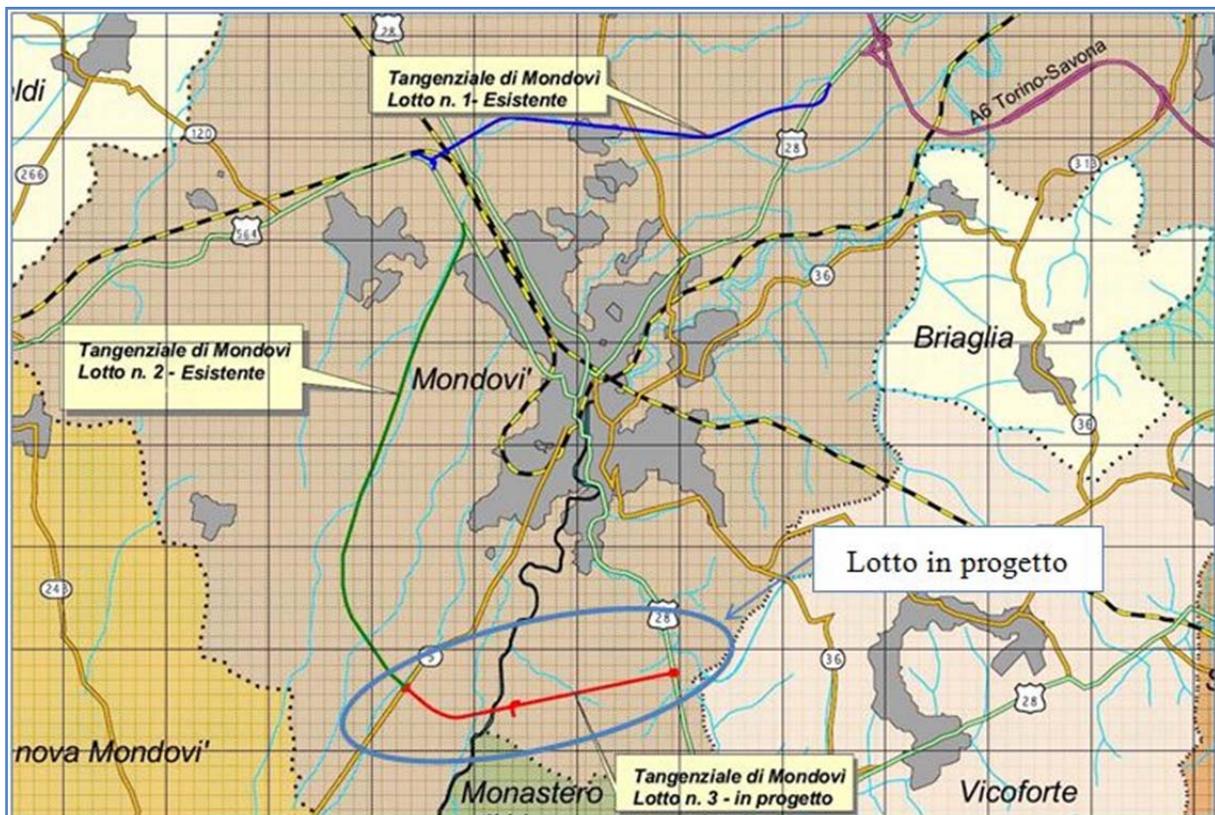


Figura 1.1 Tangenziale di Mondovì. Inquadramento geografico a grande scala

L'arteria stradale, in analogia con i lotti precedenti, è una classe C1 a doppio senso di marcia con corsie da 3,75 m, banchine laterali da 1,5 m ed elementi marginali secondo normativa per una velocità di progetto minima di 60 Km/h e massima di 100 Km/h.

L'intervento ha inizio sull'esistente rotonda nella S.P. 5 Villanova – Mondovì, termine del 2° lotto, da dove il tracciato prosegue verso Est. Dopo un tratto in rilevato, scavo e galleria artificiale lungo circa 700 m scavalca il Torrente Ellero tramite un viadotto che raggiunge in sponda destra il piede della collina monregalese di S. Lorenzo,

poco a valle di Via Vecchia di Frabosa. Al viadotto fa immediatamente seguito la galleria naturale S. Lorenzo, che attraversa una dorsale allungata in direzione Nord – Sud. L’opera in sotterraneo sottopassa non solo Via Vecchia di Frabosa ma anche altre due viabilità ad essa parallele, poste a quota maggiore, che sono Via delle Oche e Via Vecchia di Monastero. Dopo l’imbocco orientale un breve tratto all’aperto di circa un centinaio di metri permette il collegamento, tramite una rotatoria, con la S.S. 28.

Le opere principali sono quindi una galleria artificiale, il Viadotto Ellero e la galleria S Lorenzo. La galleria artificiale ha sezione rettangolare ed è lunga 150 m. Il viadotto ha una lunghezza complessiva di 240 m circa ed è composto da 4 campate con fondazioni profonde su pali. La Galleria San Lorenzo ha uno sviluppo totale di circa 1.412 m comprensivi dei tratti in artificiale agli imbocchi di lunghezza pari a circa 60 m lato Ovest e 55 m sul lato Est. La copertura varia tra un minimo di circa 10 m in zona imbocco fino ad un massimo di 110 m nel settore centrale.

La figura seguente riporta il profilo di progetto a scale sfalsate.

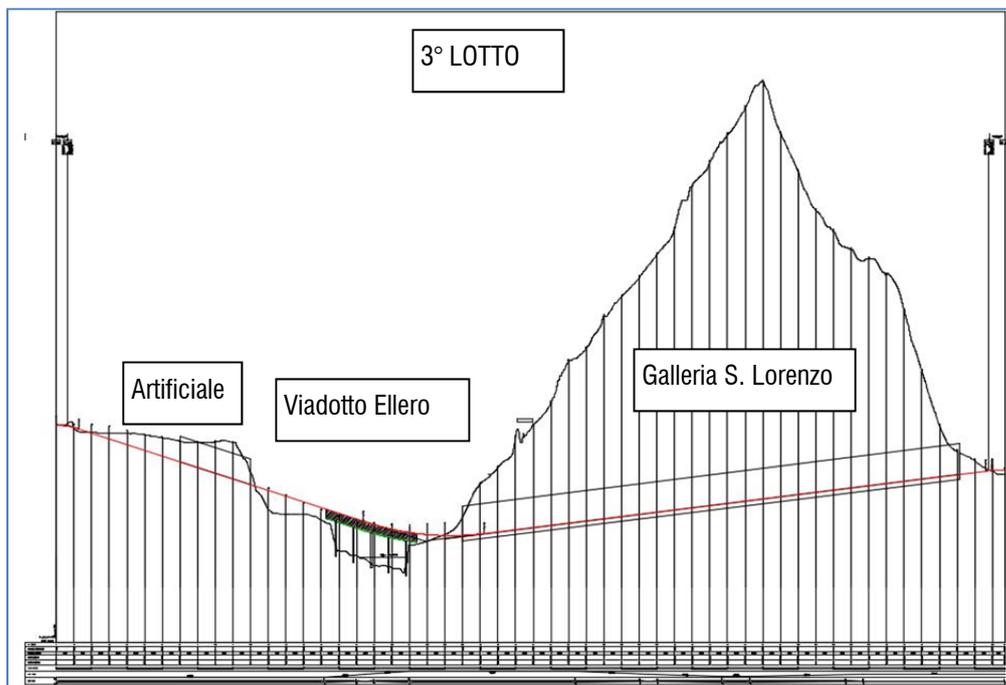


Figura 1.2 Profilo di progetto

Il Progetto Preliminare prevedeva anche uno svincolo sulla Via Vecchia di Frabosa, fra il viadotto Ellero e la Galleria S Lorenzo, per il collegamento con il Rione Borgato di Mondovì. Lo stesso Comune di Mondovì, con nota prot 22002 del 05-07.2018, ha richiesto una modifica al Progetto Preliminare mediante la soppressione del citato svincolo e la realizzazione, in sua vece ed in posizione distaccata rispetto al tracciato principale (circa 1,5 Km più a nord) di un ponte sul torrente Ermena fra il rione Borgato ed il Km 31 della S.S.28 (Figura 1.3).

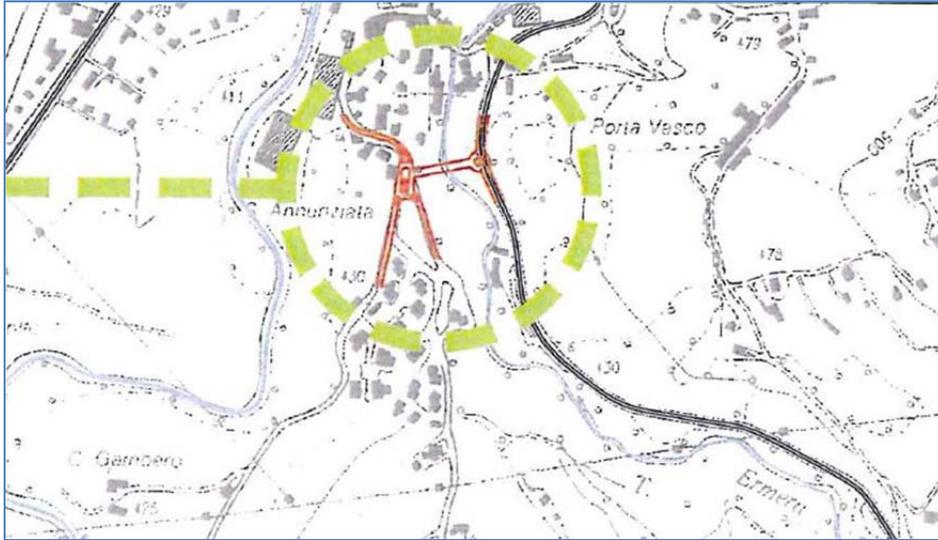


Figura 1.3 Ponte sul fiume Ermena nella soluzione proposta dal Comune di Mondovì

Partendo dal Progetto Preliminare, redatto nel dicembre 2003, il presente documento ha preso avvio attraverso una raccolta bibliografica di più recenti dati ed informazioni riguardanti l'areale in studio.

Sulla base dei dati disponibili un'integrazione del quadro conoscitivo è stata ottenuta attraverso una specifica e più dettagliata campagna di indagini geognostiche e geofisiche, con rilievi di campagna, condotta fra la primavera e l'autunno del 2019 in sede di progettazione definitiva.

2 OGGETTO E SCOPO

Il presente documento, unitamente agli elaborati grafici che lo accompagnano, costituisce la relazione sismica a corredo del Progetto Definitivo del 3° lotto della Tangenziale di Mondovì compresa fra la S.P. 5 Villanova-Mondovì e la S.S. 28 del Colle di Nava.

Le opere principali sono rappresentate dal viadotto sul Torrente Ellero e dalla galleria naturale S Lorenzo, che scavalca l'omonima dorsale a Sud del centro abitato di Mondovì in prossimità del confine con il Comune di Monastero di Vasco. Un viadotto sul Torrente Ermena, di collegamento con il Rione Borgato, rappresenta un'ulteriore e separata opera richiesta dal Comune di Mondovì in sostituzione di uno svincolo intermedio previsto lungo il tracciato principale in sede di Progetto Preliminare.

Oggetto del lavoro è la definizione della pericolosità sismica delle aree di progetto, in relazione alle caratteristiche ed alla tipologia di opere, e la definizione della categoria di suolo di fondazione e topografica.

Scopo del lavoro è, nell'ambito dello specifico modello geologico ed ai sensi del recente Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 17.01.2018, la definizione del periodo di riferimento dell'azione sismica, la valutazione della pericolosità sismica e della risposta sismica locale.

Sono infine fornite indicazioni sul potenziale di liquefazione dei terreni e sono descritte le faglie capaci e/o sismogenetiche censite nei principali database nazionali di riferimento.

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Decreto Ministero dei Lavori Pubblici n. 47 (11 marzo 1988) "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, Strutture di contenimento ed Aspetti geotecnici (1998).
- Circolare Ministero Lavori Pubblici 24 settembre 1988 n.30483 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione". (Pres. Cons. Superiore — Servizio Tecnico Centrale).
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica (ordinanza n. 3274 – Allegati 1, 2 e 3);
- Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 17/01/2018, pubblicate sulla G.U. del 20.02.2018.
- Circolare 21/01/2019 n 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al DM 17/01/2018

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

4.1 CONTESTO GENERALE

Il modello geologico di riferimento assunto per la progettazione, e rappresentato nella Carta Geologica e nel Profilo geologico, è basato sull'esame della documentazione bibliografica disponibile, sugli esiti dei rilievi geologici di superficie effettuati nella primavera della 2019 e sulle risultanze delle indagini geognostiche eseguite nelle diverse fasi progettuali e/o reperite nell'intorno dell'asse di progetto.

L'area in studio ricade all'interno del **Bacino Terziario Piemontese (BTP)**, un vasto ambiente marino posto all'interno dell'arco delle Alpi Occidentali e nel quale si è deposta, fra la fine dell'Eocene e il Pliocene, una potente successione terziaria marina seguita nel Quaternario, fra Plio-Pleistocene e Olocene, da una successione di ambiente continentale.

L'arco delle Alpi Occidentali che racchiude il BTP è costituito da una serie di terreni metamorfici e cristallini, ripetutamente corrugati in senso radiale, con forti ribaltamenti, rovesciamenti e scorrimenti accompagnati da importanti faglie. La parte inferiore della successione è rappresentata da formazioni gneissico micascistose Paleozoiche che verso l'alto si chiudono con scisti cristallini del Permo Carbonifero. Su di esse si sviluppano le formazioni mesozoiche, anch'esse in gran parte metamorfosate, rappresentate da quarziti e anageniti del Trias inferiore, calcari più o meno dolomitici del Trias medio, e da una potente pila di calce-micascisti con lenti di Pietre Verdi rappresentanti il complesso mesozoico medio superiore metamorfico.

Nel terziario il Piemonte, come tutta la Pianura Padana, è coperto dal mare. Inizia quindi, in condizioni di mare a profondità variabile, la deposizione di una successione che raggiunge e supera spessori nell'ordine di 4.000 m nei quadranti occidentali. Con l'alternarsi della natura dei suoi depositi questa complessa e potente serie di sedimenti, prevalentemente terrigeni, nei rapporti fra le diverse unità stratigrafiche ma anche all'interno della medesima unità riflette le complesse palpitazioni orogeniche che si verificarono quasi ritmicamente nella conca marina piemontese e, probabilmente, nel limitrofo arco montano, durante la fase orogenica alpina. La ripetuta intercalazione nella successione stratigrafica di zone ghiaioso ciottolose, anche potenti ed a grossi elementi, testimonia l'intensità di fenomeni di sollevamento, basculamento e trasporto verificatisi entro ed ai margini del BTP in diverse fasi.

I terreni fino all'**Oligocene** non sono rappresentati nell'area in studio e la relativa descrizione può in questa fase essere omessa.

Nel **Miocene** medio (Elveziano) si registra la deposizione di Marne ed arenarie di mare poco profondo cui seguono, nel Miocene superiore, marne grigie più o meno argillose o sabbiose di un mare che tende progressivamente a ritirarsi. La regressione marina culmina nel Messiniano con condizioni di mare poco profondo, passanti ad

ambiente salmastro o lagunare, per la progressiva chiusura del Mediterraneo che ormai costituisce un mare isolato rispetto all'atlantico, dove l'evaporazione non è compensata dall'ingresso di sufficienti volumi d'acqua. Il Messiniano è suddiviso (Selli 1960) in tre livelli: uno inferiore pre evaporitico argilloso che nel BTP è rappresentato dalle Marne di S. Agata Fossili, uno evaporitico con deposizione di litologie assai varie da luogo a luogo (marne, sabbie con ghiaie e ciottoli) ivi compresi banchi gessiferi espressione di ambienti evaporitici durante il quale si è avuta l'emersione delle basse colline delle Langhe e del Monferrato, ed uno post evaporitico (facies di lago mare, Ruggieri 1962 – 1967) che nel margine centro meridionale del BTP viene riferito alla Formazione di Cassano - Spinola. Nei gessi in alcune aree vengono riscontrati fossili marini e vegetali rappresentativi di un clima tropicale. In ogni caso l'emersione complica la successione determinando locali lacune stratigrafiche e addirittura fenomeni di erosione da cui può derivare una oggettiva difficoltà correlativa.

Nel **Pliocene** una nuova trasgressione marina dovuta a movimenti separatori presso Gibilterra porta ad una diffusa e nuova sommersione del Piemonte con la deposizione, nello Zanceano, di Argille Azzurre che testimoniano un mare tranquillo relativamente profondo. Il livello marino torna quindi a diminuire portando alla deposizione di sabbie giallastre astiane, con talvolta orizzonti arenacei al tetto, contenenti fossili di molluschi e foraminiferi bentonici che ben documentano la progressiva riduzione di profondità del mare sino all'emersione villafranchiana (Violanti 1996).

Il Pliocene segna sostanzialmente la chiusura del Terziario e l'inizio del **Quaternario**, con il quale si registra la definitiva scomparsa del mare piemontese che lascia il posto ad un potente complesso Villafranchiano prevalentemente granulare espressione di sistemi deposizionali continentali, deltizi e costieri dove il lento sollevamento dovuto alle spinte verso nord del continente africano disegna gli attuali sistemi collinari. L'ultimo grande contributo alla deposizione ed alla modellazione del territorio è fornito dall'alternarsi delle fasi glaciali e interglaciali che, con il loro importante trasporto delle acque e del vento rimodellano il territorio e permettono la deposizione di coltri alluvionali e fluvioglaciali prevalentemente granulari

4.2 GEOLOGIA

Come rappresentato nella Carta Geologica e nel Profilo Geologico di progetto ai due estremi dell'asse stradale principale sono presenti depositi alluvionali antichi e terrazzati sabbioso limosi o limoso sabbiosi con ghiaia, a tratti inglobanti blocchi lapidei, e depositi alluvionali attuali grossolani del fondovalle del fiume Ellero ad ovest e torrente Ermena ad est, con anche presenza di massi arrotondati.

In superficie lungo la piana alluvionale dell'Ellero non sono evidenti affioramenti particolari se non un terreno coltivo ricco in sostanza organica prevalentemente sabbioso limoso. Le aree sono coltivate a seminativo e irrigate per dispersione a mezzo rete di canali, o adibite a fienagione.

L'alveo (thalweg) del fiume Ellero si caratterizza per la presenza di scarpate di erosione di sponda ove affiorano depositi ghiaioso ciottolosi da ben addensati a debolmente cementati (almeno in superficie) mentre in alveo si

osservano depositi grossolani variabili dalla ghiaia ai ciottoli con blocchi grossolani, anche superiori al metro di diametro, quasi sempre ben arrotondati. La reattività all'acido cloridrico degli elementi lapidei è nulla o scarsa indicando una prevalente composizione quarzifica o quarzoarenitica.

In sponda sinistra dell'Ellero, poco a valle dell'asse progettuale, l'erosione del corso d'acqua ha messo in luce un affioramento di Marne plioceniche grigie o grigio azzurre ben consistenti, riscontrate anche nel corso dei sondaggi, immergenti verso NNE con inclinazione non superiore a 10°. In sponda destra, al piede della collina di S Lorenzo e in prossimità dell'alveo, lo scavo di alcuni canali di drenaggio ha messo in luce un deposito alluvionale sabbioso ghiaioso con ciottoli e blocchi arrotondati.

Verso fine intervento il passaggio fra la collina di S Lorenzo e la piana del Torrente Ermena è sfumato e graduale. Le aree sono adibite prevalentemente a pascolo o foraggio. In quest'ambito recenti scavi recentemente effettuati da Snam per la posa del metanodotto hanno permesso di osservare la presenza di un deposito di copertura alluvionale o colluviale sabbioso limoso o limoso sabbioso di spessore metrico.

La collina di S Lorenzo, superata in galleria, è impostata in un substrato prevalentemente marnoso con subordinate intercalazioni di arenarie, sabbie, ghiaie e conglomerati attribuito nel presente lavoro alla Formazione delle Marne di S. Agata Fossili del Miocene superiore (Foto 4.1), la cui giacitura è immergente verso NW con debole inclinazione. I rilievi di superficie non hanno permesso di riscontrare affioramenti di questa unità, che peraltro costituisce il substrato al di sotto delle alluvioni anche nelle aree di inizio e fine intervento. La scarsità di affioramenti è riconducibile alla presenza di depositi di copertura più recenti ed alla spiccata erodibilità dell'unità. Il riconoscimento stratigrafico si è quindi avvalso di riferimenti bibliografici e del supporto delle indagini geognostiche dirette.

I sondaggi più profondi (fino a 120 m da p.c.) posti lungo lo sviluppo della galleria ed eseguiti nel 2019 al di sotto dell'unità prevalentemente marnosa di S. Agata hanno riscontrato un'unità arenaceo sabbiosa, con subordinate intercalazioni marnose, conglomeratiche e calcareo marnose, interpretata come la più antica Formazione di Lequio ma che, secondo Vigna et al (2019) potrebbe anche essere riconducibile all'Unità di La Morra depositatasi in eteropia di facies con le marne di S. Agata.

In fase di rilevamento geologico è stato osservato un affioramento arenaceo in Contrada Giusta, sul versante orientale della collina, avente giacitura immergente verso NW con inclinazione di circa 15°-20°.

Le fotografie seguenti mostrano le Marne di S. Agata fossili e le arenarie di Lequio carotate in fase di progettazione definitiva.



Foto 4.2 Marne di S Agata Fossili nel sondaggio S10 del 2019 fra 10-15 m da p.c



Foto 4.3 Arenarie della F.ne di Lequio nel sondaggio S8 del 2019 fra 100-105 m da p.c.

Lungo il versante occidentale della collina sul substrato marnoso poggia un'unità, non cartografata nel PRG Comunale e neppure nella Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, ma riportata nella Carta Geologica del Piemonte in scala 1:250.000 e messa in luce dalle indagini puntualmente eseguite, riconducibile alla fase regressiva del Messiniano superiore ed attribuita alla Formazione di Cassano Spinola il cui spessore è variabile da pochi metri sino ad oltre 20 m. La composizione litologica vede alternanze limoso sabbioso argillose e ghiaioso sabbiose con locale e sporadica presenza di blocchi prevalentemente quarziticci, più raramente calcarei, arrotondati. La reazione all'HCL della matrice e degli elementi lapidei è nulla o assai scarsa.

In affioramento il terreno appare sostanzialmente limoso sabbioso argilloso mentre lungo i piccoli corsi d'acqua o nelle scarpate lungo la viabilità locale si possono osservare i blocchi di cui sopra. I versanti mostrano pendenze modeste e sono estesamente adibiti a pascolo o foraggio..

Nella zona del ponte di **Rione Borgato** sul fondovalle del torrente Ermena affiorano depositi alluvionali attuali e recenti grossolani con abbondanti massi, e depositi alluvionali granulari terrazzati più antichi, sabbioso ghiaioso limosi con ciottoli, lungo le pendici. Il substrato, messo in luce dalle indagini a debole profondità, ma non affiorante, è rappresentato dalle Marne di S Agata Fossili.

4.3 GEOMORFOLOGIA

Posta lungo il tracciato del lotto 3 della tangenziale di Mondovì la collina di S. Lorenzo presenta una copertura di materiali sciolti prevalentemente limoso sabbiosi poggianti su un substrato marnoso. Tale contesto, unitamente ad una giacitura degli strati a franapoggio, una erosione al piede determinata dal Fiume Ellero ad ovest ed Ermena ad est, una rete di drenaggio naturale assai poco evoluta e scarsamente organizzata gerarchicamente, condizioni di falda a debole profondità, versanti a modesta pendenza con evidenti contropendenze e ristagni idrici, determina condizioni generali di alta pericolosità geomorfologica.

Più in dettaglio lungo il versante orientale della collina la pericolosità geomorfologica è diffusa seppur meno accentuata, con perimetrazioni di frana generalmente per colata esterne al tracciato di progetto e/o superficiali rispetto alle opere (poste in galleria). I depositi alluvionali sabbioso limosi poggianti sul substrato marnoso, o le coltri di alterazione superficiale dello stesso substrato marnoso, possono comunque essere interessati da fenomeni deformativi, come confermato da alcuni dissesti osservabili sul terreno. Tale instabilità potenziale interessa anche le coltri che gravano in zona d'imbocco.

Sul versante occidentale, interessato dai depositi sabbioso limoso argillosi della Formazione di Cassano Spinola in appoggio sul substrato marnoso, la Carta Geomorfologica riporta un'ampia perimetrazione di frana quiescente all'interno della quale sono censite alcune e più piccole frane, quiescenti o potenzialmente attive (anche in funzione della fonte bibliografica consultata) generalmente per scivolamento o traslazione. Due di queste ricadono in prossimità dell'imbocco ovest della galleria. La frana più settentrionale non dispone di pregressi monitoraggi e dai rilievi di campo viene interpretata come quiescente o stabilizzata nelle porzioni intermedie e sommitali mentre nella porzione inferiore, a valle di Via Vecchia di Frabosa, sono osservabili fenomeni deformativi superficiali tipo creep o colata a carico di ciò che rimane del relativo accumulo. Per la frana meridionale un monitoraggio inclinometrico effettuato da ARPA ha evidenziato fenomeni possibili deformativi stagionali, di modesta entità e concentrati entro i primi 4 m di profondità, nei settori intermedi e superiori. Tali evidenze sono confermate da spostamenti osservati su una rete di caposalda topografici e lesioni su fabbricati esistenti. Nella porzione inferiore non ci sono evidenze di

fenomeni attivi significativi anche se le condizioni di stabilità, a livello dei depositi superficiali, possono cautelativamente essere ricondotte ad una condizione prossima all'equilibrio limite.

Nessun fenomeno franoso in atto o potenziale interessa il tratto compreso fra inizio intervento e l'attraversamento del Fiume Ellero dove sussiste una bassa pericolosità geomorfologica.

In corrispondenza del ponte sul Rione Borgato in sponda destra del Torrente Ermena è censita una perimetrazione di frana che nella maggior parte della documentazione bibliografica è di tipo indefinito e quiescente, mentre nel recente aggiornamento delle schede SIFRAP di ARPA risulta essere una frana per scivolamento o traslativa potenzialmente attiva, almeno nella porzione sommitale, che si è attivata a cavallo degli anni '50 e '70 a seguito dei lavori di allargamento della SS28. Per arrestare il fenomeno deformativo è stato realizzato un importante muro tirantato su più ordini e, da quanto riferito, alcune trincee drenanti. In aree limitrofe i rilievi di campagna hanno riscontrato modesti smottamenti superficiali a carico della coltre alluvionale. Queste perimetrazioni non interessano direttamente il ponte, dove le indagini effettuate hanno riscontrato il substrato marnoso arenaceo già a modesta profondità da piano campagna, ma possono interessare marginalmente i modesti tratti di viabilità che in sponda destra si collegano all'opera in progetto.

4.4 IDROGEOLOGIA

Dal punto di vista idrogeologico sono presenti terreni sabbioso limoso ghiaiosi permeabili per porosità lungo la piana alluvionale dell'Ellero e sul fondovalle del torrente Ermena. I rilevamenti piezometrici evidenziano come i depositi alluvionali antichi e terrazzati del Fiume Ellero e del torrente Ermena siano sede di una falda idrica posta a circa 4-5 metri da p.c., mentre in zona di alveo le alluvioni attuali sono sature già appena al di sotto del piano campagna.

Sul Rione Borgato in sponda destra del torrente Ermena la presenza di una sorgente e la (riferita) esecuzione di trincee drenanti suggeriscono la presenza di una falda a modesta profondità.

Lungo la collina di S Lorenzo i sondaggi posti agli imbocchi della galleria hanno evidenziato una falda, contenuta nelle coperture limoso sabbiose, attestata stabilmente a profondità variabile fra 1 m e 4 m da p.c. in funzione del periodo stagionale e sostenuta dal sottostante substrato marnoso poco/per nulla permeabile. Non mancano comunque condizioni di falda a piano campagna o, specialmente a seguito dei principali fenomeni meteorologici, la fuoriuscita spontanea d'acqua direttamente dai fori di sondaggio.

Sul più esteso versante occidentale la presenza d'acqua a ridotta profondità è confermata da periodici ristagni idrici, da alcuni pozzi usati a scopo agricolo e da una rete di fossi e canali di drenaggio, naturali e artificiali, nei quali

molto spesso anche durante il periodo estivo è presente un deflusso idrico, per quanto modesto, o acqua stagnante.

Lungo la galleria nei terreni del substrato marnoso arenaceo la permeabilità attesa è da bassa a medio bassa. I piezometri disponibili segnalano un livello di falda anche in questa unità, attestato fra 20-70 m da piano campagna (significano punte di 40 m sulla calotta della galleria) con una escursione stagionale (laddove si dispone di un monitoraggio pluriennale) nell'ordine di 2 – 3 m. Negli scavi in sotterraneo saranno quindi da attendersi condizioni di umidità o stillicidio a tratti intenso, con possibili venute idriche concentrate nell'attraversamento di orizzonti a maggior grado di fratturazione o minor grado di cementazione che probabilmente andranno a ridursi nel tempo.

Non sono censite sorgenti entro e nell'intorno del tracciato stradale.

5 SISMICITA'

5.1 EVOLUZIONE NORMATIVA

La normativa sismica italiana vigente sino al 20/03/2003 è rappresentata dalla legge 64/1974, "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche", corredata ed integrata dalle relative Norme Tecniche emanate essenzialmente con DMLLPP del 03 marzo 1975 ed aggiornate con DMLLPP del 16 gennaio 1996. Secondo tali norme la classificazione sismica nazionale include tre categorie sismiche di cui la terza (la meno pericolosa) introdotta con DM 13 giugno 1981 n 515.

Nel complesso, e con riferimento allo specifico atlante della classificazione sismica nazionale, è inserito all'interno delle tre sopraccitate categorie il 36,6% dei Comuni italiani, il 45,2% della superficie ed il 38,8% della popolazione. In questa fase il Comune di Mondovì non viene considerato sismico.

Il riordino della normativa antisismica in Italia inizia con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n 3274 del 20 marzo 2003, "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", che fissa le regole per l'identificazione dei comuni sismici e definisce nuove norme costruttive. Diversi sono i punti innovativi introdotti. In primo luogo la classificazione sismica interessa tutto il territorio nazionale e, quindi, non esistono più comuni non sismici. In secondo luogo al tradizionale sistema di progettazione secondo le "tensioni ammissibili" è sostituito quello più rigoroso basato sugli "stati limite". Con questa Ordinanza viene anche introdotta una classificazione sismica dei terreni basata sui valori di Vs30 (velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m) di Nspt e di Cu.

Nella norma il territorio nazionale è suddiviso in 4 zone sismiche, di cui la prima è quella a maggiore pericolosità. Ciascuna zona è caratterizzata da un fissato intervallo di accelerazioni previste al suolo (Tabella 5.1) e da uno spettro di risposta. L'Ordinanza n. 3274 sostanzialmente conferma la modesta pericolosità sismica del territorio comunale inserendo Mondovì in zona 4, la più bassa su scala nazionale e normalmente attribuita ai comuni precedentemente non considerati sismici.

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a _g /g]
1	> 0,25
2	0,15-0,25
3	0,05-0,15
4	<0,05

Tabella 5.1 Valori di accelerazione orizzontale ai sensi dell'OPCM 3274

Per il Piemonte l'elenco delle zone sismiche (Figura 5.1) viene aggiornato con DGR 11/13058 del 19.01.2010 e successivamente precisato dalla DGR 65/7656 del 21.05.2014. In quest'ambito il Comune di Mondovì viene inserito in zona 3 a bassa sismicità, confinante a Nord e ad Est con comuni in zona sismica 4 (Carrù, Bastia Mondovì, Cigliè, Briaglia) ed a Sud e Ovest con comuni in zona sismica 3 (Monastero di Vasco, Villanova di Mondovì, Magliano Alpi).

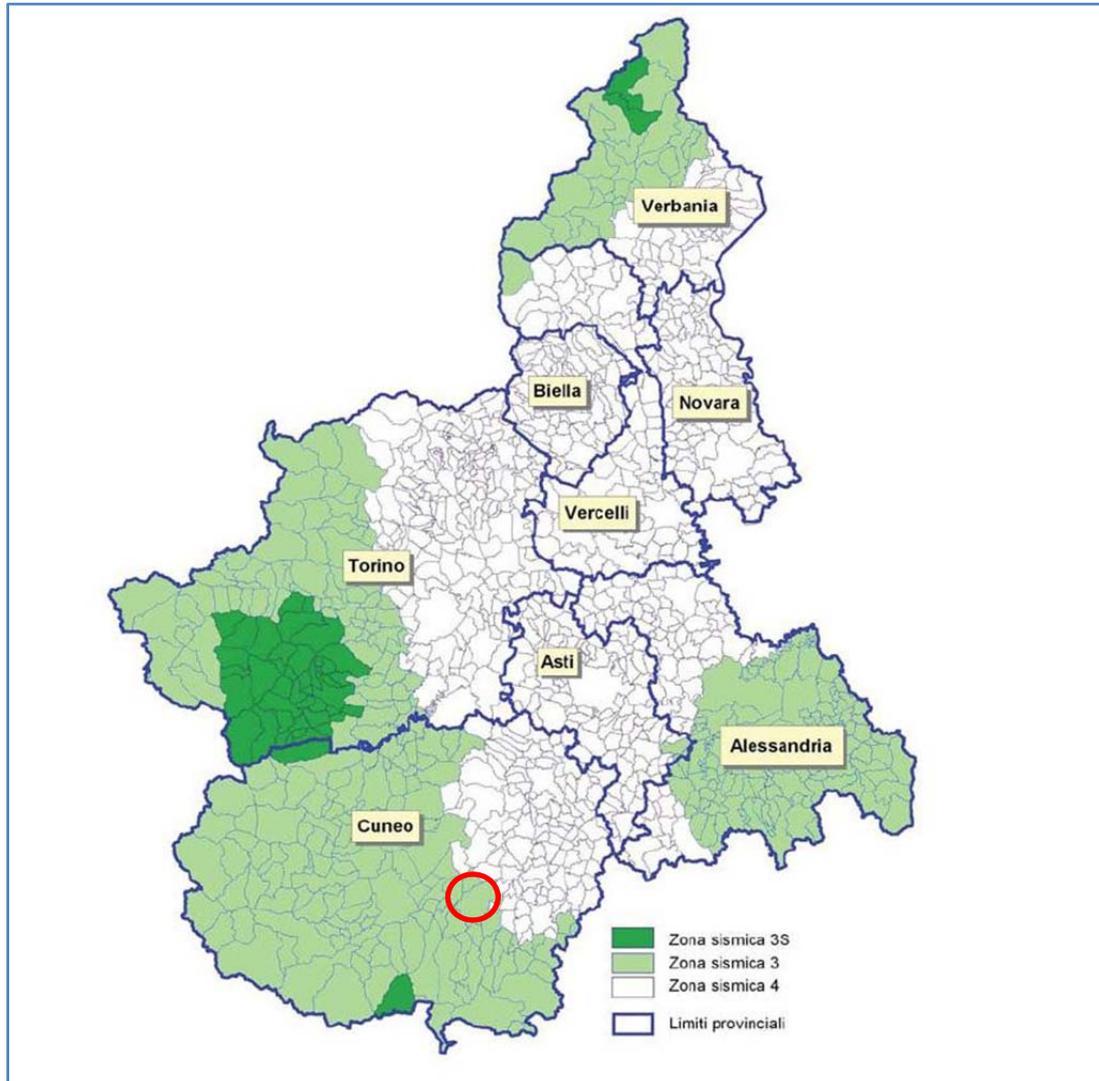


Figura 5.1 Classificazione sismica della Regione Piemonte

Il 23 settembre 2005 vengono pubblicate in Gazzetta Ufficiale le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) che contengono l'aggiornamento della normativa italiana in tema di progettazione sismica. Fra le altre cose le zone sismiche 1, 2 e 3 sono suddivise in sottozone aventi valori di accelerazione intermedi rispetto ai valori soglia. La norma è prevista entri in vigore il 23 ottobre 2005; per la precisione in tale data inizia un periodo di 18 mesi di applicazione sperimentale durante il quale è possibile ancora fare riferimento alla vecchia normativa (legge 1086/1971, legge 64/1974).

Ad integrazione dell'OPCM 3274/2003 viene emanata l'OPCM 3519 del 29.04.2006, "*Criteri generali per l'individuazione e per la formazione e aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*", che adotta la Mapa di Pericolosità sismica MPS04 (Figura 5.2).

Le NTC 2005, tenuto anche conto delle tempistiche concesse per la relativa applicazione, trovano scarsa applicazione in quanto il 4 febbraio 2008 viene pubblicato in Gazzetta Ufficiale il DM 14 gennaio 2008 contenente le **Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni**. Le norme definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, le prestazioni richieste in termini di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità. Forniscono i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti fornisce, con la Circolare 617/2009, le istruzioni per l'applicazione delle nuove NTC di cui al DM del 14 gennaio 2008, che rappresentano – ha spiegato il Ministero – "*la più avanzata espressione normativa a tutela della pubblica incolumità nel settore delle costruzioni*".

Infine sulla G.U. del 20.02.2018 è pubblicato il riferimento normativo cogente rappresentato **dall'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 17/01/2018**, cui fa seguito la Circolare 21/01/2019 n 7 C.S.LL.PP. "*Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al DM 17/01/2018*".

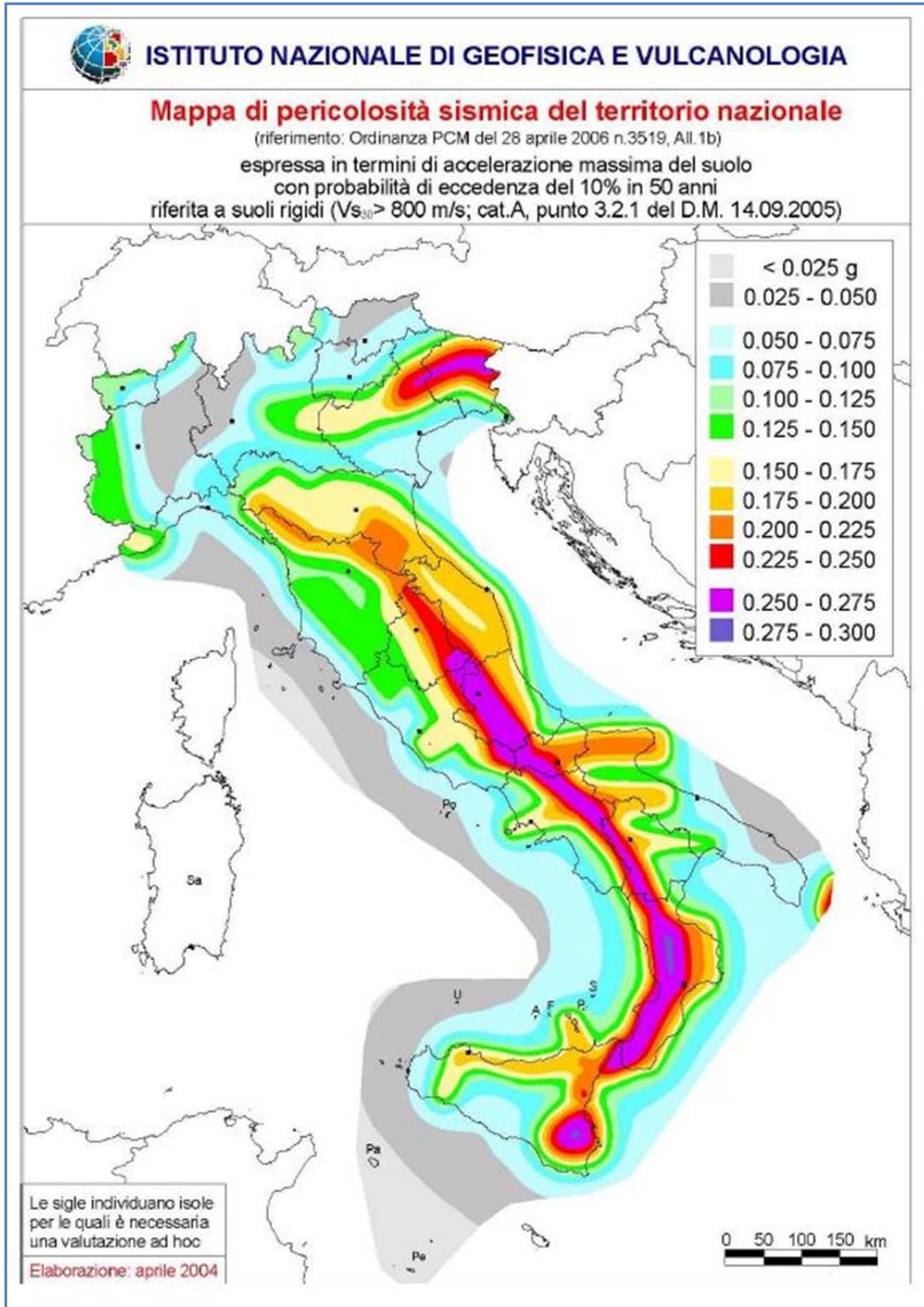


Figura 5.2 Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale (OPCM 3519/06)

5.2 SISMICITA' SU BASI STORICHE

Mediante la banca dati dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) è stata ottenuta la Figura 5.3 che riporta lo schema, semplificato, della storia sismica della città di Mondovì per eventi aventi intensità al sito > 5.

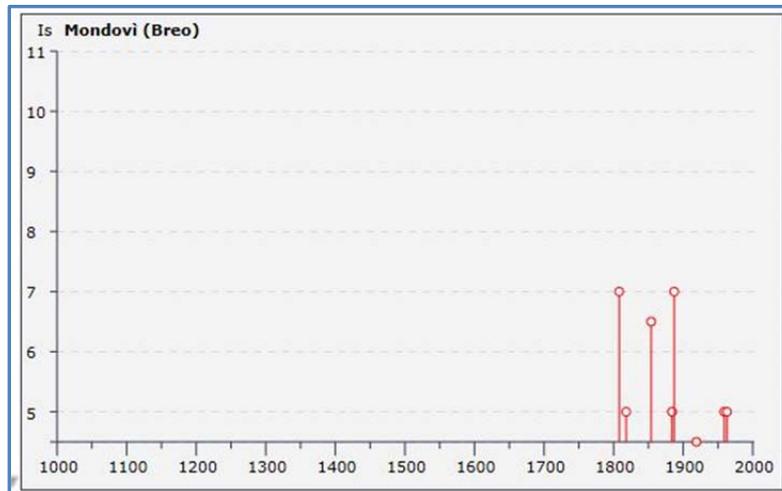


Figura 5.3. Storia sismica di Mondovì (banca dati INGV)

La modesta pericolosità di questa porzione di territorio deriva fundamentalmente da un ridotto numero di eventi registrati cui compete, generalmente, un'intensità al sito modesta. Il numero di registrazioni concentrate dopo il 1800 è imputabile forse più alla quantità d'informazioni reperibili sul territorio che ad un reale incremento della sismicità dell'area.

La Tabella 5.2 riporta i records relativi a Mondovì con indicazione del relativo epicentro, della massima intensità registrata al sito (Is) e sull'epicentro stesso (Ix). Si può osservare come si tratti generalmente di sismi "indiretti" i cui epicentri sono localizzati al di fuori del Piemonte.

Effetti	In occasione del terremoto del:								
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mw
7	1808	04	02	16	43	Valle del Pellice	107	8	5.67
5	1818	02	23	18	10	Liguria occidentale	46	8	5.55
6-7	1854	12	29	01	45	Liguria occidentale	86	7-8	5.77
3	1873	05	16	19	35	REGGIANO	15	6-7	5.13
5	1884	11	27	22	15	Alpi Cozie	63	7	5.36
7	1887	02	23	05	21	Liguria occidentale	1515	10	6.29
4	1906	08	11	09	58	TAGGIA	82	5-6	4.56
4-5	1919	11	28	21	38	ALPI MARITTIME	24	5-6	4.95
3-4	1920	09	07	05	55	Garfagnana	638	10	6.48
4	1955	05	12	14	15	ALPI COZIE	39	7	4.68
5	1959	04	05	10	48	Valle dell'Ubaye	66	7-8	5.54
5	1963	07	19	05	45	MAR LIGURE	70	5	5.91
2-3	1983	11	09	16	29	Parmense	835	7	5.10
4	1989	12	26	19	59	MAR LIGURE	290	5-6	4.63

Tabella 5.2. Principali registrazioni sismiche relative a Mondovì

Pertanto gli annali storici relativi agli eventi sismici registrati confermano l'assenza di una significativa attività sismica nell'area, cui compete inizialmente l'attribuzione ad un contesto non sismico e successivamente, con OPCM 3274, ad una classe sismica IV, la più bassa su scala nazionale. Dal 2010 il Comune di Mondovì è inserito in zona III. Per effetto della rilevante distanza degli epicentri a Mondovì sono stati registrati pochi eventi sismici, generalmente di modesta intensità.

Dall'insieme dei dati si evince quindi una modesta pericolosità sismica dove i livelli risentibili sono prevalentemente dovuti ad epicentri localizzati nelle aree circostanti che ben s'inquadrano e giustificano su basi geologiche e tettoniche, mentre la sismicità prettamente locale ha carattere limitato.

6 PERIODO DI RIFERIMENTO DELL'AZIONE SISMICA

Secondo l'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) di cui al Decreto del 17/01/2018 pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018, ed in coerenza con le precedenti NTC 2008, le azioni sismiche debbono essere determinate in relazione al periodo di riferimento VR, che si ricava moltiplicando la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU, rispettivamente come da tabella 2.4.I e 2.4.II delle N.T.C.

$$VR = VN \cdot CU$$

In particolare la vita nominale di una costruzione VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo alla quale è destinata. La vita nominale viene desunta dai contenuti della Tab. 2.4.1 di cui all'Allegato A delle NTC 2018 (riportata in Tabella 6.1) e deve essere precisata nei documenti di progetto.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tabella 6.1 Vita nominale Tab 2.4.I NTC 2018

Il coefficiente d'uso Cu, i cui valori sono riportati in Tabella 6.2, esprime la Classe d'uso nella quale sono suddivise le opere con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso. In presenza di Azioni Sismiche le costruzioni sono suddivise in quattro classi d'uso la cui definizione è di seguito sinteticamente riportata:

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0.7	1.0	1.5	2.0

Tabella 6.2 Coefficiente d'uso Tab 2.4.II NTC 2008

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, industrie con attività non pericolose per l'ambiente, ponti e reti viarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza, dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, ponti e reti viarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza, dighe il cui collasso provochi conseguenze rilevanti

- Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente, reti viarie di tipo A o B (come definite nel D.M. 5 novembre 2001 n.6792) importanti per il mantenimento delle vie di comunicazione, dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica

Il progetto preliminare redatto nel 2003 non fa alcun cenno al periodo di riferimento dell'azione sismica.

In sede di progettazione definitiva si è considerata un'opera d'importanza ordinaria ed una costruzione in classe III da cui deriva:

$$VR = VN \times CU = 50 \times 1,5 = 75 \text{ anni}$$

7 PERICOLOSITA' SISMICA

La pericolosità sismica è lo strumento di previsione delle azioni sismiche attese in un certo sito su base probabilistica. Più precisamente è la probabilità che un valore prefissato di pericolosità, espresso da un parametro di moto sismico al suolo (ad esempio l'accelerazione massima) o da un grado di intensità macrosismica, venga superato in un sito dato (o in un insieme di siti) entro un dato periodo di tempo.

La pericolosità sismica può essere pertanto rappresentata attraverso due indicatori:

- l'accelerazione orizzontale massima del terreno a_g
- l'intensità macrosismica.

Con la Mappa di Pericolosità Sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20.03.2003 viene elaborata una nuova zonazione sismogenetica, denominata ZS9, comprendente 42 zone sorgente (ZS) identificate da un numero compreso fra 901 e 936 o da una lettera variabile da A ad F, quest'ultime non usate nella valutazione della pericolosità. Per ciascuna zona sorgente il lavoro individua un meccanismo focale prevalente ed una profondità ipocentrale. L'arco Alpino interessa le ZS da 901 a 910. Il settore dove si è osservata la massima convergenza fra placca adriatica ed europea è quello orientale di competenza delle ZS 904 – 905 e, subordinatamente, 906, caratterizzato da strutture a pieghe sud vergenti del sudalpino orientale e faglie inverse associate (Zanferrari et al 1982 et al.). Secondo i dati disponibili la convergenza fra Adria ed Europa è ancora considerata il principale meccanismo responsabile della tettonica attiva in Italia settentrionale. In quest'ottica, come schematicamente rappresentato in Figura 7.1, il territorio Comunale di Mondovì ricade nella ZS "E", posta ad est della ZS 908 "Piemonte" ed a nord della ZS 910 "Nizza – Sanremo". A quest'ultima viene assegnata una M_w massima intorno a 6,1 per eventi la cui classe di profondità prevalente è 8-12 Km.

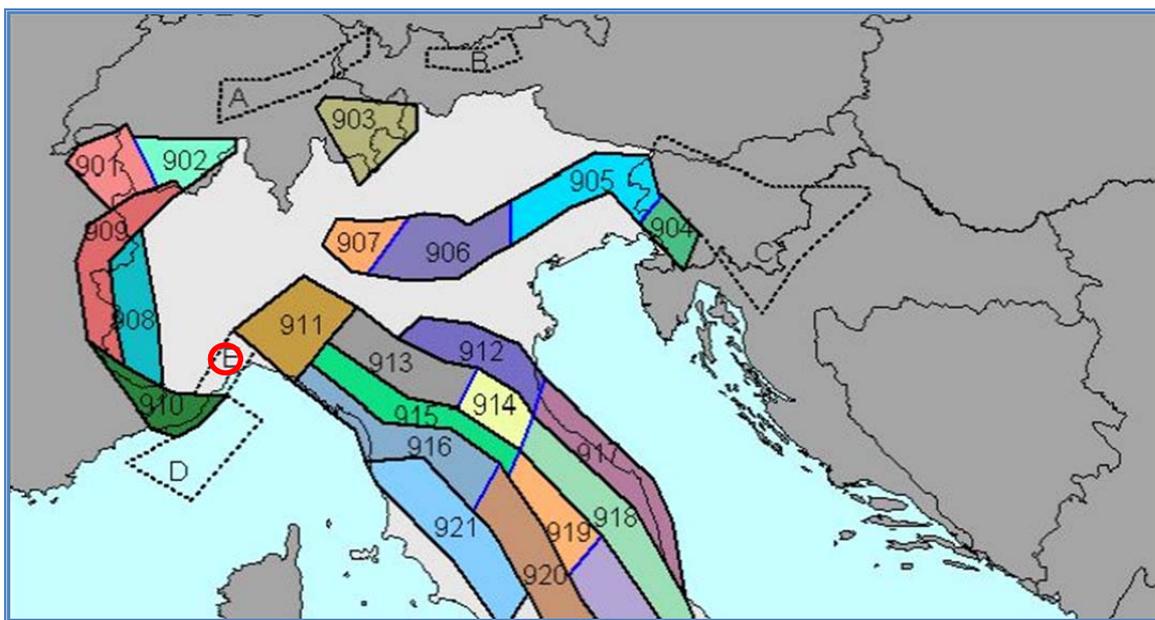


Figura 7.1. Delimitazione delle ZS nell'ambito della ZS9 nel nord Italia

La successiva Figura 7.2 mostra i valori di pericolosità sismica secondo l'OPCM 3519 del 28 aprile 2006, All. 1b, per l'area in esame. Nella mappa sono riportati i valori medi (con deviazione standard) corrispondenti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni) della PGA (acronimo di Peak Ground Acceleration, ovvero accelerazione massima al suolo). Dalla figura si evince come l'area in studio abbia una PGA compresa nel range 0.05 – 0.075 con valori tendenzialmente in aumento procedendo da Est verso Ovest ovvero verso la catena alpina. Dal grafico di disaggregazione per Mondovì si ottiene una magnitudo media attesa di 5,3 per una distanza epicentrale di 41,5 Km, ed una magnitudo massima di circa 6,1.

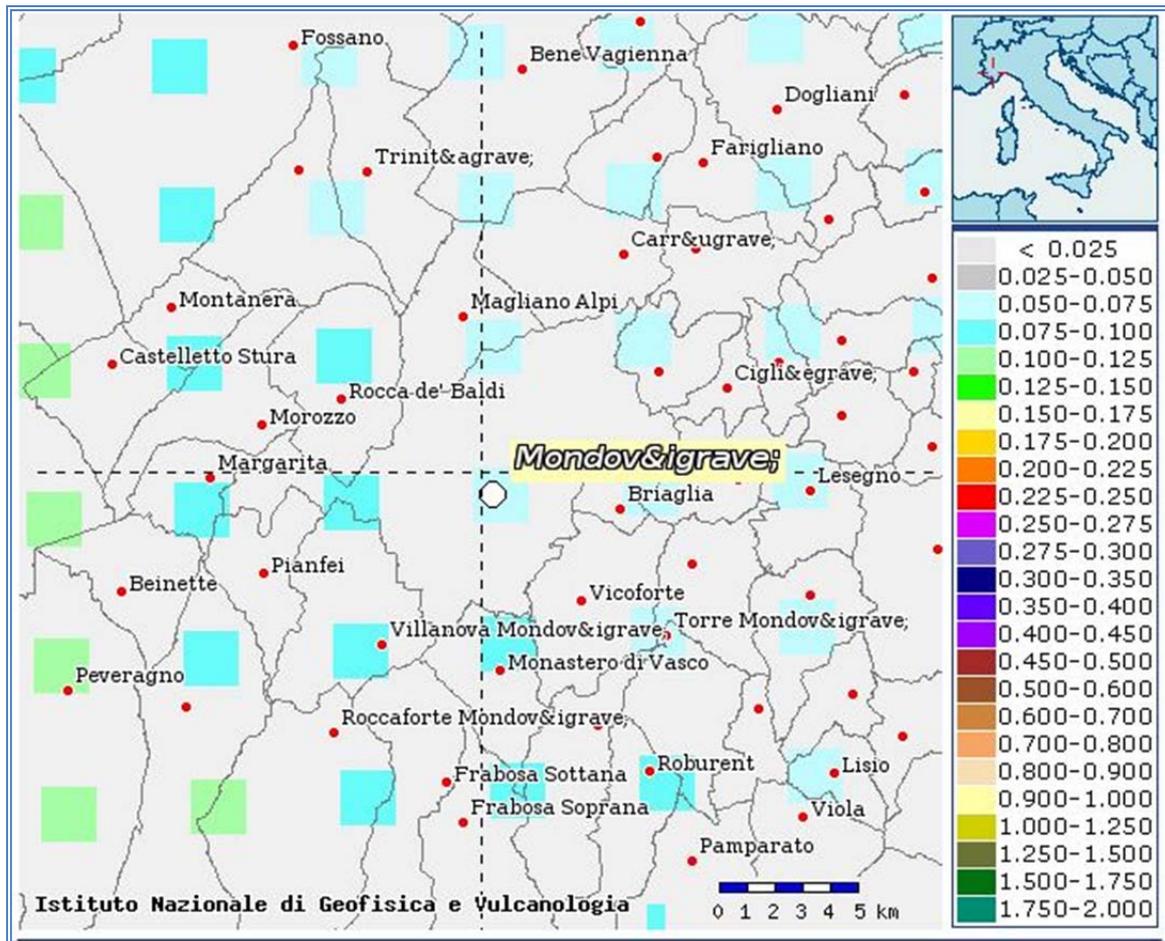


Figura 7.2 Valori di pericolosità sismica (OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b) in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s, suolo di categoria A).

Nelle NTC 2018 la pericolosità sismica è descritta dalla probabilità che, in un fissato arco di tempo, si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. L'intervallo di tempo, espresso in anni, è il Periodo di riferimento (VR, e la probabilità è denominata Probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR).

Le probabilità di superamento PVR nel periodo di riferimento VR variano al variare dello stato limite considerato (SLO-SLD-SLV-SLC) come riepilogato in Tabella 7.1 (tabella 3.2.I delle NTC 2018)

STATO LIMITE		P _{VR} - Probabilità di superamento nel periodo di riferimento	
		V _R	
Stati Limite di Esercizio	SLO	81%	
	SLD	63%	
Stati Limite Ultimi	SLV	10%	
	SLC	5%	

Tabella 7.1 . Probabilità di superamento PVR al variare dello stato limite considerato da NTC 2008

dove:

- **SLO** = Stato Limite di Operatività: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **SLD** = Stato Limite di Danno: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.
- **SLV** = Stato Limite di Salvaguardia della Vita: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte di resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **SLC** = Stato Limite di prevenzione del Collasso: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli nei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Fissato il periodo di riferimento VR e la probabilità di superamento PVR, il periodo di ritorno TR si ricava mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 = valore massimo di fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- TC^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I valori dei parametri di cui sopra sono allegati in calce alle NTC per diversi periodi di ritorno (T_R), e distinti in base ad un codice di identificazione (ID) nonché alle relative coordinate geografiche (latitudine e longitudine). Possono pertanto essere determinati sulla base del Comune in cui ricadono i lavori o in base alle esatte coordinate geografiche delle singole opere.

Nel caso in studio i parametri sono stati dedotti mediante il programma "Spettri-NTC.ver.1.03", realizzato dal Ministero delle Infrastrutture – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (Figura 7.3) sulla base delle seguenti coordinate sito-specifiche delle tratte e/o opere principali:

- Inizio intervento: Long.7,79883°E – Lat.44,367322°N
- Viadotto Ellero: Long.7,80944°E – Lat.44,365083°N
- Imbocco Ovest galleria S Lorenzo: Long.7,81122°E – Lat.44,365738°N
- Imbocco Est galleria S Lorenzo: Long.7,829822°E – Lat.44,369027°N
- Ponte Rione Borgato sull'Ermena: Long.7,81666°E – Lat.44,381055 °N



Figura 7.3. Identificazione del sito all'interno della maglia di appartenenza nel reticolo di riferimento (programma: spettri di risposta del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ver. 1.0.3)

Per l'areale di progetto i parametri spettrali di riferimento sono i seguenti:

Opera	Long	Lat	SLV (712 anni)			SLC (1462 anni)		
			ag	Fo	Tc	ag	Fo	Tc
Inizio intervento	7.798836	44.36732	0.088	2.645	0.309	0.108	2.715	0.324
Viadotto Ellero	7.80994	44.36508	0.087	2.648	0.309	0.106	2.718	0.325
Imbocco W galleria	7.81122	44.36574	0.087	2.649	0.309	0.106	2.719	0.325
Imbocco E galleria	7.829822	44.36903	0.084	2.657	0.309	0.103	2.730	0.326
Ponte Rione Borgato	7.81666	44.38106	0.084	2.663	0.308	0.102	2.738	0.324

Tabella 7.2 Parametri spettrali di riferimento

Confermato un incremento dei valori procedendo da Est verso Ovest nell'ambito del presente progetto si adottano cautelativamente i parametri relativi all'inizio intervento i cui spettri di risposta sono rappresentati in Figura 7.4.

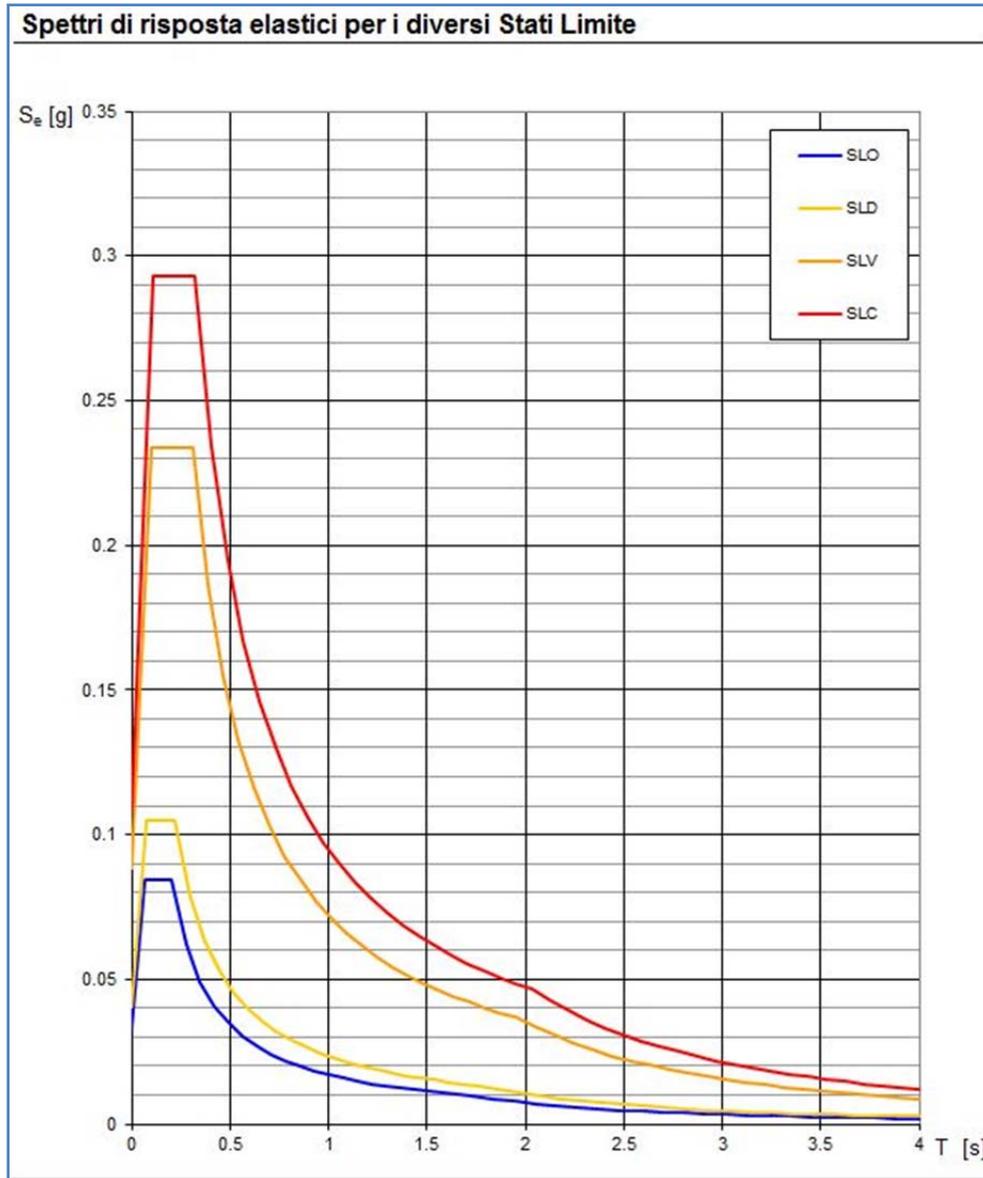


Figura 7.4 Spettri di risposta per il tratto di inizio intervento.

8 RISPOSTA SISMICA LOCALE

Un ulteriore elemento di valutazione è rappresentato dall'effetto locale prodotto dal contesto geologico-geomorfologico che caratterizza l'area in studio. Ciò significa valutare le differenze di intensità massima dovute a differenti situazioni geologiche e morfologiche locali attraverso procedure il cui insieme costituisce la "risposta sismica locale". L'esame della distribuzione dei danni prodotti da un terremoto nello stesso territorio dimostra infatti che le azioni sismiche possono assumere, anche a distanze di poche decine di metri, caratteristiche differenti in funzione delle modifiche all'onda sismica apportate dalle condizioni locali.

Si denomina quindi come risposta sismica locale l'azione sismica emergente "in superficie" a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido e riconducibili principalmente a:

- effetti stratigrafici: legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati;
- effetti topografici: legati alla configurazione topografica del piano campagna alla quale in alcuni casi (prossimità della cresta dei rilievi), va attribuita la focalizzazione delle onde sismiche a seguito dei fenomeni di riflessione delle onde sismiche; i fenomeni di amplificazione cresta-base aumentano in proporzione al rapporto tra l'altezza del rilievo e la sua larghezza.

L'effetto della risposta sismica locale correlabile con il contesto stratigrafico viene valutato attraverso specifiche analisi da eseguire con le modalità indicate al capitolo 7.11.3 delle NTC 2018. In alternativa qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite dalla tabella 3.2.III delle NTC 2018, riportata in Tabella 8.1, è possibile fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s .

Nel caso in studio considerato che: il modello sismostratigrafico stratigrafico risulta semplice (depositi di copertura su substrato marnoso o argilloso) non sono previste eterogeneità significative, le superfici di contatto stratigrafico attese sono prevalentemente suborizzontali o poco inclinate, le velocità sismiche sono crescenti verso il basso e la pericolosità sismica è modesta, si è fatto riferimento all'approccio semplificato.

La classificazione del sottosuolo di cui alla tabella 3.2.II si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio " $V_{s,eq}$ " come definita dall'espressione:

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

(3.2.1 delle NTC 2018)

Con:

- h_i = spessore strato i-esimo;
 $V_{s,i}$ = velocità onde di taglio strato i-esimo;
 N = numero strati;
 H = profondità bedrock caratterizzato 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_{s30} ottenuto ponendo $H = 30$.

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

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

Tabella 8.1 Categorie di sottosuolo ai sensi delle NTC 2018

Nell'ambito del sedime di progetto come suggerito dalla norma i valori di V_s sono stati ricavati da specifiche prove tipo Down Hole effettuate in foro di sondaggio e stendimenti tipo Masw di superficie, i cui esiti sono riepilogati in Tabella 8.2 e Tabella 8.3. In entrambi i casi non è stato ravvisato un substrato sismico, intendendo con ciò un terreno dotato di $V_s > 800$ m/s, e pertanto il parametro V_s equivalente coincide con la V_{s30} .

Le Masw hanno evidenziato valori di V_s 30 compresi fra 367-415 m/s mentre le down hole fra 391-499 m/s in funzione della profondità del substrato geologico (marne di S. Agata) e delle locali caratteristiche dei terreni di copertura, per una categoria di sottosuolo che in tutti i casi è la tipo B: "Depositi a grana grossa molto addensati caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s".

Masw	Ubicazione	Vs eq Vs30 (m/s)
Masw 1	Imbocco W	415
Masw 2	Imbocco E	376

Tabella 8.2 Risultati prove Masw agli imbocchi della galleria (campagna anno 2019)

Sondaggio	Ubicazione	Vs eq Vs30 (m/s)
S3-DH	Viadotto Ellero	499
S12-DH	Viadotto Ermena	391

Tabella 8.3 Risultati prove Down Hole in fori di sondaggio posizionati in corrispondenza dei viadotti (campagna anno 2019)

Per quanto attiene gli effetti topografici è possibile fare riferimento alla tabella 3.2.IV delle NTC 2018 riprodotta in Tabella 8.4.

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 $i > 30^\circ$

Tabella 8.4 Categorie topografiche

Per l'asse stradale in progetto, inserito in un contesto pianeggiante, e per le zone d'imbocco con pendenza generale inferiore a 15° , è certamente possibile considerare una categoria topografica tipo T1 cui corrisponde un Coefficiente di amplificazione topografica (S_T) pari a $S_T = 1,00$ come da Tabella 8.5.

Per il ponte in Rione Borgato che si ubica in corrispondenza di una incisione terrazzata relativamente più accentuata si considera prudentemente una categoria topografica T2 con coefficiente di amplificazione topografica 1,2.

Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T		
Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	—————	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Tabella 8.5 Valori del coefficiente di amplificazione topografica

9 LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

La presenza di terreni sciolti richiede alcuni commenti circa la possibilità o meno di sviluppo di fenomeni di liquefazione durante eventuali attività sismiche. La liquefazione denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo, durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

Vale la pena evidenziare che anche laddove sono presenti i caratteri predisponenti non è detto che si possano realizzare le condizioni di cause scatenanti; ovvero un terreno sabbioso può avere tutti i requisiti granulometrici e di addensamento per liquefarsi, ma nell'area può non verificarsi mai un sisma con energia sufficiente. Viceversa possono esserci le energie sufficienti ma le caratteristiche granulometriche dei litotipi possono essere tali da non essere suscettibili di liquefazione.

L'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 17/02/2018 indica al punto 7.11.3.4.2 che le verifiche alla liquefazione per le opere possono essere omesse qualora si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- 1 accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero inferiori a 0.1g;
- 2 profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna suborizzontale e per strutture con fondazioni superficiali;
- 3 depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$, dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata attraverso le prove SPT, normalizzata ad una tensione efficace di 100 kPa;
- 4 distribuzione granulometrica esterna all'ambito dei fusi forniti nella Figura 9.1 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in Figura 9.2 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$

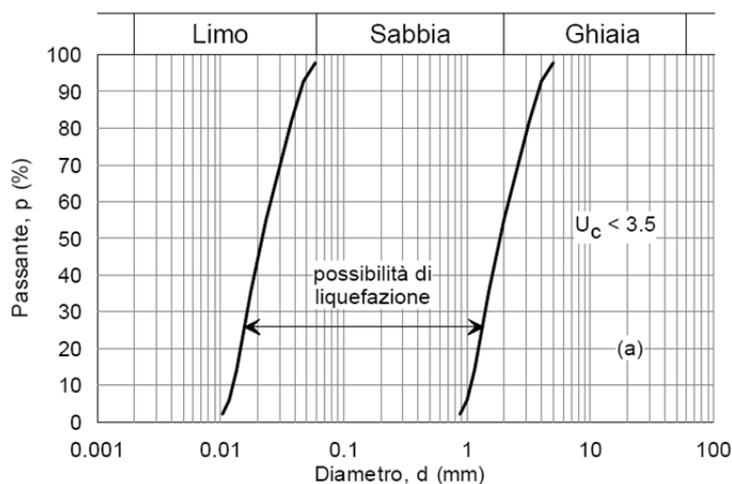


Figura 9.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili da liquefazione $U_c < 3.5$

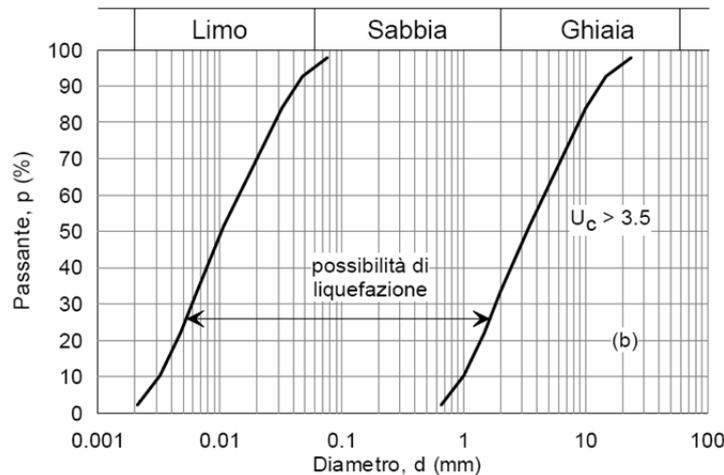


Figura 9.2 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili da liquefazione $U_c > 3.5$

Con riferimento al punto (1) la pericolosità sismica del territorio comunale è modesta e si traduce con valori di a_g attesi a piano campagna, in condizioni di campo libero e di suolo di fondazione tipo A, pari massimo a 0.088g, e come tali inferiori a 0.1g. Se però si considerano i valori di a_{max} ottenuti moltiplicando a_g per il parametro S funzione della categoria di suolo di fondazione tipo B, che vale 1,20, si ottiene $a_{max} = 0.1056$ che, formalmente e seppure di poco, supera il valore di normativa.

Con riferimento al punto (2) la falda è superficiale per cui non è motivo di esclusione.

Con riferimento ai punti (3) e (4) i terreni attraversati sono prevalentemente fini (limosi ed argillosi) e come tali hanno composizione granulometrica al di fuori dei fusi indicati. Anche quelli più granulari (alluvioni antiche, terrazzate e attuali) contengono spesso una frazione fine significativa (30% nelle alluvioni terrazzate) o molto grossolana (>60% di ciottoli e ghiaie nelle alluvioni attuali). Inoltre tolte le porzioni superficiali maggiormente alterate dei terreni prevalentemente limosi argillosi, le resistenze penetrometriche risultano generalmente piuttosto elevate.

Nelle tabelle seguenti sono correlati per i vari sondaggi disponibili i valori di SPT, $N1(60)$, l'analisi granulometrica (per le indagini del 2019) o la descrizione del terreno (per le indagini del 2003), ed ancora l'unità litologica di appartenenza.

Come si può osservare nella maggior parte dei casi, e salvo rare eccezioni, i materiali sono prevalentemente fini e/o con valori di $N1(60) > 30$. Nei terreni maggiormente granulari i casi in cui $N1(60) < 30$ nelle tabelle proposte sono evidenziati in giallo, e nelle indagini del 2019 sono attribuibili a porzioni superficiali dell'unità del Cassano Spinola aventi comunque un contenuto di fino variabile fra 25%-45% circa. Nelle indagini del 2003, prive di analisi granulometriche su campioni, si sono evidenziati i casi in cui $N1(60) < 30$ in funzione della descrizione stratigrafica confermando come anch'essi, salvo un unico dato, siano attribuibili al Cassano Spinola.

Interpretazione Prove SPT						
Sondaggio	Profondità (m)	SPT	N1(60)	Sabbia (%)	Limo e argilla (%)	Unità
S02_PZ	3.00	58	58	47	30	All. ant
	9.00	18	12	74	24	Cassano S
	12.50	27	16	29	71	S.Agata
	15.00	76	42	29	71	S.Agata
S03_DH	5.10	74	57	21	79	S.Agata
S05_PZ	5.00	39	30	18	11	Cassano S
	10.00	64	41	37	39	Cassano S
	12.00	26	16	37	39	Cassano S
	15.00	39	26	66	16	Cassano S
	18.00	58	32	49	44	Cassano S
S05bis_I	3.00	25	25	48	44	Cassano S
S10_PZ	10.60	100	63	21	73	S.Agata
S12_PZ	6.50	26	19	5	95	S.Agata
	9.50	39	25	21	79	S.Agata
	14.00	58	33	13	87	S.Agata
	24.40	70	32	21	78	S.Agata
S13_I	5.00	16	12	45	33	Cassano S
	10.00	12	8	26	74	Cassano S

Figura 9.3. Correlazione fra SPT, N1(60), granulometria e unità stratigrafica per le indagini di 2019

Sondaggio N°	Profondità m	Nspt	N1(60)	Terreno	Unità	Sondaggio N°	Profondità m	Nspt	N1(60)	Terreno	Unità
S1-2003	1.50	100	106	Ghiaie e sabbie	Alluvioni antiche	S3-2003	1.50	9	13	Limi e argille	Cassano Spinola
	3.00	100	100	Ghiaie e sabbie	Alluvioni antiche		3.00	10	13	Limi e argille	Cassano Spinola
	4.50	16	13	Ghiaie e sabbie	Alluvioni antiche		4.50	14	15	Limi e argille	Cassano Spinola
	6.00	28	26	Marne	S. Agata		6.00	5	5	Limi e argille	Cassano Spinola
	7.50	44	37	Marne	S. Agata		7.50	8	7	Limi e argille	Cassano Spinola
	9.00	64	49	Marne	S. Agata		9.00	16	12	Limi e argille	Cassano Spinola
	10.50	66	47	Marne	S. Agata		10.50	14	10	Limi e argille	Cassano Spinola
	12.00	65	43	Marne	S. Agata		12.00	25	12	Limi e argille	Cassano Spinola
	13.50	35	22	Marne	S. Agata		13.50	28	13	Ghiaie e sabbie	Cassano Spinola
	15.00	30	18	Marne	S. Agata		15.00	48	21	Ghiaie e sabbie	Cassano Spinola
	16.50	100	57	Marne	S. Agata		16.50	38	16	Ghiaie e sabbie	Cassano Spinola
	18.00	58	32	Marne	S. Agata		18.00	37	15	Ghiaie e sabbie	Cassano Spinola
	19.50	42	22	Marne	S. Agata		19.50	46	18	Ghiaie e sabbie	Cassano Spinola
	21.00	58	30	Marne	S. Agata		21.00	100	38	Marne	S. Agata
22.50	36	18	Marne	S. Agata	22.50	100	38	Marne	S. Agata		
24.00	44	22	Marne	S. Agata	24.00	100	37	Marne	S. Agata		
S2-2003	1.50	57	60	Ghiaie e sabbie	Cassano Spinola	S4-2003	1.50	48	68	Limi e argille	Alluvioni terraz
	3.00	100	100	Ghiaie e sabbie	Cassano Spinola		3.00	34	45	Limi e argille	Alluvioni terraz
	4.50	100	82	Ghiaie e sabbie	Cassano Spinola		4.50	23	25	Limi e argille	Alluvioni terraz
	6.00	80	56	Ghiaie e sabbie	Cassano Spinola		6.00	100	71	Limi e argille	Alluvioni terraz
	7.50	100	63	Limi e argille	Cassano Spinola		7.50	100	63	Limi e argille	Alluvioni terraz
	9.00	100	58	Limi e argille	Cassano Spinola		12.00	100	50	Marne	S. Agata
	15.00	100	45	Limi e argille	Cassano Spinola		15.00	100	45	Marne	S. Agata
	18.00	100	41	Limi e argille	Cassano Spinola		18.00	100	41	Marne	S. Agata
24.00	100	37	Limi e argille	Cassano Spinola	24.00	100	37	Marne	S. Agata		

Figura 9.4 Correlazione fra SPT, N1(60), descrizione litologica e unità stratigrafica per le indagini del 2003

Tornando al punto (4) il limite di 30 colpi richiamato dalla norma deriva dalla correlazione di "Seed" che mette in relazione la resistenza alla liquefazione con il valore di (N1)60. Tale correlazione è espressa dal grafico riportato in Figura 9.5, che però per il limite $N1(60) = 30$ fa riferimento ad eventi con Magnitudo di 7.5. Fissata che sia la sollecitazione imposta dal sisma (CSR, valore in ordinata del grafico) si ha che per non avere liquefazione il valore di (N1)60 misurato deve essere a destra della curva di riferimento. Le curve di riferimento sono 3 e variano in

funzione del contenuto di fine; se ci si riferisce alla sabbia pulita (ovvero alla curva più a destra nel grafico) si osserva che se $(N_1)_{60}$ è superiore a 30 si è sempre a destra della curva indipendentemente dalla sollecitazione sismica applicata, ovvero indipendentemente dall'ordinata del grafico. Tale valore di $(N_1)_{60}$ è quello limite che si ritrova nella normativa come riferimento.

Ciò premesso nel presente contesto vanno fatte alcune precisazioni:

- i terreni hanno un contenuto di fine non inferiore al 25%-45%;
- la magnitudo massima attesa in sito è 6.1 e non 7.5.

Il primo punto sopra elencato permette di ridurre il valore minimo di $(N_1)_{60}$ necessario per avere esclusione della liquefazione. Per esempio il fatto di avere un contenuto fine mediamente del 35% implica un posizionamento sulla terza curva della Figura 9.5, cui corrisponderebbe un valore di $(N_1)_{60}$ minimo di 21 circa invece che 30.

Il secondo punto interviene nella determinazione del parametro CSR il quale per valori prossimi a 0.1 (come nel caso in studio) sostanzialmente esclude la liquefazione (specie per contenuti di fino superiori al 15% o 35%) a meno di valori degli $(N_1)_{60}$ particolarmente bassi e inferiori a quelli del caso in studio.

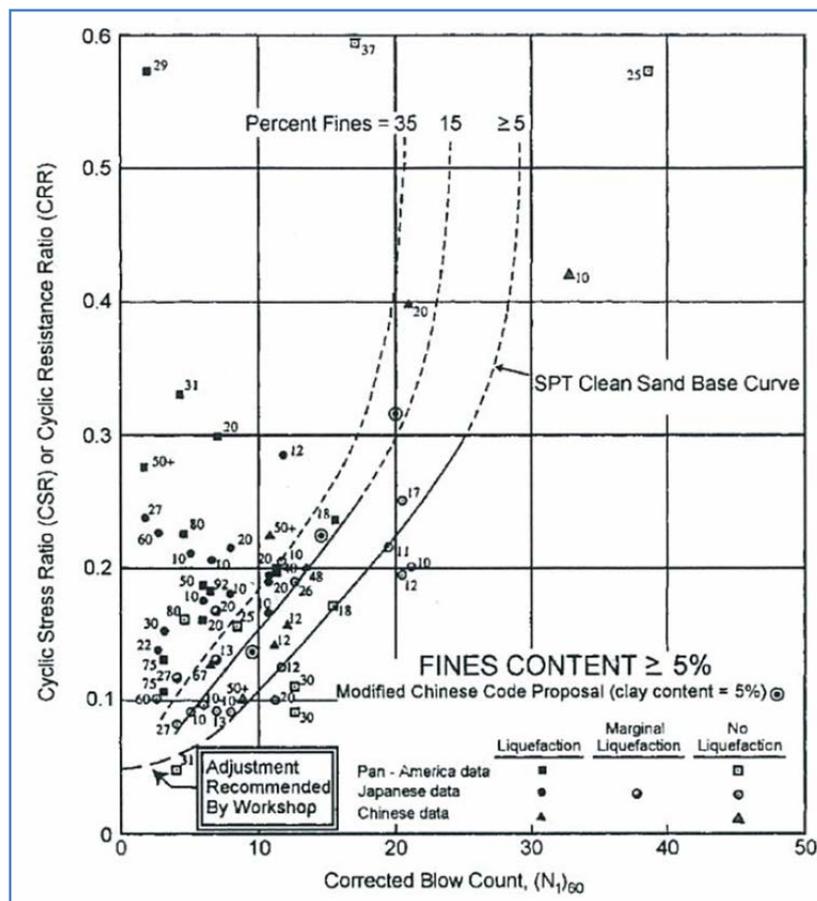


Figura 9.5. Relazione tra resistenza alla liquefazione ed $(N_1)_{60}$ per magnitudo $M_w = 7.5$

Per un ulteriore e maggiore dettaglio si procede con la verifica di suscettibilità alla liquefazione mediante una delle numerose correlazioni disponibili fra i risultati di prove in sito SPT ed i valori critici dello sforzo ciclico di taglio. Tali metodi permettono di esprimere la suscettibilità di un terreno alla liquefazione attraverso un coefficiente di sicurezza **F_s** dato dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilabile nello strato **R** e lo sforzo di taglio indotto dal sisma **T**, o **CSR**. In tutte le metodologie **T** è determinato dalla

$$T = 0,65 \cdot \frac{a_{\max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot rd \cdot \frac{1}{MSF}$$

Dove

- a_{\max} = accelerazione massima;
- g = accelerazione di gravità;
- σ_{vo} = pressione verticale totale alla profondità z
- σ'_{vo} = pressione verticale efficace alla profondità z
- rd = coefficiente in funzione della profondità
- MSF = fattore correttivo della magnitudo. Per magnitudo inferiore a 7,5 vale $(M/7.5)^{-3.3}$

Per il calcolo di **T (CSR)** nel caso specifico preso il valore di $a_{\max} = a_g \times S \times T$, e considerando in un approccio ampiamente cautelativo il massimo valore riscontrato nel sedime progettuale di $a_g = 0.088$ (Tabella 7.2), un coefficiente di suolo di fondazione B con $S = 1.2$, e coefficiente topografico $T = T_2 = 1.2$, si ottiene $a_{\max} = 0.127$.

Per la determinazione di **R** si utilizza l'approccio di Seed e Idriss modificato da Tokimatsu e Yoshimi che tiene conto della granulometria del deposito secondo la:

$$R = 0,26 \cdot \left[0,16 \cdot \sqrt{Na} + (0,21 \cdot \sqrt{Na})^{14} \right]$$

$$Na = N_{spt} \cdot \left(\frac{1,7}{\sigma_v + 0,7} \right) + N_1$$

Dove $N_1 = 0$ per % fine (FC) <5%, e per (FC) >5% si ha $N_1 = 10 \times FC + 4$.

Per la verifica si prende a riferimento il valore minimo $N_1(60) = 12$ alla profondità di 4,5 m nel sondaggio S13-I del 2019. Si considera un valore di $FC = 20$ cui compete $N_1 = 6$, e si pone la falda a 1m da p.c.

Dalle verifiche, schematizzata nelle figura seguenti, risulta $F_s = >3,96$. Anche imponendo $N_1 = 0$, ovvero ipotizzando materiale fine < 5%, si ha $F_s = 1,59$.

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE				
(da prove dinamiche SPT)				
Metodo semplificato				
Metodo di Seed e Idris (1971), modificato da Tokimatsu & Yoshimi (1983) e semplificato da GNDT-CNR				
PARAMETRI:				
γ	=	1.8	g/cm ³	
σ_{vo}	=	0.81	kg/cm ²	
σ'_{vo}	=	0.46	kg/cm ²	
profondità della prova	=	450	cm	
N_{SPT}	=	12		
profondità falda	=	100	cm	
γ_{H_2O}	=	1	g/cm ³	
Pressione neutra	=	0.350	kg/cm ²	
z	=	4.5	m	
				R= Resistenza al taglio mobilizzata T= Sforzo di taglio indotto dal sisma
FORMULE:			RISULTATI:	
N_a	=	$N_{SPT} * (1,7 / (\sigma_{vo} + 0,7)) + N_r$	=	23.5862069
				N_a
		$N_r = 6$		
R	=	$0,2565 * [0,16 * RadQN_a + (0,2133 * RadQ)]$	=	0.537194708
				R
T	=	$0,65 * ((a_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma'_{vo})) * r_d$	=	0.135547997
				T
		$a_{max}/g = 0.127$		
		$r_d = 0.9325$		
$F_s = R/T$	>	1.3	Sabbie sciolte	= 3.963132759
	>	1.5	Sabbie mediamente addensate	
				Verificato F_s

Figura 9.6 Verifica a liquefazione con $N1 = 6$

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE				
(da prove dinamiche SPT)				
Metodo semplificato				
Metodo di Seed e Idris (1971), modificato da Tokimatsu & Yoshimi (1983) e semplificato da GNDT-CNR				
PARAMETRI:				
γ	=	1.8	g/cm ³	
σ_{vo}	=	0.81	kg/cm ²	
σ'_{vo}	=	0.46	kg/cm ²	
profondità della prova	=	450	cm	
N_{SPT}	=	12		
profondità falda	=	100	cm	
γ_{H_2O}	=	1	g/cm ³	
Pressione neutra	=	0.350	kg/cm ²	
z	=	4.5	m	
				R= Resistenza al taglio mobilizzata T= Sforzo di taglio indotto dal sisma
FORMULE:			RISULTATI:	
N_a	=	$N_{SPT} * (1,7 / (\sigma_{vo} + 0,7)) + N_r$	=	17.5862069
				N_a
		$N_r = 0$		
R	=	$0,2565 * [0,16 * RadQN_a + (0,2133 * RadQ)]$	=	0.215392505
				R
T	=	$0,65 * ((a_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma'_{vo})) * r_d$	=	0.135547997
				T
		$a_{max}/g = 0.127$		
		$r_d = 0.9325$		
$F_s = R/T$	>	1.3	Sabbie sciolte	= 1.589049707
	>	1.5	Sabbie mediamente addensate	
				Verificato F_s

Figura 9.7 Verifica a liquefazione con $N1 = 0$

Nel caso specifico il valore di T (CSR) è 0.135 che nel grafico di Figura 9.5 in terreni con il 15%-35% di fine esclude la liquefazione per valori di $N1(60) > 5-8$.

Alla luce di quanto esposto si ritiene di escludere il rischio di liquefazione.

10 CATALOGO ITHACA E DISS

In congruenza con la ridotta pericolosità sismica evidenziata ai capitoli precedenti il catalogo ITHACA delle faglie capaci, di cui uno stralcio centrato sul Nord Ovest d'Italia viene riportato in Figura 10.1, non evidenzia nell'intero Piemonte meridionale alcun record.

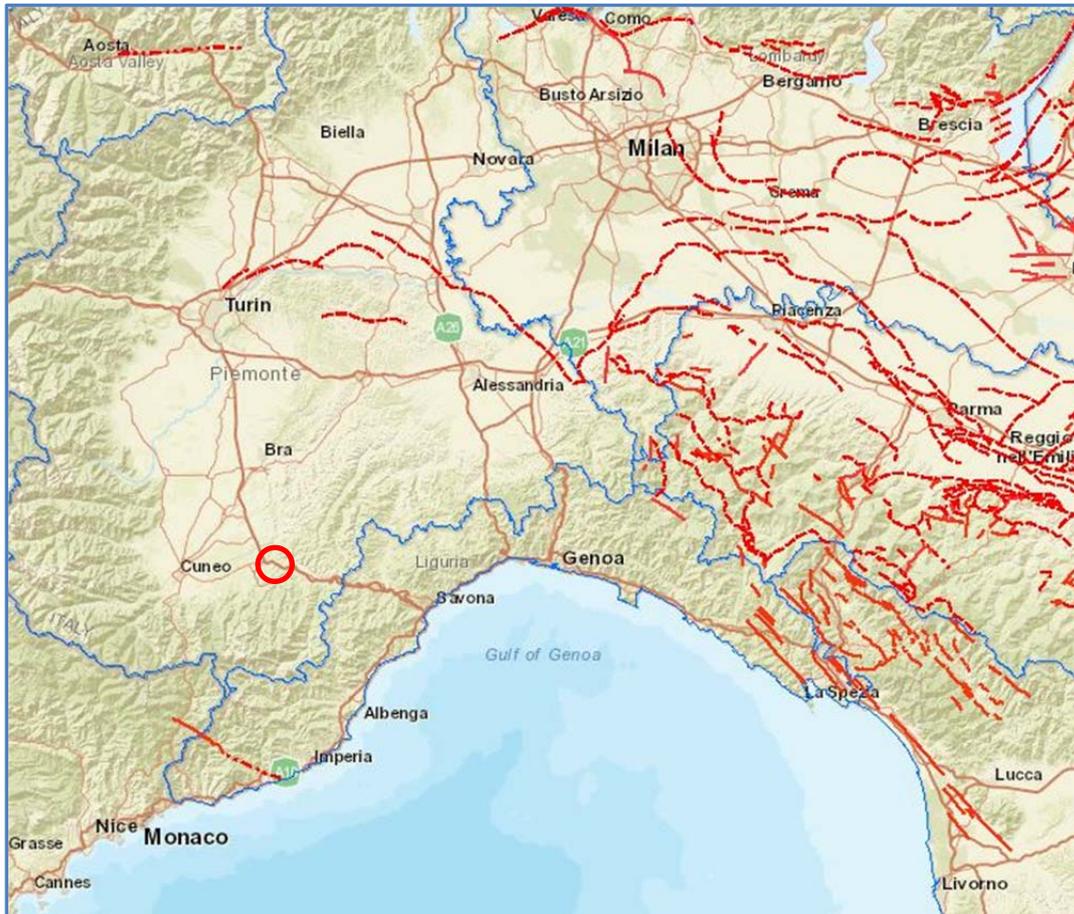


Figura 10.1 Stralcio data base ITHACA. Nel cerchio rosso ricade il Comune di Mondovì

Il catalogo DISS delle faglie sismogenetiche, versione 3.1 gestito dall'INGV, non segnala alcuna possibile struttura sismogenetica nota in corrispondenza o in prossimità dell'area in studio confermando condizioni di bassa pericolosità sismica. Come risulta evidente dallo stralcio di Figura 10.2 nell'intorno del cuneese sono censite 3 faglie; quella ad ovest e quella a sud rimangono ad una distanza di oltre 65 Km da Mondovì mentre quella a nord rimane ad almeno 35 Km.

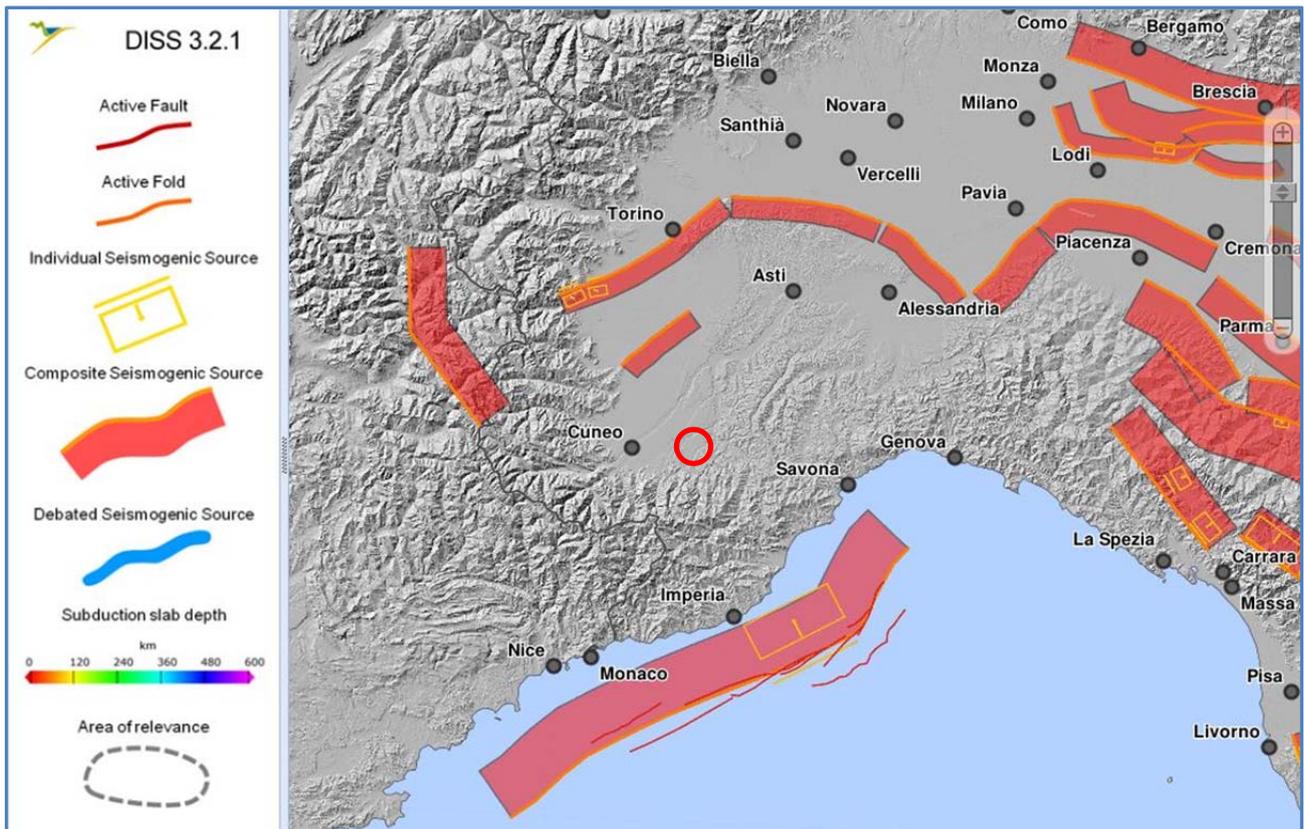


Figura 10.2 Stralcio schermata catalogo DISS centrato sull'Italia nord-occidentale. Nel cerchio rosso Mondovì

La struttura potenzialmente sismogenetica a nord di Mondovì nel catalogo DISS è la "Southern Piemonte", che si trova fra Saluzzo e Carmagnola passando per Racconigi; ha codice ITCS178 con una magnitudo massima locale attribuita di 5,5.

A sud fra Cannes e Savona ad una distanza di circa 10-15 Km dalla costa si trova la "Imperia promontory" avente codice ITCS022 con magnitudo massima locale di 6,6.

Infine ad ovest oltre il confine di stato fra Aix en Provence e Monfort la "Briançonnaise", avente codice FRCS001 con magnitudo massima locale di 5,5.