

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**U.O. GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**LINEA MODANE-TORINO**

**ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA**

**REALIZZAZIONE OPERE STRADALI PER SOPPRESSIONE PL KM  
35+570 e KM 36+540**

**RELAZIONE GEOLOGICA**

SCALA:

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

NT01 02 D 69 RG GE0001 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	S. Ferro	Ottobre 2018	G. Riggi	Ottobre 2018	F. Perrone	Ottobre 2018	F. Marchese

ITALFERR S.p.A. - F. Marchese  
Dott. Geologo Francesco Marchese  
Rapp. UO GEOLOGIA GESTIONE TERRE E BONIFICHE  
Chiusa Gemoni, 179 ES

File: NT0102D69RGGE0001001A.doc

n. Elab.:

	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA</b>  <b>REALIZZAZIONE OPERE STRADALI PER SOPPRESSIONE</b> <b>PL KM 35+570 e KM 36+540</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA NT01	LOTTO 02	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE001 001	REV. A	FOGLIO 2 di 59

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE DEL TRACCIATO.....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI .....</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>GEOLOGIA .....</b>	<b>12</b>
6.1	EVOLUZIONE GEOLOGICA DELL'AREA .....	12
6.1.1	<i>Terziario - Eocene e Miocene .....</i>	<i>12</i>
6.1.2	<i>Terziario - Miocene (Messiniano).....</i>	<i>12</i>
6.1.3	<i>Terziario - Pliocene.....</i>	<i>12</i>
6.1.4	<i>Quaternario – Pleistocene .....</i>	<i>13</i>
6.2	EVOLUZIONE TETTONICA GENERALE .....	13
6.3	EVOLUZIONE STRUTTURALE ALPINA .....	16
6.3.1	<i>Evento Eoalpino (Cretaceo – Paleocene) .....</i>	<i>16</i>
6.3.2	<i>Evento Mesalpino (Eocene – Oligocene inferiore) .....</i>	<i>17</i>
6.3.3	<i>Magmatismo Periadriatico (Oligocene).....</i>	<i>18</i>
6.3.4	<i>Evento Neoalpino (Miocene – attuale) .....</i>	<i>18</i>
6.4	CENNI SULLA NEOTETTONICA .....	19
6.5	ASSETTO LITOLOGICO-STRATIGRAFICO GENERALE .....	20
6.5.1	<i>Successione quaternaria .....</i>	<i>21</i>
6.6	LITOLOGIA E STRATIGRAFIA LOCALE .....	22
<b>7</b>	<b>IDROGEOLOGIA .....</b>	<b>23</b>
7.1	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE.....	23
7.2	DATASET DATI IDROGEOLOGICI UTILIZZATO PER LE RICOSTRUZIONI.....	25
7.2.1	<i>Ricostruzione dell'andamento delle isofreatiche .....</i>	<i>25</i>
7.2.2	<i>Caratterizzazione idrogeologica dei terreni .....</i>	<i>27</i>
7.3	MONITORAGGIO PIEZOMETRICO.....	29
<b>8</b>	<b>VALUTAZIONE RISCHI .....</b>	<b>30</b>
8.1	RISCHIO GEOLOGICO .....	30
8.2	RISCHIO GEOMORFOLOGICO .....	30
8.3	RISCHIO IDROGEOLOGICO.....	30
<b>9</b>	<b>MODELLO GEOLOGICO LOCALE.....</b>	<b>32</b>
<b>10</b>	<b>SISMICITÀ.....</b>	<b>34</b>
10.1	INQUADRAMENTO REGIONALE.....	34
10.2	INQUADRAMENTO NORMATIVO .....	34
10.3	INQUADRAMENTO DEL TRACCIATO DI PROGETTO.....	36
10.4	SISMICITÀ E MAGNITUDO STORICA .....	37

10.5	MAGNITUDO MASSIMA ATTESA DA ZS9 .....	49
<b>11</b>	<b>AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>50</b>
11.1	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO .....	50
11.2	CATEGORIA TOPOGRAFICA .....	55
11.3	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO .....	55
<b>12</b>	<b>ANALISI DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE .....</b>	<b>58</b>

## ELENCO DELLE FIGURE

FIGURA 1.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO (SU FOTO GOOGLE EARTH) .....	8
FIGURA 2.	PALEOGEOGRAFIA CLASSICA DELLA TETIDE ALPINO-Occidentale, COMPLETATA CON L'ETÀ E LA DISTRIBUZIONE DEL METAMORFISMO DI SUBDUZIONE DELLE UNITÀ DELLA CATENA (SB: SCISTI BLU, E: ECLOGITICO). SLA: SERIE DEI LAGHI, IV: IVREA-VERBANO; CA: CANAVESE; LEMBI AUSTRALPINI SETTENTRIONALI (MMP: MONT MARY-PILLONET, DB: DENT BLANCHE); SB/BR: GRAN S. BERNARDO; MR: M. ROSA-GRAN PARADISO; SL: SESIA-LANZO. ....	14
FIGURA 3.	EVOLUZIONE DELLA CATENA ALPINA (IN GIARDINO & MOTTA, 2007) .....	15
FIGURA 4.	CARTA SCHEMATICA DEI PRINCIPALI DOMINI GEOSTRUTTURALI DELLE ALPI (IN GIARDINO & MOTTA, 2007) .....	15
FIGURA 5.	FASE INIZIALE DI SUBDUZIONE DELLA PLACCA EUROPEA AL DI SOTTO DEL MARGINE CONTINENTALE AFRICANO. ....	17
FIGURA 6.	POSSIBILE RELAZIONE GEOMETRICA TRA IL FRONTE COMPRESSORIO DEL MONFERRATO E LE ALPI Occidentali DURANTE L'EVENTO NEOALPINO (HUNZIKER & MARTINOTTI, 1984) .....	19
FIGURA 7.	SCHEMA TETTONICO – METAMORFICO DELLE ALPI Occidentali. ....	20
FIGURA 8.	SCHEMA IDROGEOLOGICO DI RIFERIMENTO. 1: ZONA DI ALTERAZIONE SUPERFICIALE CON AMMASSO ROCCIOSO DETENSIONATO; 2: ROCCIA NON DETENSIONATA CON APERTURA E SPAZIATURA DELLE FRATTURE VARIABILE; 3: FASCIA FRATTURATA CON ELEVATA PERSISTENZA ED ELEVATA CONTINUITÀ; 4: ACCUMULI FLUVIOGLACIALI, ALLUVIONALI O DETRITICI PERMEABILI PER POROSITÀ. ....	23
FIGURA 9.	SCHEMA GENERALE DELLE ALLUVIONI DEL FONDOVALE SUSA. ....	24
FIGURA 10.	UBICAZIONE DEI PUNTI USATI PER GENERARE L'INTERPOLAZIONE DELLA FALDA NEI DEPOSITI ALLUVIONALI DELLA DORA RIPARIA (SISTEMA DI RIFERIMENTO GAUSS-BOAGA, FUSO OVEST). ....	26
FIGURA 11.	GRAFICO RELATIVO AI VALORI DI PERMEABILITÀ DETERMINATI DALLE PROVE LEFRANC REALIZZATE NEL CORSO DELLE CAMPAGNE INDAGINI ITALFERR 2010 E 2018. ....	29
FIGURA 12.	DISTRIBUZIONE DELLA SISMICITÀ STRUMENTALE E STORICA NEL SETTORE INTERNO DELLE ALPI COZIE. GLI EPICENTRI STRUMENTALI SONO RAPPRESENTATI DAI CERCHI VUOTI MENTRE I TERREMOTI STORICI SONO RAPPRESENTATI COME QUADRATI CROCIATI NERI. IL RIQUADRO NERO INDICA L'ESTENSIONE DEL FOGLIO TORINO OVEST. DM: UNITÀ DORA-MAIRA; ZP: ZONA PIEMONTESE; LA: COMPLESSO ULTRABASICO DI LANZO. ....	37
FIGURA 13.	GRAFICO DELLA STORIA SISMICA DEL COMUNE DI AVIGLIANA [45.079, 7.397] .....	39
FIGURA 14.	GRAFICO DELLA STORIA SISMICA DEL COMUNE DI SANT'AMBROGIO DI TORINO [45.098, 7.362] .....	40
FIGURA 15.	GRAFICO DELLA STORIA SISMICA DEL COMUNE DI SAN MICHELE [45.102, 7.327] .....	41
FIGURA 16.	GRAFICO DELLA STORIA SISMICA DEL COMUNE DI VAIE [45.101, 7.291] .....	42
FIGURA 17.	GRAFICO DELLA STORIA SISMICA DEL COMUNE DI BORGONE SUSA [45.122, 7.238] .....	43
FIGURA 18.	GRAFICO DELLA STORIA SISMICA DEL COMUNE DI SANT'ANTONINO DI SUSA [45.107, 7.275] .....	44
FIGURA 19.	GRAFICO DELLA STORIA SISMICA DEL COMUNE DI SAN DIEDERO [45.134, 7.215] .....	45
FIGURA 20.	GRAFICO DELLA STORIA SISMICA DEL COMUNE DI BRUZOLO [45.142, 7.195] .....	46
FIGURA 21.	GRAFICO DELLA STORIA SISMICA DEL COMUNE DI CHIANOCCHIO [45.148, 7.169] .....	47
FIGURA 22.	GRAFICO DELLA STORIA SISMICA DEL COMUNE DI BUSSOLENO [45.139, 7.148] .....	48
FIGURA 23.	STRALCIO DELLA ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9 (DA: MELETTI E AL., 2004). ....	49
FIGURA 24.	UBICAZIONE INDAGINI GEOFISICHE – FIGURA 1 DI 5 .....	52
FIGURA 25.	UBICAZIONE INDAGINI GEOFISICHE – FIGURA 2 DI 5 .....	53
FIGURA 26.	UBICAZIONE INDAGINI GEOFISICHE – FIGURA 3 DI 5 .....	53
FIGURA 27.	UBICAZIONE INDAGINI GEOFISICHE – FIGURA 4 DI 5 .....	54
FIGURA 28.	UBICAZIONE INDAGINI GEOFISICHE – FIGURA 5 DI 5 .....	54

	<div>LINEA MODANE-TORINO ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO- AVIGLIANA</div> <div>REALIZZAZIONE OPERE STRADALI PER SOPPRESSIONE PL KM 35+570 e KM 36+540</div>					
RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA NT01	LOTTO 02	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE001 001	REV. A	FOGLIO 4 di 59

FIGURA 29. GRIGLIA DI RIFERIMENTO (PASSO 0.02°) PER IL SETTORE OGGETTO DI STUDIO, CON INDIVIDUAZIONE DEL TRACCIATO DI PROGETTO (IN ROSSO) E DEI PUNTI DEL GRIGLIATO ENTRO CUI È RICOMPRESO IL TRACCIATO (IN GIALLO)..... 56

## ELENCO DELLE TABELLE

TABELLA 1. TRATTA BUSSOLENO – AVIGLIANA: ELENCO ELABORATI .....	5
TABELLA 2. ELENCO DEI SONDAGGI ESEGUITI NELLA CAMPAGNA ITAFERR 2018.....	10
TABELLA 3. RISULTATI DELLE PROVE LEFRANC REALIZZATE NEL CORSO DELLA CAMPAGNA INDAGINI ITAFERR 2018. ....	28
TABELLA 4. RIEPILOGO DELLE MISURE EFFETTUATE. ....	29
TABELLA 5. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI COMUNI INTERESSATI DAL TRACCIATO DI PROGETTO .....	35
TABELLA 6. STORIA SISMICA DEL COMUNE DI AVIGLIANA [45.079, 7.397].....	39
TABELLA 7. STORIA SISMICA DEL COMUNE DI SANT'AMBROGIO DI TORINO [45.098, 7.362] .....	40
TABELLA 8. STORIA SISMICA DEL COMUNE DI CHIUSA DI SAN MICHELE [45.102, 7.327] .....	41
TABELLA 9. STORIA SISMICA DEL COMUNE DI VAIE [45.101, 7.291] .....	42
TABELLA 10. STORIA SISMICA DEL COMUNE DI BORGONE SUSA [45.122, 7.238] .....	43
TABELLA 11. STORIA SISMICA DEL COMUNE DI SANT'ANTONINO DI SUSA [45.107, 7.275] .....	44
TABELLA 12. STORIA SISMICA DEL COMUNE DI SAN DIEDERO [45.134, 7.215] .....	45
TABELLA 13. STORIA SISMICA DEL COMUNE DI BRUZOLO [45.142, 7.195].....	46
TABELLA 14. STORIA SISMICA DEL COMUNE DI CHIANOCCO [45.148, 7.169] .....	47
TABELLA 15. STORIA SISMICA DEL COMUNE DI BUSSOLENO [45.139, 7.148] .....	48
TABELLA 16. VELOCITÀ EQUIVALENTE DELLE ONDE DI TAGLIO E RELATIVA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO .....	51
TABELLA 17. PARAMETRI DI RIFERIMENTO DEL MOTO SISMICO SU SUOLO RIGIDO CON PROBABILITÀ DI ECCEDENZA DEL 10% IN 50 ANNI (PERIODO DI RITORNO $T_R = 475$ ANNI) .....	56

## 1 PREMESSA

La presente relazione è stata redatta a supporto del Progetto Definitivo finalizzato alla realizzazione di opere stradali per la soppressione dei passaggi a livello alle pk 35+570 e 36+540 sulla linea storica Modane-Torino, tratta Bussoleno-Avigliana.

Lo studio raccoglie e sintetizza le informazioni attualmente disponibili derivanti sia da fonti bibliografiche, sia dalla precedente fase progettuale (Progetto di Fattibilità Tecnico Economica - Linea Torino – Bussoleno - adeguamento linea storica tratta Bussoleno Avigliana), che costituisce la documentazione di partenza per il presente elaborato, sia da una campagna geognostica appositamente realizzata in sito nei mesi di agosto e settembre 2018.

Nella presente relazione verranno esaminate le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche sismiche dell'area ove sono previsti gli interventi in progetto e della zona circostante.

In sintesi, saranno trattati i seguenti argomenti:

- inquadramento geografico;
- inquadramento geologico;
- inquadramento idrogeologico;
- descrizione delle indagini geognostiche disponibili;
- modello geologico-tecnico di riferimento;
- inquadramento sismico dell'area, definizione dell'azione sismica e della magnitudo di riferimento;
- valutazione del rischio di liquefazione.

Le informazioni di carattere geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area indagata sono state sintetizzate negli elaborati di cui alla seguente Tabella 1, che costituiscono parte integrante del presente studio geologico.

**Tabella 1. Tratta Bussoleno – Avigliana: elenco elaborati**

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
NT0I 02 D 69 G5 GE 0001 001 A	Carta geologica-geomorfologica - tav.1/6	1:5000
NT0I 02 D 69 G5 GE 0001 002 A	Carta geologica-geomorfologica - tav.2/6	1:5000
NT0I 02 D 69 G5 GE 0001 003 A	Carta geologica-geomorfologica - tav.3/6	1:5000
NT0I 02 D 69 G5 GE 0001 004 A	Carta geologica-geomorfologica - tav.4/6	1:5000
NT0I 02 D 69 G5 GE 0001 005 A	Carta geologica-geomorfologica - tav.5/6	1:5000
NT0I 02 D 69 G5 GE 0001 006 A	Carta geologica-geomorfologica - tav.6/6	1:5000

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
NTOI 02 D 69 G5 GE 0002 001 A	Carta idrogeologica - tav.1/6	1:5000
NTOI 02 D 69 G5 GE 0002 002 A	Carta idrogeologica - tav.2/6	1:5000
NTOI 02 D 69 G5 GE 0002 003 A	Carta idrogeologica - tav.3/6	1:5000
NTOI 02 D 69 G5 GE 0002 004 A	Carta idrogeologica - tav.4/6	1:5000
NTOI 02 D 69 G5 GE 0002 005 A	Carta idrogeologica - tav.5/6	1:5000
NTOI 02 D 69 G5 GE 0002 006 A	Carta idrogeologica - tav.6/6	1:5000
NTOI 02 D 69 FZ GE 0001 001 A	Profilo geologico in asse al tracciato - tav.1/6	1:5000/200
NTOI 02 D 69 FZ GE 0001 002 A	Profilo geologico in asse al tracciato - tav.2/6	1:5000/200
NTOI 02 D 69 FZ GE 0001 003 A	Profilo geologico in asse al tracciato - tav.3/6	1:5000/200
NTOI 02 D 69 FZ GE 0001 004 A	Profilo geologico in asse al tracciato - tav.4/6	1:5000/200
NTOI 02 D 69 FZ GE 0001 005 A	Profilo geologico in asse al tracciato - tav.5/6	1:5000/200
NTOI 02 D 69 FZ GE 0001 006 A	Profilo geologico in asse al tracciato - tav.6/6	1:5000/200
NTOI 02 D 69 FZ GE 0002 001 A	Profilo idrogeologico in asse al tracciato - tav.1/6	1:5000/200
NTOI 02 D 69 FZ GE 0002 002 A	Profilo idrogeologico in asse al tracciato - tav.2/6	1:5000/200
NTOI 02 D 69 FZ GE 0002 003 A	Profilo idrogeologico in asse al tracciato - tav.3/6	1:5000/200
NTOI 02 D 69 FZ GE 0002 004 A	Profilo idrogeologico in asse al tracciato - tav.4/6	1:5000/200
NTOI 02 D 69 FZ GE 0002 005 A	Profilo idrogeologico in asse al tracciato - tav.5/6	1:5000/200
NTOI 02 D 69 FZ GE 0002 006 A	Profilo idrogeologico in asse al tracciato - tav.6/6	1:5000/200
NTOI 02 D 69 PR GE 0005 001 A	Indagini pregresse e/o di Enti Terzi	--

Ai fini del presente studio si è fatto inoltre riferimento alle risultanze delle indagini geofisiche realizzate ad agosto 2018 a supporto della presente fase progettuale, le cui risultanze sono sintetizzate nell'elaborato di seguito riportato:

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
D145 00 D 69 IG GE 0005 001 A	Indagini geofisiche	--

	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA</b>  <b>REALIZZAZIONE OPERE STRADALI PER SOPPRESSIONE</b> <b>PL KM 35+570 e KM 36+540</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA NT01	LOTTO 02	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE001 001	REV. A	FOGLIO 7 di 59

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- UNI EN 1997-1 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- UNI EN 1997-2 - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo.
- O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e s.m.i., “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.M. 14/01/2008, “Norme tecniche per le costruzioni”.
- D.M. 06/05/2008, integrazione al D.M. 14/01/2008.
- Circ. Min. II.TT. 02/02/2009, n. 617, “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14/01/2008”.
- Circ. Min. II.TT. 05/08/2009, “Nuove norme tecniche per le costruzioni approvate con decreto del Ministro delle infrastrutture 14 gennaio 2008 - Cessazione del regime transitorio di cui all'articolo 20, comma 1, del decreto-legge 31 dicembre 2007, n. 248”.



	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA</b>  <b>REALIZZAZIONE OPERE STRADALI PER SOPPRESSIONE</b> <b>PL KM 35+570 e KM 36+540</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA NT01	LOTTO 02	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE001 001	REV. A	FOGLIO 8 di 59

### 3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La tratta ferroviaria interessata dagli interventi di adeguamento in progetto si colloca fra la parte terminale della collina morenica ad est, nei pressi di Avigliana, e la parte bassa della val di Susa fino a Bussoleno, ad ovest (Figura 1).

L'areale indagato interessa gli abitati di Avigliana, S. Ambrogio, Condove, Chiusa di San Michele, S. Antonino di Susa, Borgone, Bruzolo e Bussoleno.

Nel settore orientale la val di Susa ha una larghezza di circa 1.5 km, con superficie sub-pianeggiante e quote che passano dai 440 m circa s.l.m. a Bussoleno ai 340 m circa s.l.m. nei pressi di Avigliana ed è attraversata dal fiume Dora Riparia che scorre con andamento meandriforme.

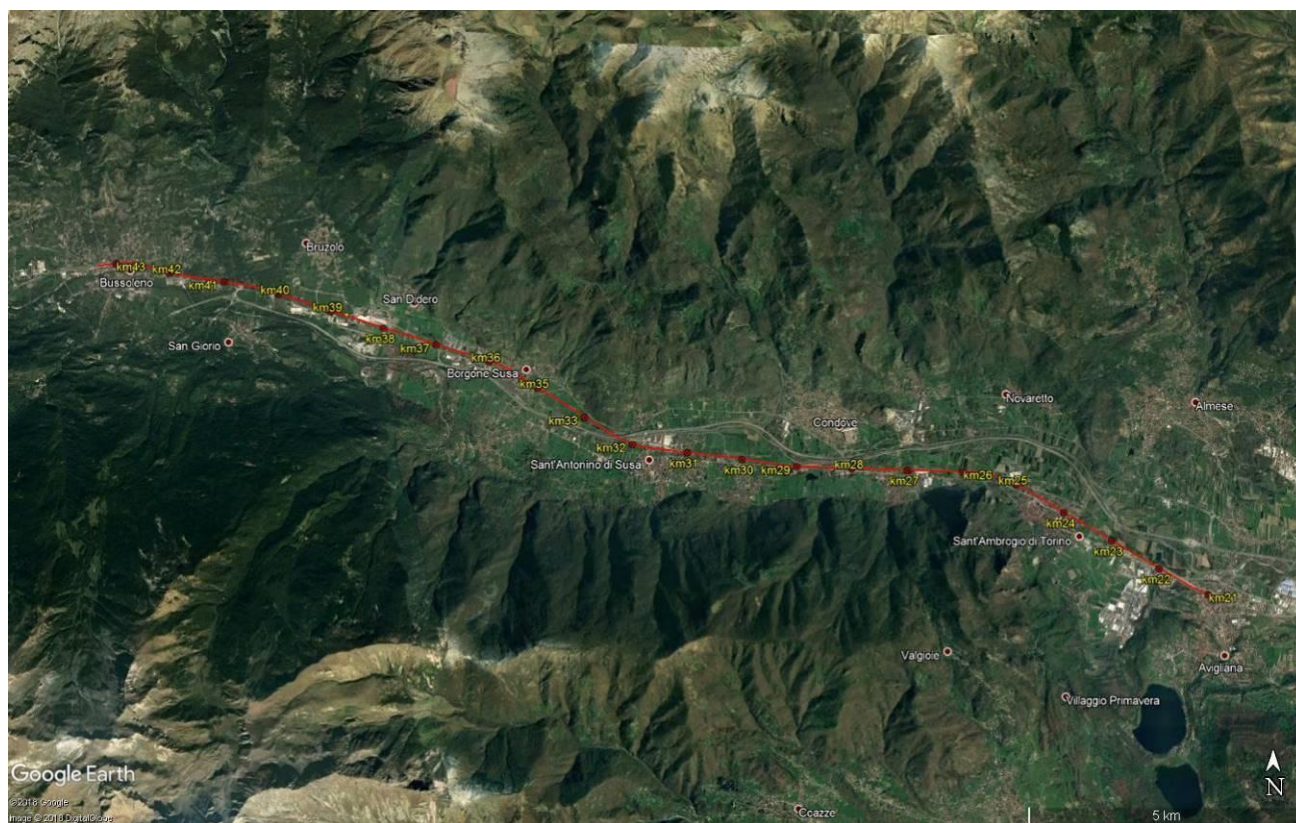


Figura 1. Inquadramento geografico (su foto Google Earth).



	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA</b>  <b>REALIZZAZIONE OPERE STRADALI PER SOPPRESSIONE</b> <b>PL KM 35+570 e KM 36+540</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA NT01	LOTTO 02	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE001 001	REV. A	FOGLIO 9 di 59

## 4 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

La tratta ferroviaria in oggetto degli interventi di ammodernamento si sviluppa per 22 chilometri circa lungo la Val di Susa, in prossimità del fondovalle ed in adiacenza alla Dora Riparia.

In particolare, l'inizio della tratta si colloca alla pk 21+736

in prossimità dell'abitato di Avigliana, ad una quota di 340 m s.l.m. circa in destra idrografica della Dora Riparia, per poi spostarsi in sinistra idrografica nei pressi dell'abitato di Condove e risalire, con blande pendenze, la Val di Susa fino all'abitato di Bussoleno, alla quota di 435 m s.l.m. circa, dove termina la tratta di intervento, alla pk 43+350.

Gli interventi di adeguamento interessano l'attuale tracciato della linea storica, ad eccezione di un breve tratto in variante plano-altimetrica tra le pk 41+559 e 39+266, in affiancamento alla linea esistente.

Non è prevista la realizzazione di particolari nuove opere d'arte maggiori sulla tratta in oggetto, se non il consolidamento del viadotto esistente sul fiume Dora alla pk 33+400 circa.

Si prevedono invece numerose opere di adeguamento e/o demolizione e rifacimento delle opere d'arte minori, quali sottovia, sovrappassi, scatolari, tombini, ecc., per la risoluzione delle numerose interferenze conseguenti al reticolo idrografico minore e alle infrastrutture esistenti.

	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA</b> <b>REALIZZAZIONE OPERE STRADALI PER SOPPRESSIONE</b> <b>PL KM 35+570 e KM 36+540</b>
<b>RELAZIONE GEOLOGICA</b>	<div> <div>COMMESSA NT01</div> <div>LOTTO 02</div> <div>CODIFICA D 69 RG</div> <div>DOCUMENTO GE001 001</div> <div>REV. A</div> <div>FOGLIO 10 di 59</div> </div>

## 5 INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI

A supporto degli interventi in progetto, nei mesi di agosto e settembre 2018 è stata eseguita una campagna geognostica in sito con realizzazione di n.11 sondaggi a carotaggio continuo dislocati su tutta la tratta e spinti sino profondità variabili tra i 20÷30 m da p.c..

Di questi, n.9 sondaggi sono stati attrezzati con verticali piezometriche tipo Norton Ø=2".

Nel corso di perforazione sono state eseguite prove in foro tipo Standard Penetration Test (SPT), realizzate con punta aperta per il successivo recupero del campione rimaneggiato.

É inoltre disponibile la stratigrafia di un sondaggio (S87) realizzato nel 2010 nei pressi della scalo ferroviario di Condove-Chiusa S.Michele, realizzato nell'ambito del progetto Tunnel Euralpin Lyon Turin - T.E.L.T.

Nella tabella seguente si riporta l'elenco dei sondaggi stratigrafici disponibili per lo studio, unitamente alle principali informazioni e caratteristiche di ogni sondaggio ed in particolare:

- codice identificativo del sondaggio;
- coordinate del punto di indagine nel sistema Gauss-Boaga;
- quota del boccaforo in metri s.l.m.;
- eventuale strumentazione di monitoraggio geotecnico installata;
- profondità del sondaggio;
- altre prove in foro (campioni, SPT, prove di permeabilità).

**Tabella 2. Elenco dei sondaggi eseguiti nella campagna Italfer 2018**

Sigla	Anno	Est	Nord	Strumentazione	Profondità (m)	SPT	Campioni indisturbati	Campioni rimanegg.	Prove Lefranc
PNNT0IF01	2018	353852	5000063	piezometro Norton 2"	20.0	6	-	6	1
PNNT0IF02	2018	358526	4999144	piezometro Norton 2"	20.0	6	-	6	2
PNNT0IF03	2018	361174	4998225	piezometro Norton 2"	30.0	10	-	10	1
SCNT0IU04	2018	362238	4997515	--	20.0	6	-	6	1
PNNT0IF05	2018	364226	4996561	piezometro Norton 2"	20.0	6	-	6	1
PNNT0IU06	2018	366074	4996325	piezometro Norton 2"	20.0	6	-	6	1
SCNT0IR07	2018	367383	4996284	--	20.0	6	-	6	1
PNNT0IR08	2018	368855	4996104	piezometro Norton 2"	20.0	6	-	6	1
PNNT0IR09	2018	370539	4995835	piezometro Norton 2"	20.0	6	-	6	1
PNNT0IF10	2018	371070	4995462	piezometro Norton 2"	20.0	6	-	6	1

Sigla	Anno	Est	Nord	Strumentazione	Profondità (m)	SPT	Campioni indisturbati	Campioni rimanegg.	Prove Lefranc
PNNT0IU11	2018	372475	4994648	piezometro Norton 2"	20.0	6	-	6	1
S87	2010	367690	4996210	piezometro Norton	22.5	4	1	4	4

Per l'ubicazione delle indagini geognostiche si rimanda agli elaborati cartografici geologici, geomorfologici ed idrogeologici prodotti a corredo dello studio.

	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA</b>  <b>REALIZZAZIONE OPERE STRADALI PER SOPPRESSIONE</b> <b>PL KM 35+570 e KM 36+540</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA NT01	LOTTO 02	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE001 001	REV. A	FOGLIO 12 di 59

## 6 GEOLOGIA

### 6.1 Evoluzione geologica dell'area

La storia geologica dell'area di progetto è intimamente connessa all'evoluzione orogenetica alpina e alle vicissitudini climatiche quaternarie che hanno coinvolto il settore prealpino. Di seguito vengono schematizzate le principali fasi che hanno caratterizzato la geologia dell'area di progetto.

#### 6.1.1 Terziario - Eocene e Miocene

La catena alpina nacque dal quel complesso sistema di fenomeni di compressione e di corrugamento legati allo spostamento delle zolle crostali dei continenti europeo ed africano. Le Alpi si sono sviluppate durante due fasi di più vigorosi eventi compressivi: la prima nell'Eocene Medio- Superiore, detta "fase ligure", la seconda nel Miocene Superiore, detta "fase toscana". L'Oligocene fu un periodo di relativa calma orogenetica, durante il quale alcune porzioni della catena alpina subirono un lento sprofondamento.

Nell'Oligocene Medio, la zona occupata oggi dalla pianura padana era ricoperta da un ampio golfo detto "Bacino Terziario Piemontese", dove si distinguono una zona costiera sud occidentale e aree di mare poco profondo e aperto verso nord. La porzione emersa delle Alpi era sottoposta agli agenti erosivi continentali ed i corsi d'acqua portavano a valle sedimenti grossolani.

#### 6.1.2 Terziario - Miocene (Messiniano)

Il continuo movimento della zolla crostale africana contro quella europea causò, alla fine del Miocene, la nascita di catene montuose nel Sud della Spagna e nel Nord dell'Africa, che provocarono il completo isolamento del Mediterraneo, che fu così separato dagli oceani. Ne derivò la crisi di salinità del Mediterraneo che vedeva la deposizione di strati di sedimenti di origine chimica, le rocce evaporitiche, tra cui gessi e salgemma. L'evaporazione delle acque marine provocò l'emersione di una parte della pianura padana e la nascita di una fascia di lagune lungo la riva meridionale del Golfo Padano.

#### 6.1.3 Terziario - Pliocene

All'inizio del Pliocene, circa cinque milioni di anni fa, i continui movimenti tra Africa ed Europa provocarono nuovamente la separazione tra il Marocco e la Cordigliera Betica, con la conseguente

apertura dello Stretto di Gibilterra. L'acqua dell'Atlantico tornò a colmare la conca del Mediterraneo, riportando condizioni marine con deposizione di materiali argillosi di ambiente marino profondo.

Nel Pliocene medio si passa alla deposizione di materiali sabbiosi e/o ciottolosi, che comprendono una straordinaria concentrazione di conchiglie fossili, testimoni di una sedimentazione in ambiente costiero ad una profondità relativamente bassa e sotto l'influsso di forti energie idrodinamiche. È a questa fase che si deve la deposizione dei depositi in facies villafranchiana. Si tratta di un complesso di sedimenti attribuibili al passaggio Pliocene superiore - Pleistocene inferiore, costituito da depositi di ambiente fluvio-lacustre e palustre a cui ci si riferisce comunemente in letteratura geologica con il termine cronostratigrafico di "Villafranchiano".

Ulteriori mutamenti paleogeografici caratterizzano il periodo del Pliocene, infatti, alla fine dell'era Terziaria, nuove spinte compressive verso nord causarono il lento sollevamento dell'intero territorio e il definitivo ritiro del mare con la formazione un'estesa pianura caratterizzata da una deposizione di tipo continentale.

#### **6.1.4 Quaternario – Pleistocene**

Con il Pleistocene l'area viene interessata da episodi glaciali, convenzionalmente raggruppati nelle tre fasi Mindel, Riss e Wurm, che diedero luogo alla deposizione di una vasta coltre di sedimenti glaciali nelle aree pedemontane e alluvionali ("fluvioglaciali") nella media e bassa pianura.

Con l'inizio del Pleistocene medio, vi fu l'acme del fenomeno glaciale nell'area alpina, con la deposizione di spesse successioni riferibili ai complessi dei depositi fluvio-glaciali. Tali successioni vennero successivamente erose nelle fasi interglaciali con la conseguente formazione di un sistema di terrazzi che occupano la porzione più alta della pianura ai piedi degli anfiteatri morenici e della media pianura.

### **6.2 Evoluzione tettonica generale**

L'evoluzione tettonica della catena alpina si è articolata in più tappe, la prima delle quali vede, alla fine dell'Orogenesi Ercinica, uno zoccolo cristallino unitario che si estende dal Sudalpino al continente europeo, sul quale poggiano, in discordanza, i prodotti del sollevamento e dell'erosione della catena Ercinica (depositi continentali e sequenze vulcano-detritiche).

Le condizioni geodinamiche agenti su tale zoccolo sono a carattere distensivo, con processi di assottigliamento litosferico e risalita di astenosfera calda (Permiano).

Il rifting vero e proprio è datato al Lias ed ha come conseguenza più importante l'apertura dell'Oceano Ligure-Piemontese, la cui causa sembra essere legata all'apertura e all'espansione dell'Atlantico centrale. Il bacino Ligure-Piemontese così formato si divide in due parti con caratteristiche distinte.

Nel settore interno del bacino si depositano, su di un substrato oceanico, sedimenti argilloso-arenacei ed abbondanti radiolariti. In quello esterno, a substrato sialico assottigliato, prevale una sequenza calcescistosa sovrapposta al Lias non ofiolitifero e al Trias basale.

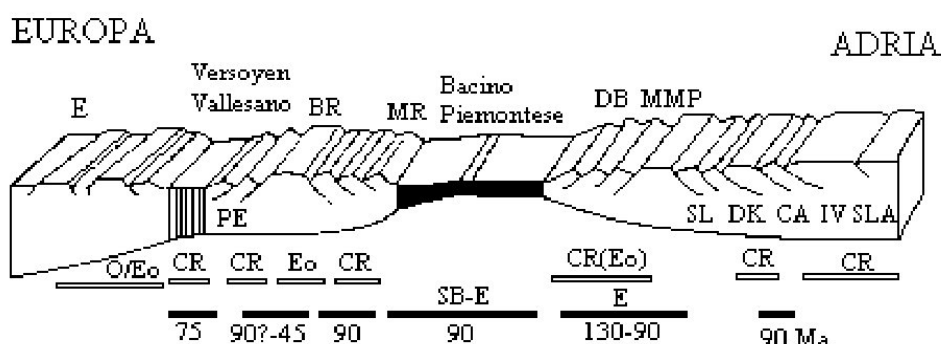


Figura 2. Paleogeografia classica della Tetide alpino-occidentale, completata con l'età e la distribuzione del metamorfismo di subduzione delle unità della catena (SB: scisti blu, E: eclogitico). SLA: Serie dei Laghi, IV: Ivrea-Verbano; CA: Canavese; lembi Austroalpini settentrionali (MMP: Mont Mary-Pillonet, DB: Dent Blanche); SB/BR: Gran S. Bernardo; MR: M. Rosa-Gran Paradiso; SL: Sesia-Lanzo.

Tra la fine del Giurassico e l'inizio del Cretaceo le placche sono interessate da nuove condizioni geodinamiche di tipo compressivo: si sviluppa una rottura litosferica tra l'oceano Ligure-Piemontese ed il margine passivo adriatico che causa la subduzione e la consunzione del primo (ora associato alla placca europea), sotto il secondo. Le due tappe di questo processo, schematizzate in Figura 3, hanno portato dapprima alla progressiva scomparsa per subduzione dell'oceano piemontese che separava le due placche, quindi alla collisione e alla deformazione delle stesse masse continentali con il sollevamento nella zona di sutura.

Le Alpi sono ora caratterizzate da una struttura crostale a doppia vergenza; si può distinguere una catena europa-vergente, o catena alpina in senso stretto, e una africa-vergente, nota anche come Alpi Meridionali o Sudalpino. I principali domini strutturali risultano (Figura 4):

- Il dominio superiore del sistema collisionale, interno "Sudalpino";
- l'avampaes europeo, esterno "Elvetico – Delfinese".



- Il dominio assiale compreso fra le due superfici di discontinuità della crosta, la Linea Insubrica ed il fronte Pennidico.

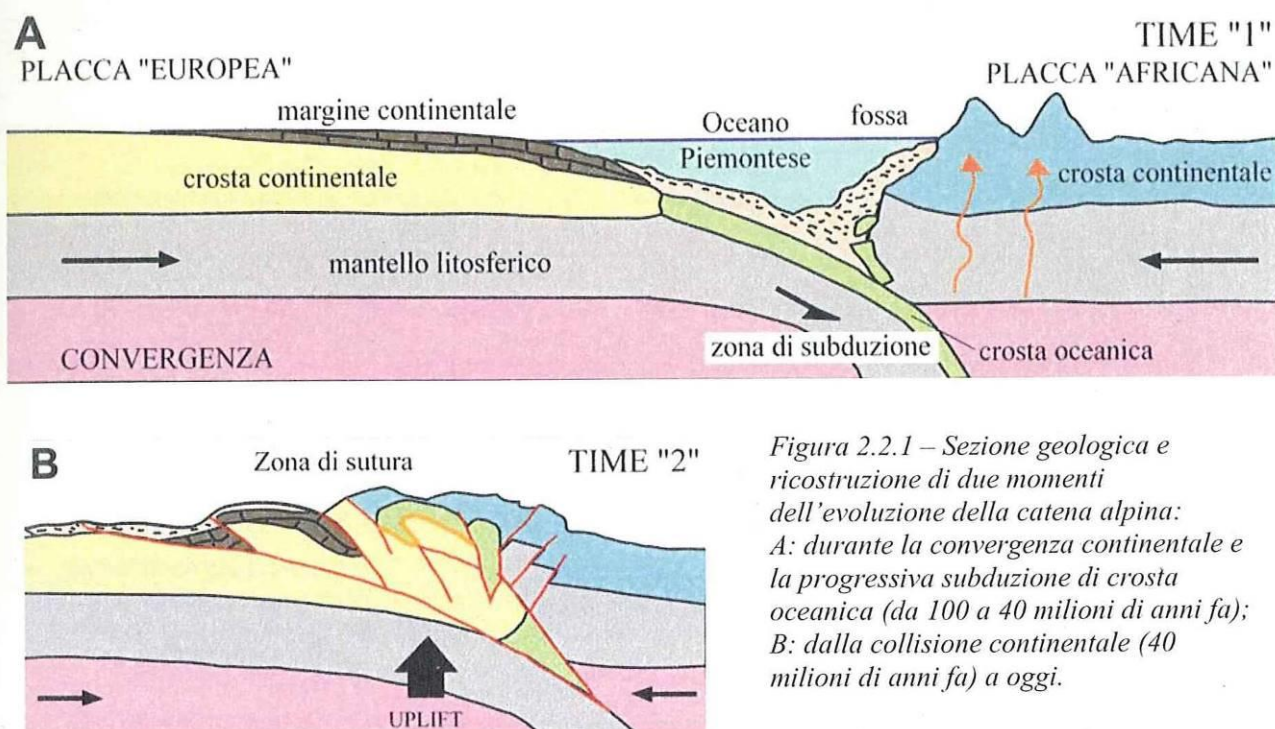


Figura 3. Evoluzione della catena alpina (in Giardino & Motta, 2007)

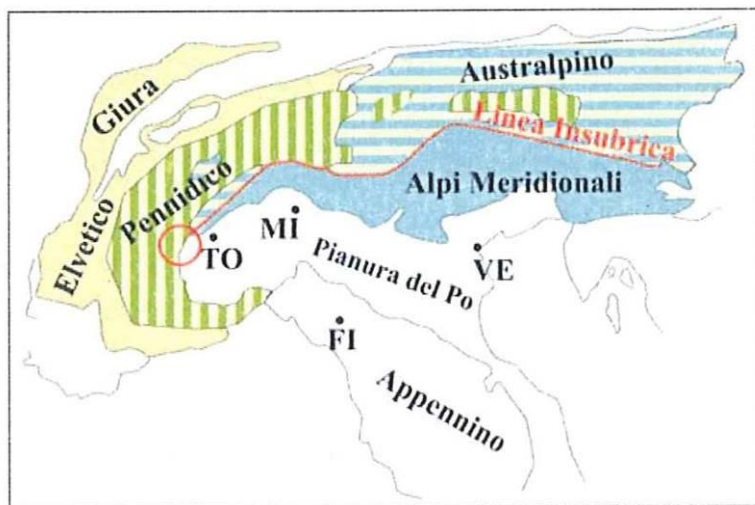


Figura 4. Carta schematica dei principali domini geostutturali delle Alpi (in Giardino & Motta, 2007)

	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA</b>  <b>REALIZZAZIONE OPERE STRADALI PER SOPPRESSIONE</b> <b>PL KM 35+570 e KM 36+540</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA NT01	LOTTO 02	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE001 001	REV. A	FOGLIO 16 di 59

## 6.3 Evoluzione strutturale alpina

L'evoluzione metamorfica del settore alpino occidentale è identificabile in tre fasi metamorfiche principali:

- fase eoalpina;
- fase mesoalpina;
- fase nealpina.

Tra queste ultime è stata inoltre riconosciuta una fase di stasi caratterizzata da una fase magmatica denominata appunto magmatismo olocenico. Di seguito verranno illustrate brevemente le varie fasi evolutive precedentemente elencate.

### 6.3.1 Evento Eoalpino (Cretaceo – Paleocene)

La prima parte della storia alpina si concentra nei Domini Austroalpino, Pennidico, e Ligure-Piemontese. Dei molteplici processi ad esso ascritti, i principali sono senza dubbio la formazione di falde di basamento e copertura a vergenza europea e la genesi di tutte le unità. Ad esse si associano strutture minori antitetiche nelle zone interne, al limite Austroalpino/Sudalpino (Doglioni & Bosellini, 1987). Mentre la catena cretacea si sviluppa sul margine attivo della placca superiore, nella fossa oceanica e nei bacini di avan-arco si depositano estese sequenze di flysch cretaceo-paleocenici (Figura 5).

Nei livelli più profondi l'evento eoalpino è caratterizzato dallo sviluppo di un metamorfismo di alta pressione e bassa temperatura (eclogitico in facies scisti blu), diffuso nella maggior parte delle ofioliti alpine e delle unità Pennidiche ed Austroalpine occidentali.

Questo particolare metamorfismo è l'espressione di un'anomalia termica negativa prodotta dalla subduzione di litosfera oceanica, questo processo impedisce il riscaldamento della zona di subduzione e del prisma orogenetico deprimendo le isoterme e mantenendo un regime di temperatura relativamente bassa anche a notevoli profondità. Questa situazione persiste per circa 80 Ma sino all'esaurimento del processo di subduzione.

	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA</b>  <b>REALIZZAZIONE OPERE STRADALI PER SOPPRESSIONE</b> <b>PL KM 35+570 e KM 36+540</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA NT01	LOTTO 02	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE001 001	REV. A	FOGLIO 17 di 59

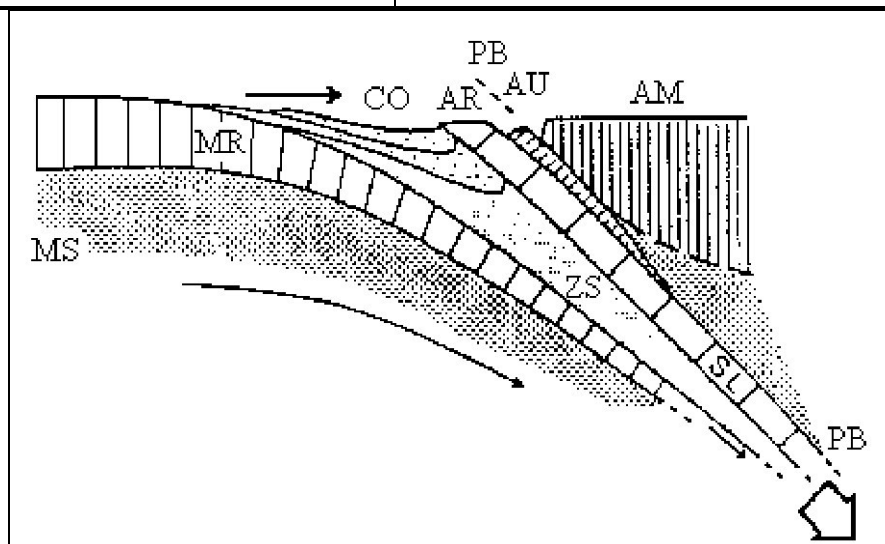


Figura 5. Fase iniziale di subduzione della placca europea al di sotto del margine continentale africano.

### 6.3.2 Evento Mesoalpino (Eocene – Oligocene inferiore)

La subduzione litosferica precedentemente descritta ha come ulteriore effetto la traslazione del continente europeo verso il fronte della microplacca adriatica sino a provocare la loro collisione. L'anomalia termica negativa ne risulta ridotta e progressivamente annullata; l'instaurarsi di gradienti di alta temperatura favorisce lo sviluppo del metamorfismo regionale mesoalpino (Eocene-Oligocene inf.), e di nuove deformazioni duttili.

Le associazioni metamorfiche hanno grado variabile dall'anchizona (coperture Elvetiche ed altre zone esterne), alla facies in scisti verdi (Valle d'Aosta, ecc...), ed anfibolica (Ossola-Ticino), talora al limite dell'anatessi, definendo delle isograde che tagliano in discordanza la pila delle falde e della catena cretacea.

La collisione continentale ha come effetto primario l'ispessimento e l'espansione sul piano orizzontale della catena, aggregando alla pila delle falde eoapline porzioni sempre più estese del margine passivo della placca europea.

Si producono deformazioni duttili nei settori più caldi e metamorfici della pila delle falde, le prime grandi rotture nell'avampaese europeo ed il distacco delle coperture sedimentarie dal basamento in scorrimento al di sotto della porzione frontale della catena, con formazione di sottili falde di scollamento.

	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA</b>  <b>REALIZZAZIONE OPERE STRADALI PER SOPPRESSIONE</b> <b>PL KM 35+570 e KM 36+540</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA NT01	LOTTO 02	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE001 001	REV. A	FOGLIO 18 di 59

### 6.3.3 Magmatismo Periadriatico (Oligocene)

In seguito alla perturbazione termica mesoalpina si crea un ciclo eruttivo indicato da tempo con il termine di magmatismo Periadriatico.

Il magmatismo Periadriatico è un evento di breve durata (5 Ma circa), che si manifesta durante le fasi avanzate della collisione continentale; il suo nome ha significato geografico e deriva dal fatto che i corpi magmatici sono insediati nella soprastruttura della catena lungo una fascia larga qualche decina di chilometri che segue il lineamento Periadriatico; nonostante l'omonimia i due processi sono diacroni. Il magmatismo ha un'età oligocenica di 33-29 Ma, contemporaneo con l'inizio della sedimentazione della molassa oligocenica nella Pianura Padana.

Il magmatismo periadriatico è rappresentato dai plutoni di Traversella, Biella (Valle del Cervo), Bregaglia, Adamello, Vedrette di Ries e Pohorje di composizione granodioritico-tonalitica, sienitico-monzonitica e gabbrica, da numerosi corpi minori, da innumerevoli filoni di porfiriti (daciti, andesiti e andesiti basaltiche), e rari lamprofiri e da coperture vulcaniche preservate localmente lungo la linea del Canavese e all'estremità orientale della catena.

Poiché i corpi intrusivi tagliano in discordanza la pila delle falde a vergenza europea, le suture ofiolitiche e le isoterme del metamorfismo mesoalpino, si può concludere che il magmatismo periadriatico rientra in una fase tardiva del ciclo collisionale.

### 6.3.4 Evento Neoalpino (Miocene – attuale)

La fase Neoalpina è successiva al magmatismo oligocenico e determina in modo definitivo la struttura a doppia vergenza. La catena alpina s.s. continua a propagarsi verso l'avampaes europeo con formazione di nuove rotture litosferiche e di sistemi di falde sempre più esterne e recenti.

Il bacino della molassa è traslato in blocco e la sua parte interna è inserita sotto il sistema Elvetico in progressiva deformazione, a cui si associa, nella zona del Giura, lo scollamento delle serie mesozoiche di copertura e la formazione di una catena a falde pellicolari.

Le deformazioni Neoalpine sono prevalentemente fragili anche nel basamento della zona assiale alpina, in generale sollevamento, pur non mancando pieghe a grande lunghezza d'onda. Sul versante interno ha pieno sviluppo il sistema sud vergente delle Alpi Meridionali, svincolato dalla catena a vergenza europea con l'attivazione del lineamento periadriatico.

La fase Neoalpina nelle Alpi Occidentali è sincrona e probabilmente una conseguenza meccanica della rotazione antioraria del Massiccio Sardo-Corso e della formazione della catena appenninica che ha portato alla struttura arcuata delle Alpi Occidentali.

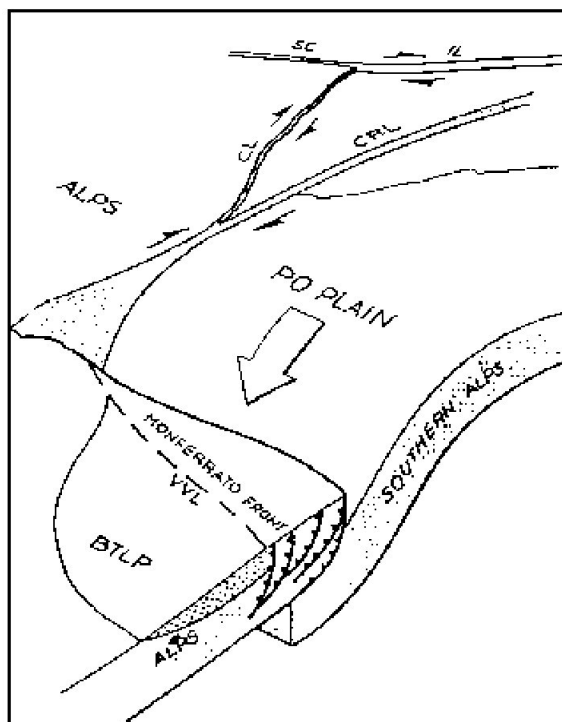


Figura 6. Possibile relazione geometrica tra il fronte compressionale del Monferrato e le Alpi Occidentali durante l'evento nealpino (Hunziker & Martinotti, 1984)

## 6.4 Cenni sulla neotettonica

Durante l'ultima glaciazione, il ghiacciaio proveniente da ovest non ha avuto una espansione simile alle precedenti, interessando nuovamente l'intera area dell'anfiteatro fra Rivoli e Avigliana. Il ghiacciaio di fatto ha subito una deviazione verso sud e si è spinto fino all'altezza di Trana. Tale deviazione, che non si è registrata nelle precedenti fasi glaciali, è stata provocata dallo sbarramento naturale dovuto al rilievo morfologico che si estende verso sud a partire dal versante in sinistra Dora fra i centri urbani di Condove e Villar Dora e che determina anche la deviazione verso sud-est della Dora. Si tratterebbe di uno sperone roccioso in fase di sollevamento a seguito di processi di neo-tettonica. Sebbene i dati derivati dall'elaborazione dei PS (e scaricabili sul sito web dell'ARPA Piemonte) non forniscano un quadro chiaramente interpretabile, è un settore dell'area di progetto entro cui approfondire le ricerche per verificare la natura, l'attività e l'entità di tale sollevamento.



Figura 7. Schema tettonico – metamorfico delle Alpi occidentali



La valle di Susa è interamente compresa nel dominio Pennidico. Nella bassa valle in particolare prevalgono rocce attribuibili all'unità del Dora – Maira rappresentante il margine continentale europeo. Si tratta per lo più di rocce di basamento cristallino polimetamorfico (micascisti e gneiss) che conservano minerali metamorfici di età pre-alpina; si rinvencono inoltre metagraniti ed ortogneiss, derivati da originarie rocce magmatiche intrusive nel basamento cristallino.

Sono inoltre ben sviluppate le unità di crosta oceanica e del sottostante mantello, derivanti dalla chiusura del bacino Ligure – Piemontese, le unità di copertura dei margini continentali affacciati sull'oceano e rocce sedimentarie derivate dallo smantellamento dei margini continentali durante l'orogenesi. In questo dominio si ritrovano sia rocce metamorfiche derivate dal substrato oceanico (metagabbri, serpentiniti), sia le rocce metamorfiche originatesi da sedimenti marnosi originariamente depositi sui fondali oceanici (calcesisti).

### 6.5.1 Successione quaternaria

La successione quaternaria dell'area di studio è descritta da diversi Autori a partire da Sacco già nel XIX secolo. In generale il documento che raccoglie per la prima volta in maniera organica le informazioni sulle coperture quaternarie è rappresentato dalla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 55 "Susa" ove sono distinti:

- i depositi più estesamente distribuiti sui versanti sono indicati indistintamente come *"morene würmiane, postwürmiane e recenti"*;
- i depositi alluvionali di fondovalle come *"alluvioni recenti, laghi colmati"*;
- gli accumuli, soprattutto nei settori di testata dei bacini tributari come *"detriti di falda"*;
- le *"conoidi di deiezione"*, allo sbocco delle principali tributarie sul fondovalle principale.

Nell'area di interesse, facendo riferimento ai principi allostratigrafici assunti nella cartografia CARG, sono state definite separatamente le successioni dei bacini principali (Dora e Cenischia) e quelle dei bacini tributari completamente formate.

Le unità in formazione, invece, raccolgono tutte le unità di origine diversa, tuttora in diretto rapporto con l'agente (corso d'acqua, ghiacciaio, nicchie di distacco, ecc.), dal quale hanno preso origine, ovvero depositi fluviali, depositi di origine mista (debris flow, valanghe), accumuli gravitativi, detriti di falda e detriti di falda a grossi blocchi, coltri eluvio – colluviali.

	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA</b>  <b>REALIZZAZIONE OPERE STRADALI PER SOPPRESSIONE</b> <b>PL KM 35+570 e KM 36+540</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA NT01	LOTTO 02	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE001 001	REV. A	FOGLIO 22 di 59

## 6.6 Litologia e stratigrafia locale

Per l'individuazione delle unità geologiche presenti nell'area di studio si è fatto riferimento alla classificazione litologico-stratigrafica adottata nell'ambito della cartografia CARG (in particolare nei fogli 155 e 154 in scala 1:50.000), la quale suddivide i depositi pliocenici, pleistocenici e quaternari secondo il concetto della allostratigrafia individuando sintemi e relativi subsintemi.

Nel dettaglio, con riferimento agli elaborati della carta geologica e dei profili geologico-tecnici in asse al tracciato a corredo del presente studio (vedasi Tabella 1), lungo la tratta in oggetto di interventi si rinvencono essenzialmente depositi fluviali ghiaiosi e sabbiosi di età olocenica; tali depositi sono riferibili al Sintema di Palazzolo, Subsintema di Ghiaia Grande (**CSN3b**), costituito da ghiaie sabbiose a supporto di clasti e sabbie ghiaiose a supporto di matrice con intercalazioni sabbiose, passanti verso l'alto a sabbie siltose inalterate o debolmente alterate di spessore metrico, costituenti i principali fondovalle, terrazzi sospesi fino a 10 m sugli alvei attuali e i conoidi alluvionali attuali; depositi siltosi e sabbioso-siltosi privi di stratificazione e non alterati, di spessore metrico, contenenti alla base lenti ghiaiose di ridotta estensione, costituenti i fondovalle dei corsi d'acqua tributari (depositi fluvio-torrentizi).

## 7 IDROGEOLOGIA

### 7.1 Inquadramento idrogeologico generale

La linea storica Bussoleno-Avigliana si sviluppa in superficie all'interno della Val di Susa, fra Chiusa San Michele e Bussoleno. A livello generale lo schema idrogeologico di riferimento è rappresentato dalla Figura 8. I fianchi della Val di Susa sono sede di acquiferi a permeabilità secondaria ospitati nei litotipi del basamento pre-quaternario. Nelle rocce a dominante componente silicatica (gneiss, micascisti) la permeabilità secondaria è determinata dalla densità e dall'apertura delle fratture. In prossimità dei versanti, per via del detensionamento, le fratture si possono presentare più aperte e interconnesse e quindi si vengono a formare le condizioni per lo sviluppo di acquiferi di dimensioni limitate, a volte anche direttamente collegati con gli acquiferi ospitati nel detrito di versante o nelle alluvioni di fondovalle.

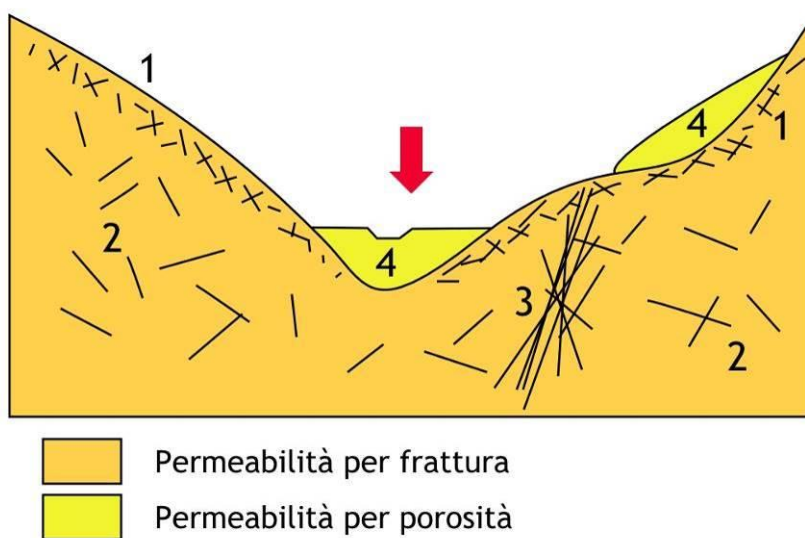


Figura 8. Schema idrogeologico di riferimento. 1: Zona di alterazione superficiale con ammasso roccioso detensionato; 2: roccia non detensionata con apertura e spaziatura delle fratture variabile; 3: fascia fratturata con elevata persistenza ed elevata continuità; 4: accumuli fluvioglaciali, alluvionali o detritici permeabili per porosità.

Quando i sistemi di fratture sono associati ad importanti discontinuità tettoniche possono dare origine a fasce fratturate continue e persistenti con elevata estensione longitudinale. All'interno di queste fasce ad

elevata fratturazione e persistenza si possono generare consistenti circolazioni d'acqua che possono alimentare sorgenti anche importanti.

Nei litotipi a rilevante componente carbonatica (marmi, calcescisti), in aggiunta a questi fenomeni si possono rilevare fenomeni di dissoluzione con sviluppo di carsismo.

Gli acquiferi permeabili per porosità si sviluppano all'interno di corpi sedimentari quaternari, come ad esempio depositi ghiaiosi alluvionali di fondo valle, depositi gravitativi di versante e depositi glaciali e fluvio glaciali.

I depositi alluvionali di fondo valle sono sede di falda freatica in comunicazione con i corsi dei relativi fiumi. In particolare la falda ospitata nei depositi alluvionali del F. Dora Riparia è superficiale, con oscillazioni dovute alle variazioni stagionali di piovosità e di portata del corso d'acqua. La presenza di intercalazioni sabbioso limose di origine lacustre non costituisce un elemento di compartimentazione della falda, che rimane unitaria.

I depositi quaternari (glaciali o gravitativi) presenti sui versanti possono dare origine a modesti acquiferi ed essere sede di falde freatiche utilizzate localmente per approvvigionamento idrico.

L'acquifero sicuramente più importante di tutta l'area è quello ospitato all'interno dei depositi alluvionali della Dora Riparia. In questo acquifero sono stati realizzati numerosi pozzi sia a scopo idropotabile sia a scopo industriale.

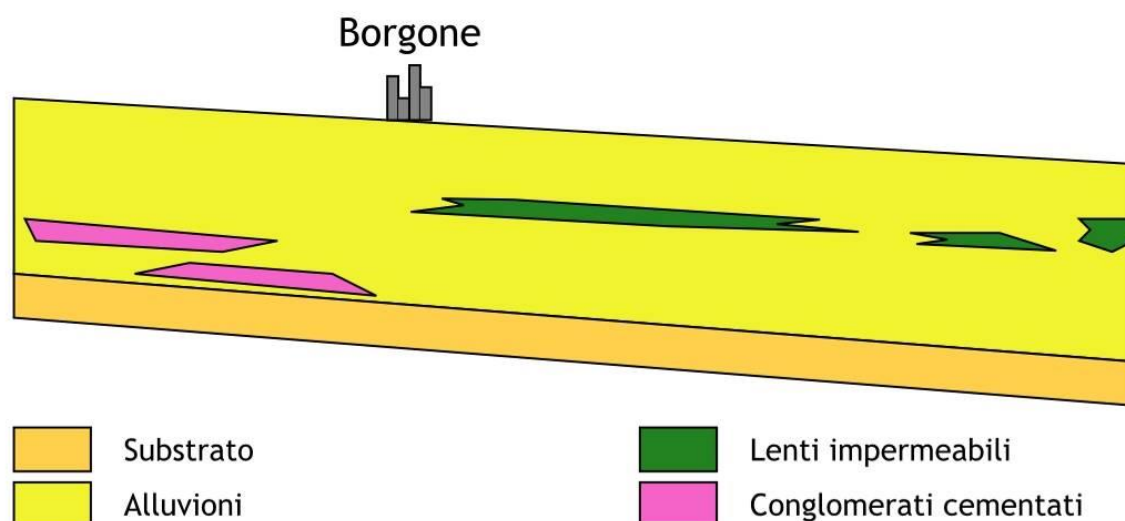


Figura 9. Schema generale delle alluvioni del fondovalle Susa.

Dall'esame delle stratigrafie dei pozzi si evidenzialo due settori, distinti da un punto di vista idrogeologico. A valle di Borgone (Figura 9) si può individuare un primo acquifero superficiale di

spessore 8-25 metri in ghiaie a matrice sabbiosa parzialmente isolato da un secondo acquifero semiconfinato da una serie di setti argillosi. Questo secondo acquifero risulta essere sfruttato da pozzi ad uso idropotabile e industriale.

A monte di Borgone è presente un unico acquifero impostato nelle ghiaie, passanti in profondità ad alternanza con conglomerati più o meno compatti.

Al di sopra delle alluvioni sono spesso impostate conoidi alluvionali dovute allo scarico di affluenti in destra e sinistra Dora. In queste conoidi i clasti sono generalmente meno arrotondati e all'interno si possono ritrovare resti vegetali dovuti ad asportazione e trasporto per colata o frana. In generale i corpi di conoide hanno un maggior volume di vuoti interstiziali rispetto alle alluvioni di fondo valle.

## **7.2 Dataset dati idrogeologici utilizzato per le ricostruzioni**

La cartografia idrogeologica di riferimento per il presente studio è quella redatta in ambito di PFTE per l'adeguamento della linea storica nella tratta Bussoleno Avigliana, cui si fa riferimento. Le ricostruzioni idrogeologiche presentate nella cartografia idrogeologica allegata a tale fase di studio sono state effettuate basandosi su un ampio dataset di informazioni reperite in parte dagli enti operanti sul territorio, in parte da bibliografia scientifica specializzata e in parte direttamente in sito mediante appositi sopralluoghi.

I dati reperiti dagli enti sono rappresentati prevalentemente da stratigrafie di sondaggi, rilievi dei livelli di falda e determinazioni del coefficiente di permeabilità da prove Lefranc.

Nel corso dei sopralluoghi in campagna sono state invece eseguite misure del livello piezometrico in pozzi e piezometri e sono stati effettuati una serie di stop geologici nel corso dei quali è stato possibile constatare visivamente sul campo le caratteristiche litologiche delle formazioni.

### **7.2.1 Ricostruzione dell'andamento delle isofreatiche**

La Figura 10 mostra la distribuzione dei punti utilizzati per interpolare la superficie freatica all'interno dei depositi alluvionali della Dora nella zona della Val di Susa. La distribuzione dei punti, tutti allineati lungo il corso vallivo, ha consentito di generare una prima interpolazione puramente geometrica, che è stata poi lievemente riaggiustata sulla base dell'andamento morfologico della valle e delle conoidi. La distribuzione dei punti, infatti, non ha permesso di generare automaticamente una soddisfacente ricostruzione e pertanto è stato necessario un successivo adattamento manuale.

	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA</b>  <b>REALIZZAZIONE OPERE STRADALI PER SOPPRESSIONE</b> <b>PL KM 35+570 e KM 36+540</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA NT01	LOTTO 02	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE001 001	REV. A	FOGLIO 26 di 59

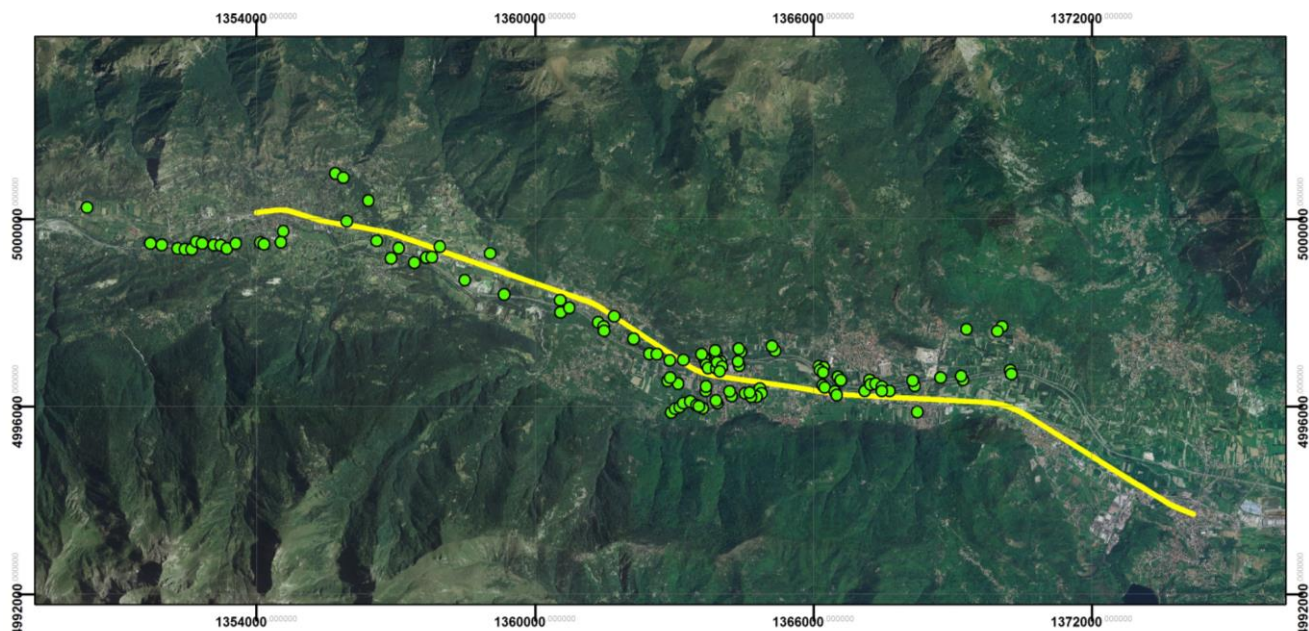


Figura 10. Ubicazione dei punti usati per generare l'interpolazione della falda nei depositi alluvionali della Dora Riparia (sistema di riferimento Gauss-Boaga, fuso Ovest).

Nonostante la cospicua mole di informazioni disponibili, la ricostruzione della falda ha un forte limite dovuto dall'estrema disomogeneità dei dati utilizzati. In particolare le date di rilevamento sono estremamente variabili e coprono un intervallo temporale molto esteso. Un'ulteriore disomogeneità riguarda la stagione dell'anno in corrispondenza della quale è stato rilevato il dato, variabile da punto a punto. Pur con questi limiti la ricostruzione pare accettabile e quindi è stata ritenuta valida per una prima ricostruzione dell'andamento della falda nella zona interessata dal tracciato di progetto.

Per quanto concerne i livelli piezometrici, sulla base delle pregresse fasi di studio l'area di intervento risulta essere caratterizzata da un importante acquifero freatico, il cui livello piezometrico risulta attestarsi mediamente ad una quota variabile mediamente tra 2÷4 m dal piano di campagna.

In merito, si segnala che a partire dal mese di settembre 2018 è iniziato il monitoraggio delle n.9 verticali piezometriche installate nell'ambito della campagna indagini Italfer 2018.

Tale attività di monitoraggio, eseguita con cadenza mensile, risulta attualmente in corso.

I dati attualmente disponibili sono riportati al paragrafo 7.3.



	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA</b> <b>REALIZZAZIONE OPERE STRADALI PER SOPPRESSIONE</b> <b>PL KM 35+570 e KM 36+540</b>
<b>RELAZIONE GEOLOGICA</b>	<div> <div>COMMESSA NT01</div> <div>LOTTO 02</div> <div>CODIFICA D 69 RG</div> <div>DOCUMENTO GE001 001</div> <div>REV. A</div> <div>FOGLIO 27 di 59</div> </div>

### 7.2.2 Caratterizzazione idrogeologica dei terreni

Per la caratterizzazione idrogeologica delle alluvioni del fondo valle Dora sono disponibili i dati delle prove di permeabilità, di tipo Lefranc, eseguite in foro di sondaggio nel corso della campagna indagini eseguita nel 2018 a supporto della presente fase progettuale. Tutte le prove realizzate interessano i depositi quaternari ghiaioso-sabbiosi del fondovalle, su cui si imposta l'intero tracciato in oggetto di adeguamento.

L'insieme dei risultati delle prove realizzate, elencate nella seguente Tabella 3, ha fornito valori di permeabilità piuttosto omogenei, variabili da  $1,74 \cdot 10^{-4}$  m/s e  $6,50 \cdot 10^{-3}$  m/s, con un valore medio di  $7,41 \cdot 10^{-3}$  m/s.

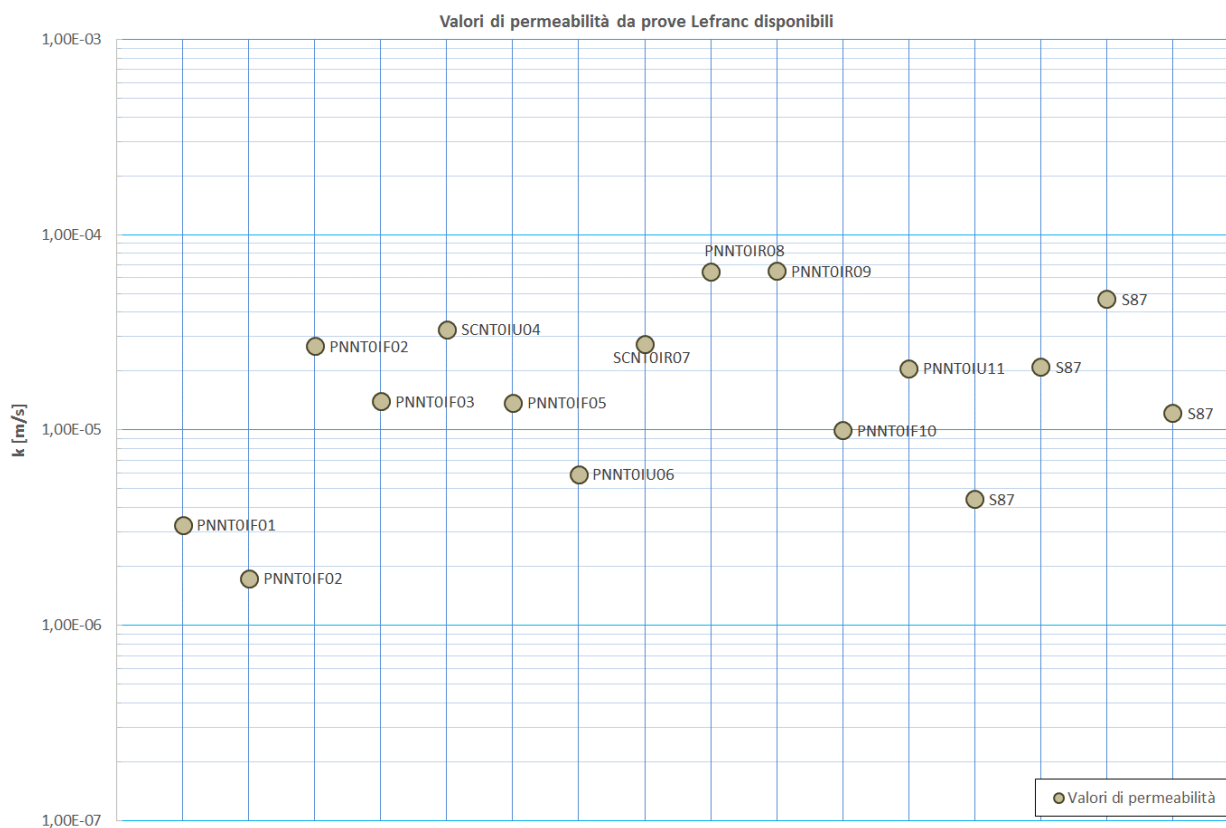
In generale, si tratta sempre di valori di permeabilità alti, rientranti nella gamma tipica di sedimenti alluvionali di fondovalle a granulometria grossolana, con sabbie e ghiaie prevalenti, che caratterizzano la Val di Susa. Non a caso, tali sedimenti sono sede di un acquifero significativo.

Con riferimento ed in coerenza con gli elaborati redatti in ambito di PFTE, sono state individuate tre unità idrogeologiche a permeabilità decrescente ed una ulteriore unità che ricomprende gran parte delle formazioni di substrato esterne al tracciato di progetto, con permeabilità principale per fratturazione e range di permeabilità molto variabile:

- Unità 1 - permeabilità alta:  $k > 1 \cdot 10^{-5}$  m/sec. Nell'unità ricadono i depositi fluviali incoerenti (ghiaie, sabbie e miscele di ghiaia e sabbia con scarsa componente di fine) che costituiscono la quasi totalità dei depositi alluvionali che si trovano nella Val di Susa.
- Unità 2 - permeabilità media:  $1 \cdot 10^{-6} < k \leq 1 \cdot 10^{-5}$  m/sec. Nell'unità ricadono alcune formazioni presenti in carta a lato del tracciato e non intercettate dal tracciato in progetto e, localmente, terreni di riporto evidenziati nelle stratigrafie di sondaggio e rappresentati sui profili geologico-tecnici ed idrogeologici.
- Unità 3 - permeabilità bassa:  $k \leq 1 \cdot 10^{-6}$  m/sec. Nell'unità ricadono le lenti a prevalente componente limoso argillosa che si trovano intercalate all'interno delle alluvioni ghiaioso sabbiose della Dora Riparia.
- Unità 4 - permeabilità per fratturazione: nell'unità ricadono tutte le unità del substrato pre-pliocenico, presenti in carta a lato del tracciato e non intercettate dal profilo di progetto. La permeabilità di tali unità è sostanzialmente per fratturazione, con un intervallo molto ampio dei valori di permeabilità e compresi tra  $1 \cdot 10^{-10} < k \leq 1 \cdot 10^{-5}$  m/sec.

Tabella 3. Risultati delle prove Lefranc realizzate nel corso della campagna indagini ITALFERR 2018.

Anno Esecuzione	ID sondaggio	ID prova	Prof media (m da p.c.)	k (m/s)	Tipo di prova
2018	PNNT0IF01	Lefranc CV	7,50	3,27E-06	a carico variabile
2018	PNNT0IF02	Lefranc CV	1,50	1,74E-06	a carico variabile
2018	PNNT0IF02	Lefranc CV	12,00	2,68E-05	a carico variabile
2018	PNNT0IF03	Lefranc CV	7,50	1,40E-05	a carico variabile
2018	SCNT0IU04	Lefranc CV	13,50	3,27E-05	a carico variabile
2018	PNNT0IF05	Lefranc CV	7,50	1,38E-05	a carico variabile
2018	PNNT0IU06	Lefranc CV	10,50	5,95E-06	a carico variabile
2018	SCNT0IR07	Lefranc CV	5,00	2,75E-05	a carico variabile
2018	PNNT0IR08	Lefranc CV	13,00	6,47E-05	a carico variabile
2018	PNNT0IR09	Lefranc CV	7,50	6,50E-05	a carico variabile
2018	PNNT0IF10	Lefranc CV	9,00	1,00E-05	a carico variabile
2018	PNNT0IU11	Lefranc CV	7,00	2,07E-05	a carico variabile
2010	S87	C1	9,00	4,43E-06	a carico variabile
2010	S87	C2	12,00	2,10E-05	a carico variabile
2010	S87	C3	17,00	4,69E-05	a carico variabile
2010	S87	C4	21,00	1,22E-05	a carico variabile



	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA</b>  <b>REALIZZAZIONE OPERE STRADALI PER SOPPRESSIONE</b> <b>PL KM 35+570 e KM 36+540</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA NT0I	LOTTO 02	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE001 001	REV. A	FOGLIO 29 di 59

Figura 11. Grafico relativo ai valori di permeabilità determinati dalle prove Lefranc realizzate nel corso delle campagne indagini ITALFERR 2010 e 2018.

Gli elaborati relativi alla carta idrogeologica realizzati a corredo dello studio (Tabella 1) sono stati elaborati attribuendo a ciascuna delle unità allostratigrafiche definite dalla cartografia CARG un grado di permeabilità corrispondente a quello delle unità idrogeologiche individuate. L'attribuzione è stata effettuata sulla base della descrizione litologica e, laddove disponibili, dei risultati delle prove di permeabilità eseguite in foro di sondaggio.

Inoltre agli accumuli di origine antropica (unità UIDh) è stato assegnato un grado di permeabilità non definibile mentre tutte le unità del substrato pre-pliocenico sono state definite come permeabili per fratturazione.

### 7.3 Monitoraggio piezometrico

Sui piezometri installati nel corso della campagna indagini ITALFERR 2018 (si veda Tabella 2) a settembre 2018 è stata avviata una campagna di monitoraggio piezometrico per la durata complessiva di un anno, tutt'ora in corso. Ad oggi sono disponibili i dati di sole n.2 campagne di lettura, effettuate con cadenza mensile.

Nell seguente Tabella 4 si riepilogano le risultanze delle letture piezometriche ad oggi eseguite sugli strumenti precedentemente illustrati.

Tabella 4. Riepilogo delle misure effettuate.

PIEZOMETRO	TUBO PIEZOMETRICO		27/09/2018	24/10/2018
Denominazione	Lunghezza e Tipo		metri dal p.c.	metri dal p.c.
PNNT0IF01	20.0	Norton 2"	-18.70	no accesso
PNNT0IF02	20.0	Norton 2"	-3.00	-3.10
PNNT0IF03	30.0	Norton 2"	-7.10	-7.00
PNNT0IF05	20.0	Norton 2"	-5.70	-5.60
PNNT0IU06	20.0	Norton 2"	-2.80	-2.80
PNNT0IR08	20.0	Norton 2"	-2.60	-2.70
PNNT0IR09	20.0	Norton 2"	-3.00	-2.90
PNNT0IF10	20.0	Norton 2"	-3.20	-3.20
PNNT0IU11	20.0	Norton 2"	-3.30	-3.40

	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA</b>  <b>REALIZZAZIONE OPERE STRADALI PER SOPPRESSIONE</b> <b>PL KM 35+570 e KM 36+540</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA NT01	LOTTO 02	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE001 001	REV. A	FOGLIO 30 di 59

## 8 VALUTAZIONE RISCHI

Di seguito si analizzano le potenziali interferenze dell'opera con gli elementi geologici, geomorfologici ed idrogeologici caratterizzanti il territorio, al fine di segnalare i potenziali rischi connessi alla realizzazione degli interventi in progetto.

### 8.1 Rischio geologico

Per quanto concerne gli elementi di carattere geologico, non si ravvisano particolari criticità da questo punto di vista. Gli interventi si collocano infatti su terreni alluvionali di fondovalle, le cui caratteristiche appaiono certamente compatibili con le opere in progetto.

### 8.2 Rischio geomorfologico

Relativamente agli aspetti geomorfologici, il tracciato si sviluppa in area alluvionale di fondovalle, caratterizzata da topografia sub-pianeggiante ed esente pertanto da potenziali rischi connessi alle dinamiche di versante, con particolare riferimento alle fenomenologie di tipo gravitativo.

Nella parte terminale della tratta, nei pressi di Bussoleno, il tracciato si snoda al piede di alcune conoidi torrentizie laterali alla Val di Susa, ubicate in corrispondenza del Rio Moletta e del Rio Prebech, senza tuttavia ravvisare particolari interferenze con tali elementi.

### 8.3 Rischio idrogeologico

In merito agli aspetti idrogeologici, non essendo previste opere in sotterraneo di particolare rilevanza, non si segnalano particolari criticità e/o interferenze tra le opere in progetto ed i flussi idrici sotterranei. Si segnala tuttavia che localmente le opere in progetto potranno interferire con la falda freatica, posta, in alcuni casi entro i primi 2÷3 m da piano campagna. Ci si riferisce in particolare alla realizzazione di opere trasversali al tracciato quali sottovia sottopassi e alle eventuali relative opere provvisorie, che, essendo grossomodo parallele alle linee di flusso dell'acquifero freatico che caratterizza il fondo della Val di Susa, potranno determinare possibili interferenze con i livelli idrici superficiali.

In ogni caso, in relazione alla notevole estensione, alla potenza e alla trasmissività di tale 'acquifero, le eventuali interferenze avranno carattere del tutto locale e non produrranno significative perturbazioni nel regime dei flussi sotterranei.

Infine, con particolare riferimento agli elaborati relativi alla carta idrogeologica, si segnala che le opere in progetto interferiscono con la fascia di rispetto di alcuni pozzi ad uso idropotabile. In particolare, si segnala l'interferenza con n.4 pozzi SMAT nei pressi della pk 23+300, n.1 pozzo SMAT alla pk 26+250 e n.1 pozzo ARPA alla pk 35.260. Pertanto, in fase di realizzazione delle opere si dovranno adottare tutti gli opportuni accorgimenti al fine di limitare quanto più possibile gli impatti sulle risorse idriche segnalate.

	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA</b>  <b>REALIZZAZIONE OPERE STRADALI PER SOPPRESSIONE</b> <b>PL KM 35+570 e KM 36+540</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA NT01	LOTTO 02	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE001 001	REV. A	FOGLIO 32 di 59

## 9 MODELLO GEOLOGICO LOCALE

Con riferimento ai risultati delle indagini descritte in precedenza, limitatamente alle aree in oggetto di intervento, il profilo stratigrafico del sottosuolo è stato schematizzato attraverso le seguenti unità litotecniche:

### *Unità R (Riporto)*

Materiali di riporto antropico costituiti da ghiaia poligenica da angolare ad arrotondata, sabbia generalmente sciolta o poco addensata in matrice limosa, limi sabbiosi o con sabbia e rara ghiaia. Localmente si rinvencono ciottoli, resti vegetali e laterizi. Talora il riporto è costituito da calcestruzzo o asfalto e raramente sono stati rinvenuti plastica, ferro, vetro e legno.

### *Unità Fi (Fluviale incoerente)*

Ghiaia eterometrica e poligenica da arrotondata ad angolare (diametro max 6-7cm), spesso con sabbia e localmente con ciottoli. Talora in matrice sabbiosa da debolmente limosa a limosa. Localmente sono presenti grossi ciottoli e blocchi decimetrici. Sabbia e sabbia con ghiaia eterometrica e poligenica da arrotondata ad angolare sciolta con rari ciottoli centimetrici in debole matrice limosa di colore grigio.

Localmente il materiali presentano patine di alterazione di colore biancastro, arancio e verdastro. Si segnala che all'interno di tale unità si possono rinvenire lenti di spessore variabile da centimetrico a metrico di materiali sabbioso limosi e limoso sabbiosi, talora limoso argillosi.

Costituiscono i depositi fluviali ghiaiosi e sabbiosi costituenti i principali fondovalle sulle aste principali e sui corsi d'acqua tributari (depositi fluvio-torrentizi).

Unità litotecnica prevalentemente incoerente, corrispondente in carta geologica alle unità: UID/h, CSN/3b, CSN/2b, AFR/2b. Età: Olocene – Attuale

### *Unità Fc (Fluviale coesivo)*

Limo sabbioso, talora debolmente argilloso, debolmente addensato, generalmente di colore grigio scuro-nerastro. Localmente si possono rinvenire livelli di spessore centimetrico di sabbia e rara ghiaia centimetrica poligenica da arrotondata ad angolare di colore marrone-verdastro.

Costituiscono i depositi fluviali prevalentemente siltosi e siltoso-sabbiosi costituenti i principali fondovalle sulle aste principali e sui corsi d'acqua tributari.



Unità litotecnica prevalentemente coesiva, in orizzonti e lenti isolate all'interno di Fi. *Età: Olocene - Attuale*

Per una rappresentazione dettagliata ed una corretta interpretazione della stratigrafia dell'area, si rimanda agli elaborati relativi ai profili geologico-tecnici a corredo del presente studio, dove sono individuati i rapporti geometrici tra le unità precedentemente descritte e viene inoltre fornita indicazione del livello medio presunto di falda, in riferimento alle risultanze del monitoraggio piezometrico ad oggi disponibili.

	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA</b>  <b>REALIZZAZIONE OPERE STRADALI PER SOPPRESSIONE</b> <b>PL KM 35+570 e KM 36+540</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA NT01	LOTTO 02	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE001 001	REV. A	FOGLIO 34 di 59

## 10 SISMICITÀ

### 10.1 Inquadramento regionale

Il territorio regionale piemontese è circondato a nord, ad ovest e a sud dal sistema alpino occidentale, catena collisionale originatasi a partire dal Cretaceo per lo scontro fra le placca Europea ed Adriatica. Il contesto tettonico ed i regimi geodinamici tutt'ora attivi portano la regione ad essere interessata da una sensibile attività sismica, generalmente modesta come intensità, ma notevole come frequenza. I terremoti si manifestano principalmente lungo due direttrici che riflettono chiaramente l'assetto tettonico regionale essendo quasi coincidenti, entro un ragionevole margine di distribuzione, l'uno con il fronte Pennidico e l'altro con il limite fra le unità pennidiche e la pianura padana.

Osservando infatti la localizzazione degli epicentri dei terremoti registrati dalla rete sismica si nota chiaramente una distribuzione dispersa lungo due direttrici principali:

una segue la direzione dell'Arco Alpino occidentale nella sua parte interna, in corrispondenza del massimo gradiente orizzontale della gravità;

l'altra più dispersa segue l'allineamento dei massicci cristallini esterni in corrispondenza del minimo gravimetrico delle alpi Occidentali francesi.

Le due direttrici convergono nella zona del Cuneese, per riaprirsi a ventaglio verso la costa interessando il Nizzardo e l'Imperiese.

### 10.2 Inquadramento normativo

A seguito dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante 'Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica', è stata introdotta una nuova classificazione sismica del territorio nazionale articolata in 4 zone, le prime tre delle quali corrispondono dal punto di vista della relazione con gli adempimenti previsti dalla Legge 64/74 alle zone di sismicità alta ( $S=12$ ), media ( $S=9$ ) e bassa ( $S=6$ ), mentre per la zona 4, di nuova introduzione, si dà facoltà alla regioni di imporre l'obbligo della progettazione antisismica.

Per quanto riguarda la Regione Piemonte si sono aggiunti ai 41 comuni posti in II categoria ai sensi della vecchia classificazione (D.M. n° 82 del 4 febbraio 1982), 168 nuovi comuni in zona 3 distribuiti fra le province del Verbano Cusio Ossola (VCO), di Cuneo (CN) e di Alessandria (AL). Viene anche

introdotta, con la nuova normativa, un riferimento agli intervalli di accelerazione orizzontale, con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g/g$ ), attesi per ogni zona.

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 sono stati approvati i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone, nonché la mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale.

Con la Deliberazione della Giunta Regionale 19 gennaio 2010, n. 11-13058, in vigore a partire del 01/01/2012, sulla base di uno specifico studio realizzato dal Politecnico di Torino in collaborazione con il centro di competenza Eucentre di Pavia, si è provveduto all'aggiornamento ed adeguamento dell'elenco delle zone sismiche.

I Comuni piemontesi vengono a ricadere in tre zone: la zona sismica 3S comprende i 41 comuni già classificati in zona sismica 2 dalla DGR n. 61 - 11017 del 17 novembre 2003, non più in vigore, cui si aggiungono il comune di Limone Piemonte in Provincia di Cuneo ed i comuni di Baceno e Crodo in Provincia del Verbano-Cusio-Ossola, per complessivi 44 comuni; la zona sismica 3 comprende 365 comuni mentre la zona sismica 4 comprende i restanti 797 comuni.

Inoltre, a seguito dell'entrata in vigore il 1° luglio 2009 del Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 (approvazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni"), viene resa obbligatoria la progettazione antisismica per tutto il Piemonte.

Nella seguente Tabella 5 è riportato il quadro riassuntivo della classificazione sismica dei comuni interessati dagli interventi in progetto (per maggiori approfondimenti si veda [www.regione.piemonte.it](http://www.regione.piemonte.it) e [www.arpa.piemonte.it](http://www.arpa.piemonte.it)).

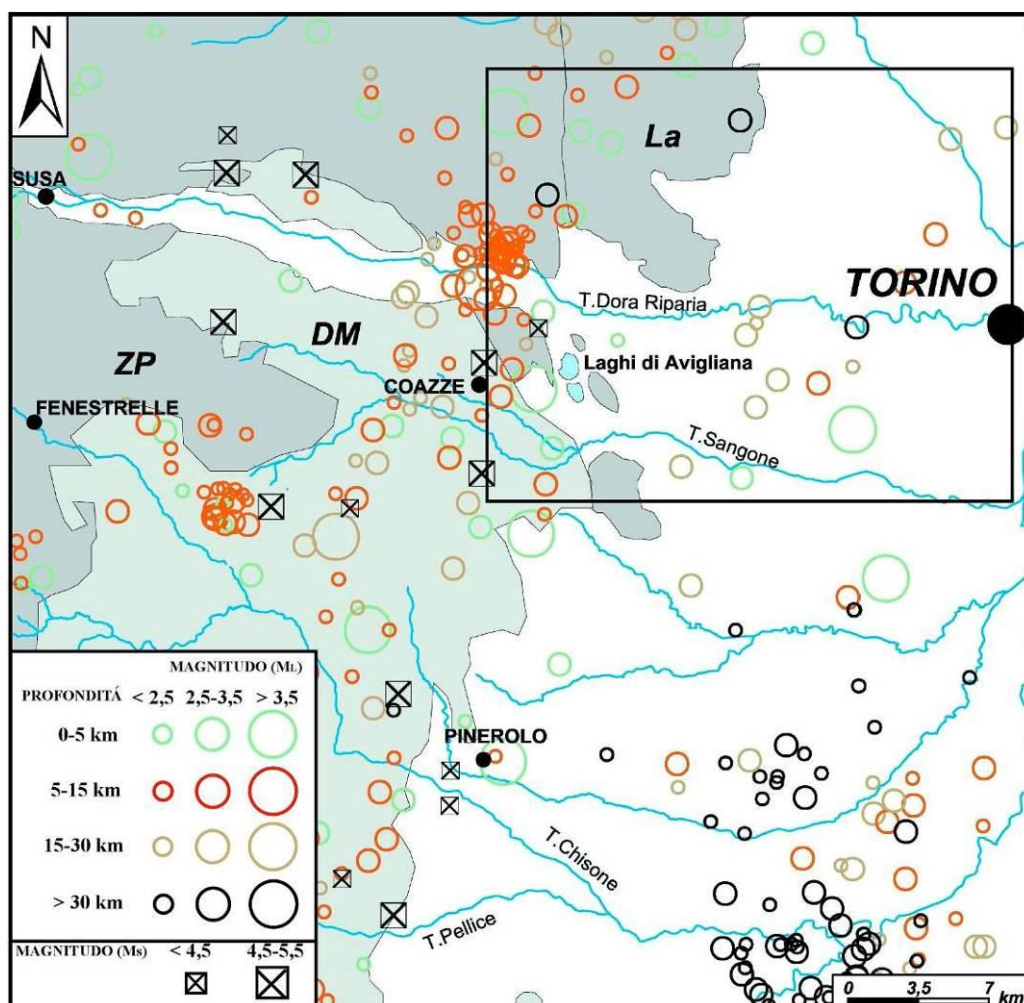
Comune	Zonazione ai sensi del DM 4/02/1982	Zonazione ai sensi dell'ordinanza PCM 3274/2003	Zonazione ai sensi della DGR 19/01/2010, n. 11- 13058
Bruzolo	Non classificato	Zona 3	Zona 3
Chiusa di San Michele	Non classificato	Zona 3	Zona 3

**Tabella 5. Classificazione sismica dei comuni interessati dal tracciato di progetto**

### 10.3 Inquadramento del tracciato di progetto

Facendo riferimento a quanto riportato nelle note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 155 "Torino Ovest", l'area in oggetto è caratterizzata da una sismicità strumentale di basso grado ( $M_L < 3$ ). I dati ricavati dalla rete sismica dell'Italia Nord-Occidentale (R.S.N.I.) tra il 1985 ed il 2002 evidenziano una forte concentrazione degli epicentri dei terremoti strumentali nel settore occidentale del Foglio, in corrispondenza della bassa Valle di Susa.

La Figura 12, in cui sono riportati solo gli epicentri con errore di localizzazione inferiore ai 10 km, evidenzia un allineamento di eventi sismici nel settore interno delle Alpi Cozie lungo una direttrice media Nord-Sud (noto in letteratura come "arco sismico piemontese", EVA et alii, 1990) che si estende dalla Valle di Lanzo fino alla Val Maira. La profondità degli ipocentri dei terremoti lungo questo allineamento non supera mediamente i 15 km mentre spostandosi nel settore di pianura, tra la Val Chisone e la Val Pellice, si raggiungono bruscamente profondità superiori ai 30 km.



	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA</b>  <b>REALIZZAZIONE OPERE STRADALI PER SOPPRESSIONE</b> <b>PL KM 35+570 e KM 36+540</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA NT01	LOTTO 02	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE001 001	REV. A	FOGLIO 37 di 59

Figura 12. Distribuzione della sismicità strumentale e storica nel settore interno delle Alpi Cozie. Gli epicentri strumentali sono rappresentati dai cerchi vuoti mentre i terremoti storici sono rappresentati come quadrati crociati neri. Il riquadro nero indica l'estensione del Foglio Torino Ovest. DM: Unità Dora-Maira; ZP: Zona Piemontese; La: Complesso Ultrabásico di Lanzo.

Anche l'analisi dei terremoti storici più rilevanti, ricavati dal Catalogo sismico NT4.1 (CAMASSI & STUCCHI, 1997), evidenzia un allineamento circa Nord-Sud coincidente con quello dei terremoti strumentali. La magnitudo di tali eventi (MS) non supera 5,5.

Sebbene allo stato attuale delle conoscenze non sia possibile stabilire con certezza le sorgenti sismogenetiche, si può osservare come la sismicità bordi le principali zone di taglio regionali ad andamento N-S, quale la linea Viù-Locana, un importante dislocazione duttile a direzione media N-S di lunghezza pluri-chilometrica riattivata a livelli crostali superficiali in condizioni fragili (PERRONE, 2006).

#### 10.4 Sismicità e magnitudo storica

In generale per il territorio attraversato dall'infrastruttura in oggetto sono storicamente documentate numerose scosse sismiche, molte delle quali sono attribuibili a eventi sismici con aree epicentrali esterne al territorio di interesse. Non mancano tuttavia sismi riconducibili invece ad eventi locali e connessi da un punto di vista strutturale a movimenti del settore delle Alpi Cozie.

L'analisi storica degli eventi sismici non deriva da misure strumentali, bensì fa riferimento, per la maggior parte, a testimonianze e documenti scritti relativi ai danni registrati nei vari luoghi in cui il sisma ha fatto sentire maggiormente i suoi effetti. Per tali motivi è in genere possibile segnalare come epicentro del sisma solo il centro abitato da cui provengono le notizie dei maggiori danni, così come spesso, data la varietà dei sistemi di riferimento orari esistenti prima della nascita dello Stato Nazionale, è assai difficoltoso ricostruire il momento reale dell'evento. Allo stesso modo, mancando nella maggior parte dei casi dati strumentali relativi alla magnitudo, per la valutazione dell'intensità dei terremoti storici si usa far riferimento alla scala Mercalli-Càncani-Sieberg, mentre risulta pressoché impossibile riferirsi alla scala Richter.

Al fine di meglio inquadrare dal punto di vista della sismicità il territorio attraversato, nelle seguenti tabelle e figure si riporta un breve riepilogo delle osservazioni macrosismiche di terremoti al di sopra della soglia del danno che hanno interessato storicamente i comuni attraversati dall'infrastruttura in progetto.

Nello specifico, le informazioni riportate di seguito derivano dalla consultazione del Data Base Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15 - <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>), utilizzato per la

compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPT115<sup>[1]</sup> (Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia).

Pertanto, nelle successive tabelle si intende:

Int.: intensità nella località (MCS);

NMDP: numero di osservazioni macrosismiche del terremoto;

Io: intensità epicentrale (MCS);

Mw: magnitudo momento.

<sup>1</sup> Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPT115, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPT115>.



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1884	11	27	22	15		Alpi Cozie	63	6-7	5,17
6	1887	02	23	05	21	50.00	Liguria occidentale	1511	9	6,27
3	1905	04	29	01	46	45.00	Haute-Savoie, Vallorcine	267	7-8	5,1
6-7	1914	10	26	03	43	22.00	Torinese	63	7	5,24
3	1914	10	26	16	22		Torinese	4	3	4,46
4	1914	10	27	01	12		Torinese	5	4	4,74
5	1927	12	11	15	49		Val di Susa	13	5	4,36
4-5	1930	08	30	20	35		Val di Susa	4	4-5	3,93
5	1955	05	07	02	29	46.00	Val di Susa	13	5	4,16
5	1969	10	09	03	31	36.00	Val di Susa	36	5	4,25
6	1980	01	05	14	32	26.00	Torinese	120	6-7	4,82
5	1990	02	11	07	00	38.00	Torinese	201	6	4,69
NF	1991	02	11	15	43	43.10	Briançonnais	72		4,33
3	1995	11	21	04	04	34.57	Torinese	64	5-6	4,07
NF	2000	08	21	17	14		Monferrato	595	6	4,94
3-4	2005	06	12	21	16	14.20	Val di Susa	102	5	3,79
4-5	2011	07	25	12	31	20.46	Torinese	105	5	4,67

Tabella 6. Storia sismica del Comune di Avigliana [45.079, 7.397]

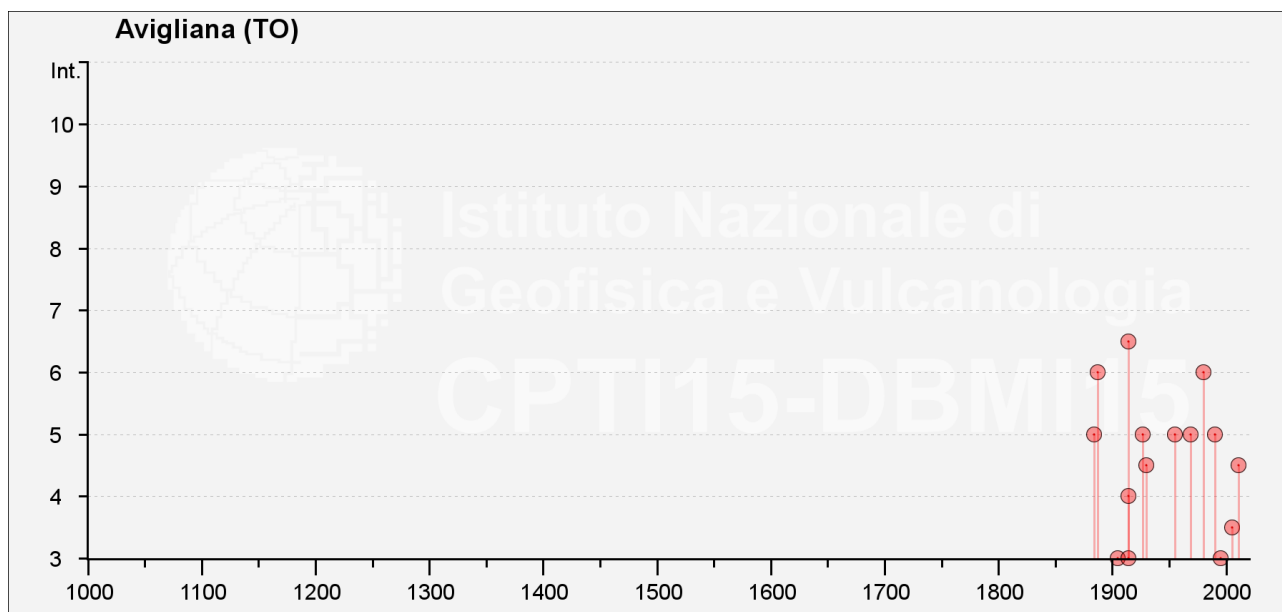


Figura 13. Grafico della storia sismica del Comune di Avigliana [45.079, 7.397]

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	1886	09	05				Torinese	101	7	5,22
4-5	1887	02	23	05	21	50.00	Liguria occidentale	1511	9	6,27
7	1914	10	26	03	43	22.00	Torinese	63	7	5,24
4	1930	08	30	20	35		Val di Susa	4	4-5	3,93
NF	1991	02	11	15	43	43.10	Briançonnais	72		4,33
5	1995	11	21	04	04	34.57	Torinese	64	5-6	4,07
4-5	2005	06	12	21	16	14.20	Val di Susa	102	5	3,79
5	2011	07	25	12	31	20.46	Torinese	105	5	4,67

Tabella 7. Storia sismica del Comune di Sant'Ambrogio di Torino [45.098, 7.362]

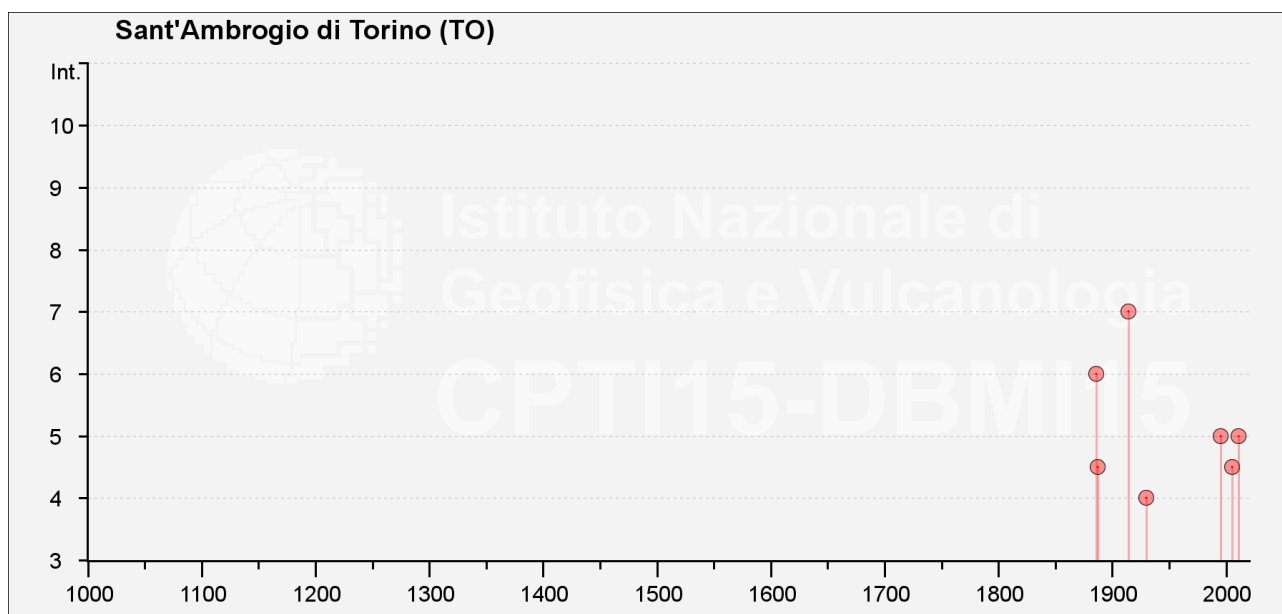


Figura 14. Grafico della storia sismica del Comune di Sant'Ambrogio di Torino [45.098, 7.362]

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1886	09	05				Torinese	101	7	5.22
4	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
6	1980	01	05	14	32	2	Torinese	120	6-7	4.82
4-5	2005	06	12	21	16	1	Val di Susa	102	5	3.79
NF	2005	09	08	11	27	1	Massif du Mont-Blanc	281		4.44
5	2011	07	25	12	31	2	Torinese	105	5	4.67

Tabella 8. Storia sismica del Comune di Chiusa di San Michele [45.102, 7.327]

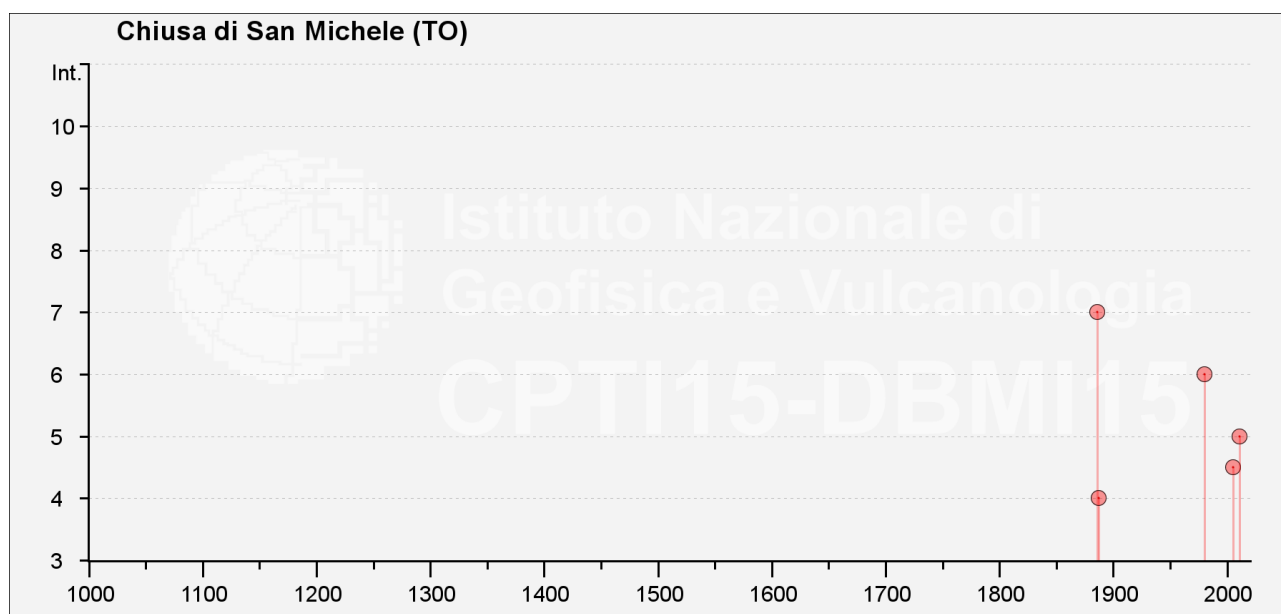


Figura 15. Grafico della storia sismica del Comune di San Michele [45.102, 7.327]

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1886	09	05				Torinese	101	7	5.22
4	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
6	1980	01	05	14	32	2	Torinese	120	6-7	4.82
4-5	2005	06	12	21	16	1	Val di Susa	102	5	3.79
NF	2005	09	08	11	27	1	Massif du Mont-Blanc	281		4.44
5	2011	07	25	12	31	2	Torinese	105	5	4.67

Tabella 9. Storia sismica del Comune di Vaie [45.101, 7.291]

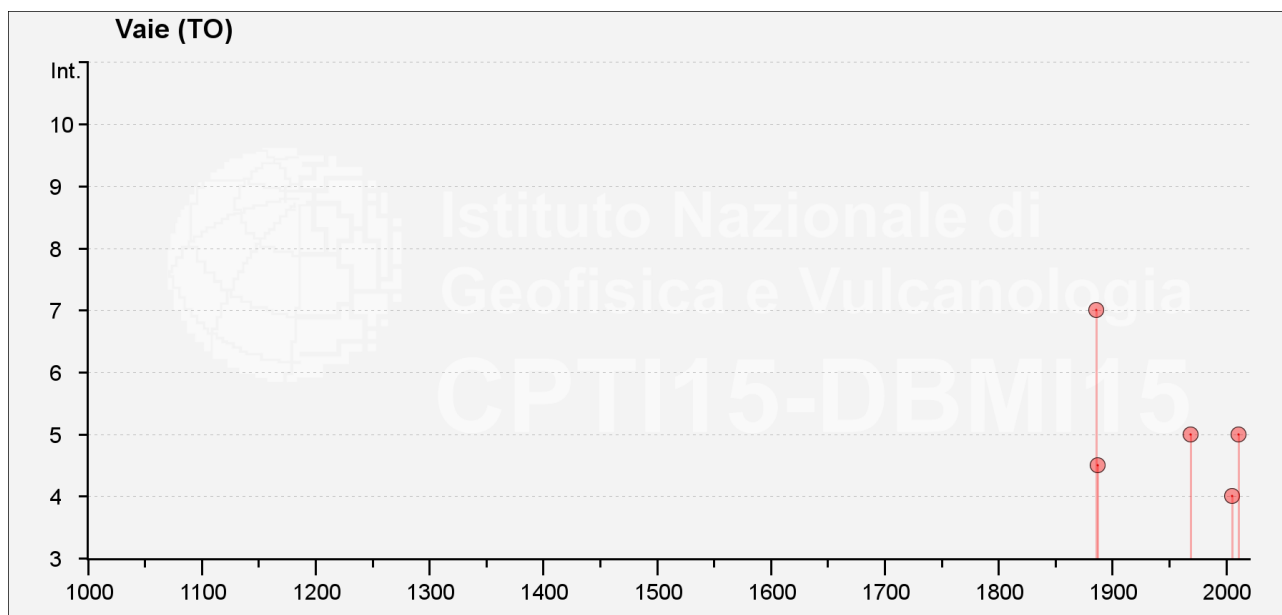


Figura 16. Grafico della storia sismica del Comune di Vaie [45.101, 7.291]

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1955	05	07	02	29	46.00	Val di Susa	13	5	4,16
5-6	1980	01	05	14	32	26.00	Torinese	120	6-7	4,82
4	1990	02	11	07	00	38.00	Torinese	201	6	4,69
3	1991	02	11	15	43	43.10	Briançonnais	72		4,33
NF	2000	08	21	17	14		Monferrato	595	6	4,94
5	2005	06	12	21	16	14.20	Val di Susa	102	5	3,79
NF	2005	09	08	11	27	17.50	Massif du Mont-Blanc	281		4,44

Tabella 10. Storia sismica del Comune di Borgone Susa [45.122, 7.238]

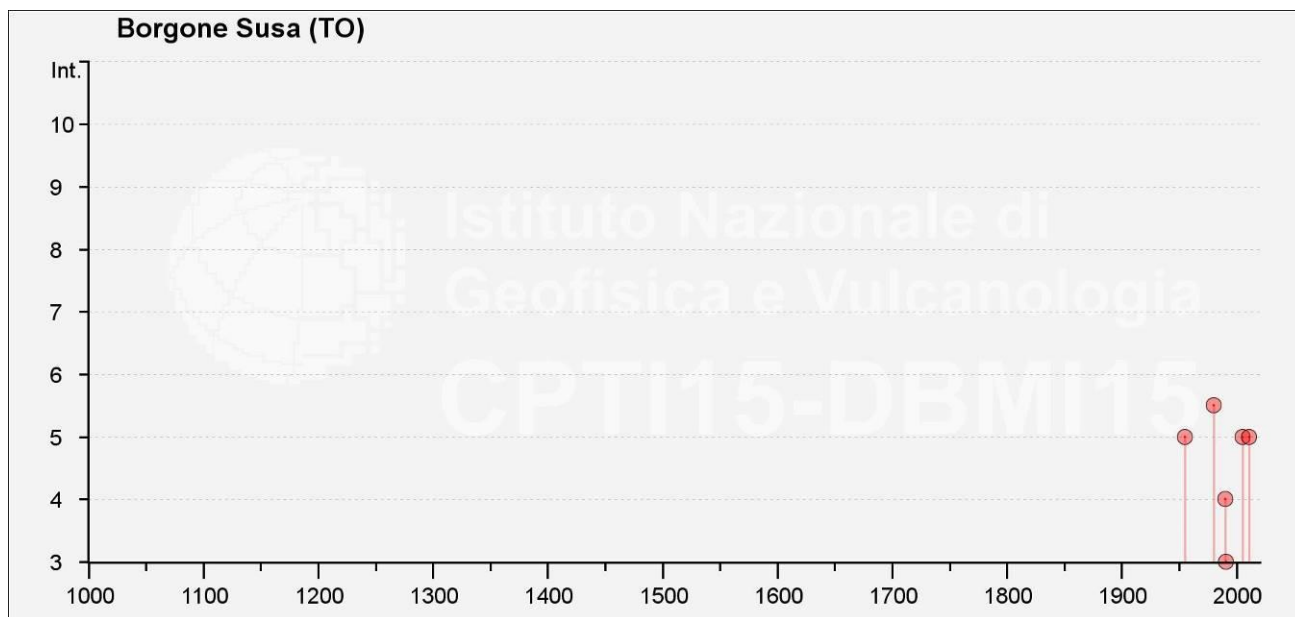


Figura 17. Grafico della storia sismica del Comune di Borgone Susa [45.122, 7.238]

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	1887	02	23	05	21	50.00	Liguria occidentale	1511	9	6,27
5	1990	02	11	07	00	38.00	Torinese	201	6	4,69
3	1991	02	11	15	43	43.10	Briançonnais	72		4,33
NF	2000	08	21	17	14		Monferrato	595	6	4,94
5	2011	07	25	12	31	20.46	Torinese	105	5	4,67

Tabella 11. Storia sismica del Comune di Sant'Antonino di Susa [45.107, 7.275]

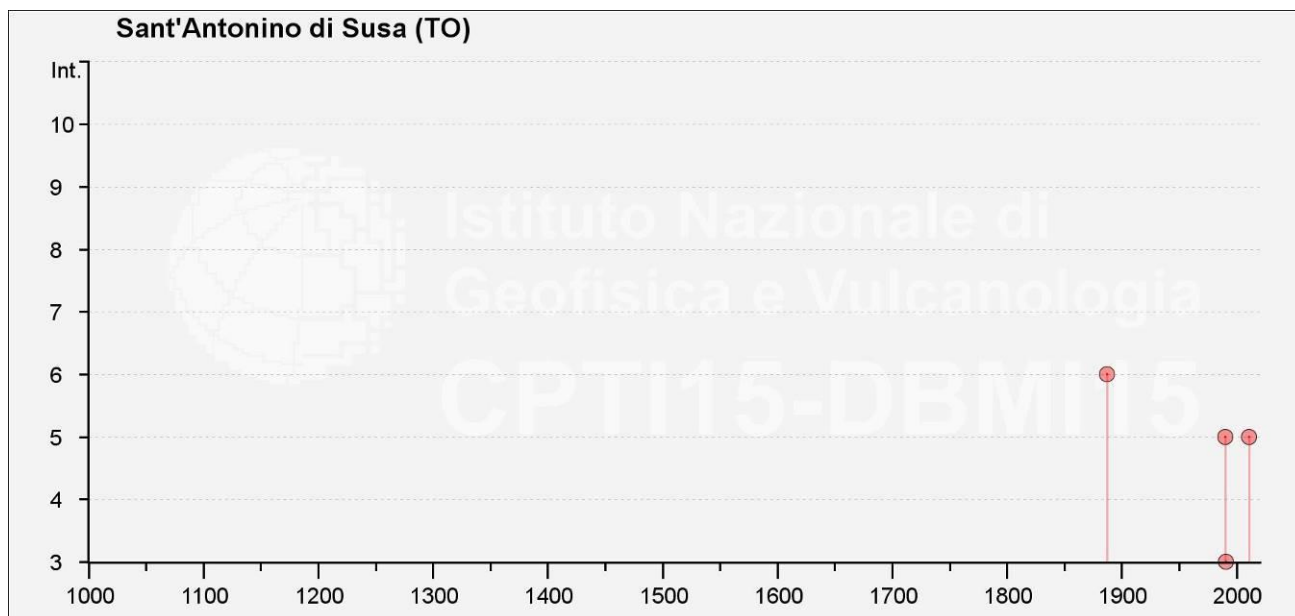


Figura 18. Grafico della storia sismica del Comune di Sant'Antonino di Susa [45.107, 7.275]



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1887	02	23	05	21	50.00	Liguria occidentale	1511	9	6,27
3-4	2005	06	12	21	16	14.20	Val di Susa	102	5	3,79
2	2005	09	08	11	27	17.50	Massif du Mont-Blanc	281		4,44

Tabella 12. Storia sismica del Comune di San Didero [45.134, 7.215]

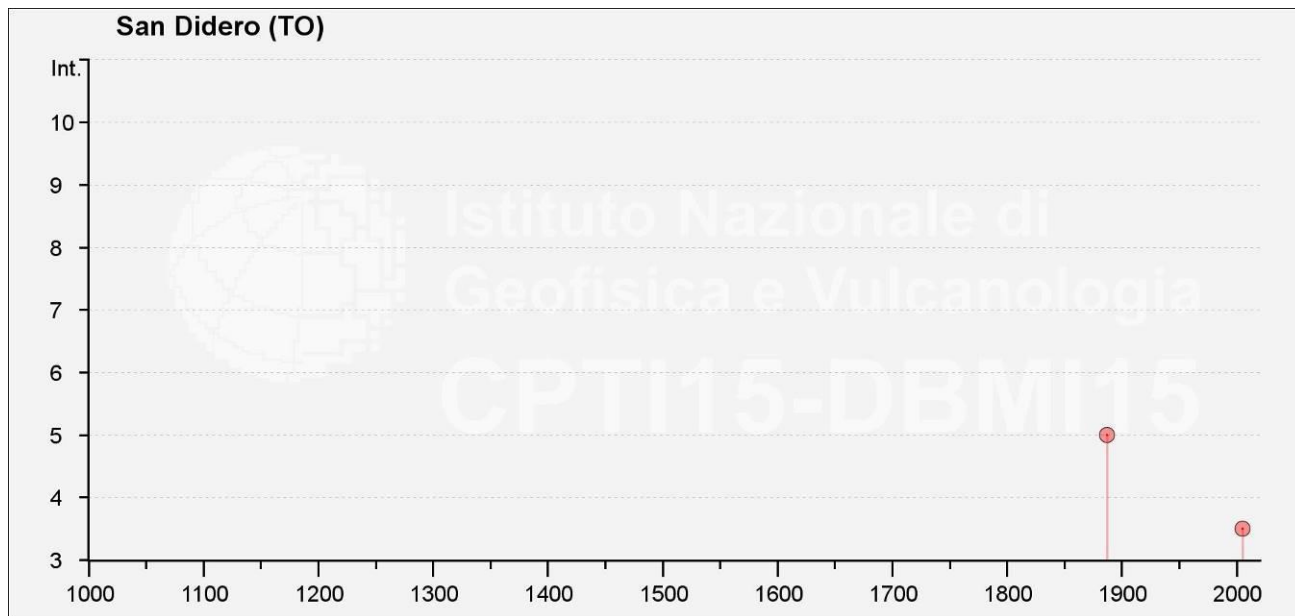


Figura 19. Grafico della storia sismica del Comune di San Didero [45.134, 7.215]

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
6	1914	10	26	03	43	2	Torinese	63	7	5.24
NF	1991	02	11	15	43	4	Briançonnais	72		4.33
4-5	2005	06	12	21	16	1	Val di Susa	102	5	3.79
3	2005	09	08	11	27	1	Massif du Mont-Blanc	281		4.44

Tabella 13. Storia sismica del Comune di Bruzolo [45.142, 7.195]

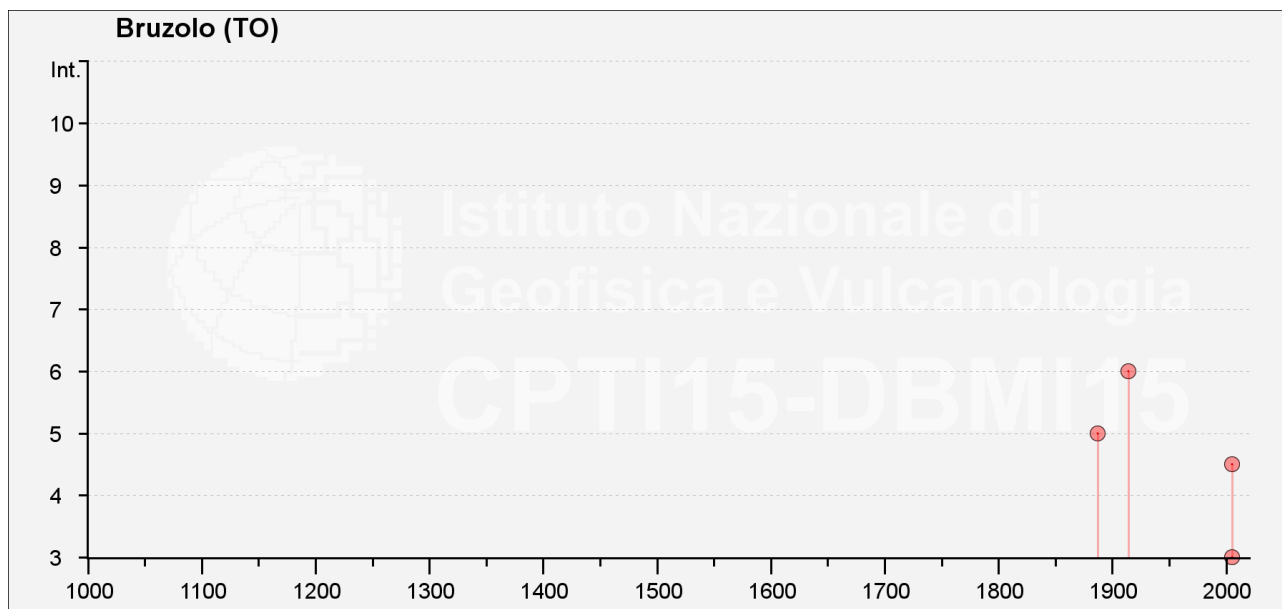


Figura 20. Grafico della storia sismica del Comune di Bruzolo [45.142, 7.195]

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	1887	02	23	05	21	50.00	Liguria occidentale	1511	9	6,27
3	1991	02	11	15	43	43.10	Briançonnais	72		4,33
4	2005	06	12	21	16	14.20	Val di Susa	102	5	3,79
3-4	2005	09	08	11	27	17.50	Massif du Mont-Blanc	281		4,44

Tabella 14. Storia sismica del Comune di Chianocco [45.148, 7.169]

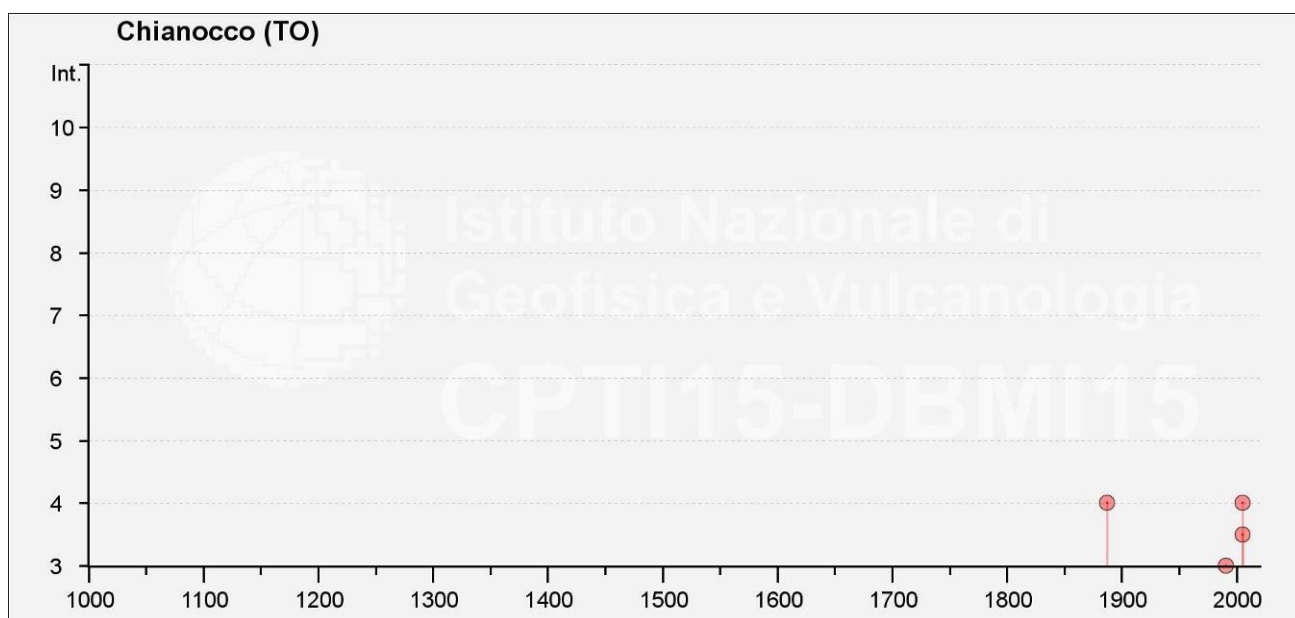


Figura 21. Grafico della storia sismica del Comune di Chianocco [45.148, 7.169]

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	1887	02	23	05	21	50.00	Liguria occidentale	1511	9	6,27
F	1892	03	05				Valle d'Aosta	86	7	4,98
5	1901	03	29	07	05		Val di Susa	8	5	4,28
3	1901	05	25	03	59	20.00	Piemonte centro-merid.	35	5	4,5
3	1904	07	12	05	31		Briançonnais	32	7	5,08
4	1905	04	29	01	46	45.00	Haute-Savoie, Vallorcine	267	7-8	5,1
NF	1905	05	30	04	55		Cuneese	121	5-6	4,65

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
F	1909	10	05	01	10		Val Pellice	23	5	4,25
6-7	1914	10	26	03	43	22.00	Torinese	63	7	5,24
5	1918	09	28	17	34		Val di Susa	4	4-5	3,93
4	1938	12	23	17	37	47.00	Canavese	28	5	4,22
5	1943	05	22	19	03		Val di Susa	3	4	3,7
2	1960	03	23	23	10		Vallese	178	7	5
4-5	1980	01	05	14	32	26.00	Torinese	120	6-7	4,82
4	1990	02	11	07	00	38.00	Torinese	201	6	4,69
3	1991	02	11	15	43	43.10	Briançonnais	72		4,33
NF	2000	08	21	17	14		Monferrato	595	6	4,94
4-5	2005	06	12	21	16	14.20	Val di Susa	102	5	3,79
NF	2005	09	08	11	27	17.50	Massif du Mont-Blanc	281		4,44
4-5	2011	07	25	12	31	20.46	Torinese	105	5	4,67

Tabella 15. Storia sismica del Comune di Bussoleno [45.139, 7.148]

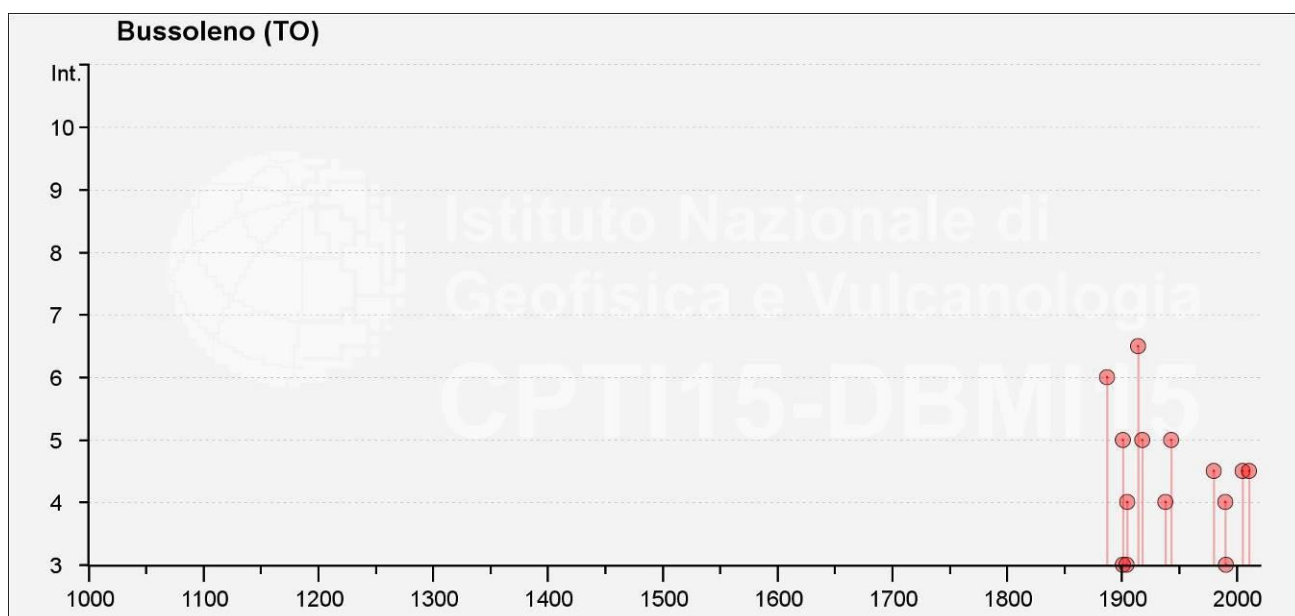


Figura 22. Grafico della storia sismica del Comune di Bussoleno [45.139, 7.148]

## 10.5 Magnitudo massima attesa da ZS9

In base alla zonazione sismogenetica ZS9 del territorio nazionale (Rapporto conclusivo 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, che sostituisce la precedente zonazione sismogenetica ZS4, per il territorio attraversato dall'infrastruttura in progetto di adeguamento, la zona sismogenetica di riferimento risulta essere l'area denominata 908 (ricadente entro il settore di Arco Alpino) che, unitamente alla zona 909, disegna l'arco alpino occidentale. Si tratta di due zone disposte secondo due fasce parallele all'asse della catena alpina che rispecchiano i meccanismi focali che contraddistinguono le alpi occidentali secondo le due direttrici tettoniche dell'Arco sismico piemontese (zona interna della catena) e dell'Arco sismico brianzonese (zona esterna).

Per la zona sismogenetica 908 gli studi indicano una magnitudo massima attesa  $M_w = 6.14$ .

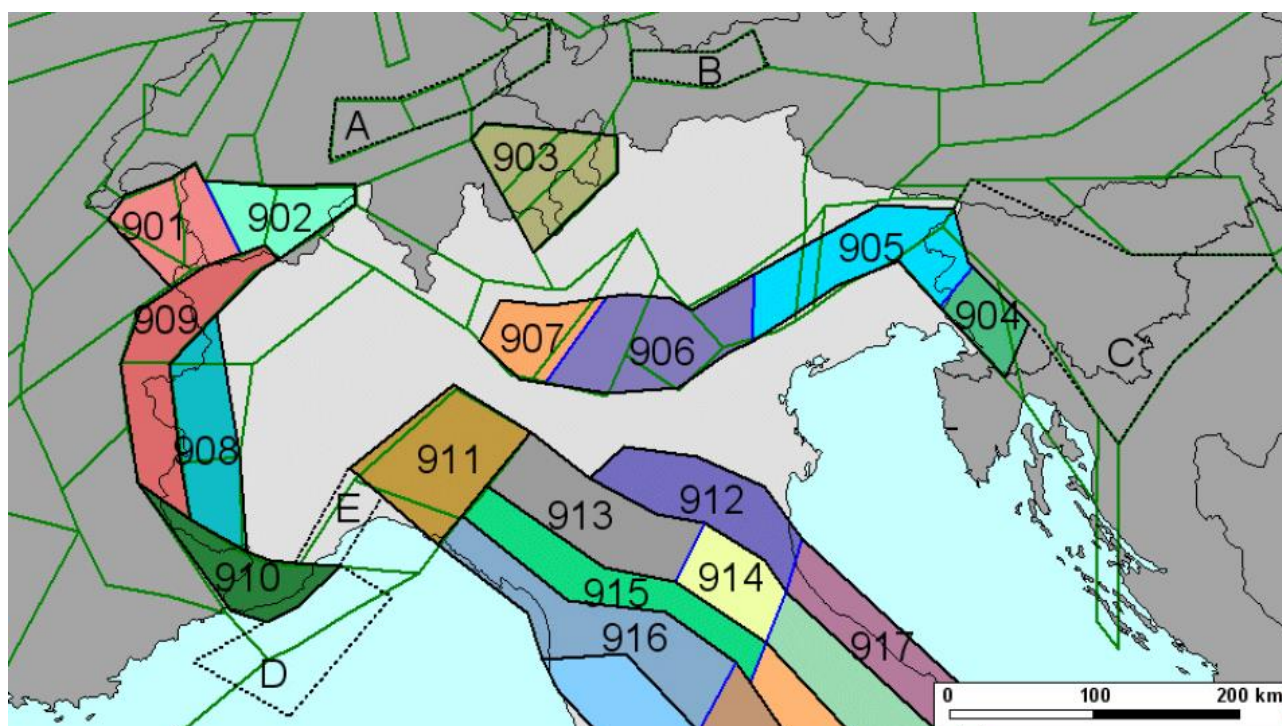


Figura 23. Stralcio della Zonazione sismogenetica ZS9 (da: Meletti e al., 2004).

	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA</b>  <b>REALIZZAZIONE OPERE STRADALI PER SOPPRESSIONE</b> <b>PL KM 35+570 e KM 36+540</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA NT01	LOTTO 02	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE001 001	REV. A	FOGLIO 50 di 59

## 11 AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

Ai sensi del D.M. 14.01.2008 ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e geomorfologiche locali, determinando quindi la corrispondente categoria (o tipo) di suolo nonché le condizioni topografiche del sito di interesse.

### 11.1 Categoria di sottosuolo

Secondo Normativa, l'azione sismica è 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).

L'azione sismica viene valutata sito per sito e costruzione per costruzione.

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  $T_c$  corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro (Allegato B alle NTC)

Ai sensi del D.M. 14.01.2008 ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e geomorfologiche locali, determinando quindi la corrispondente categoria (o tipo) di suolo nonché le condizioni topografiche del sito di interesse.

La determinazione del tipo di suolo, secondo normativa, può essere basata sulla stima dei valori della velocità media di propagazione delle onde di taglio  $v_{s,30}$  entro i primi 30 metri di profondità ovvero sul numero medio di colpi  $N_{SPT,30}$  ottenuti da prove penetrometriche dinamiche nei terreni ovvero sulla coesione non drenata media  $c_{u,30}$ .

Al proposito, a supporto della progettazione definitiva sono state eseguite una serie di indagini geofisiche lungo il tracciato per la caratterizzazione dei terreni su cui realizzare le opere di adeguamento della linea storica.

In particolare, sono stati realizzati n. 30 array sismici composti in linea generale da 24 ricevitori da 4.5 Hz spazati 2.5 metri per un totale di 57.5 metri, mediante i quali sono state effettuate misure sismiche attive (MASW) e al centro di tali stendimenti sono state effettuate anche una prova di sismica passiva (H.V.S.R.) conosciuta anche come "Tecnica Nakamura".

Per i dettagli sulla campagna di indagine geofisica e le metodologie di indagine si rimanda all'apposito elaborato D14500D69IGGE0005001A "Indagini geofisiche", a commento di tale attività di indagine.

Nella seguente Tabella 16 si riportano i valori di velocità equivalente  $v_{s,h}$  di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, o la profondità  $h < 30$  m qualora non siano stati raggiunti i 30 m, e la corrispondente categoria di suolo, determinati dalle prove Masw -HVSr.

**Tabella 16. Velocità equivalente delle onde di taglio e relativa categoria di sottosuolo**

Prova	$V_{s,h}$ da MASW - HVSr	h (metri)	Categoria di suolo
MASW 1 - HVSr 166	554	30	B
MASW 2 - HVSr 167	466	30	B
MASW 3 - HVSr 168	413	30	B
MASW 4 - HVSr 169	404	25	B
MASW 5 - HVSr 170	389	21	B
MASW 6 - HVSr 171	309	19	E
MASW 7 - HVSr 172	361	18	B
MASW 8 - HVSr 173	371	21	B
MASW 8a - HVSr 174	308	30	C
MASW 9 - HVSr 175	334	24	E
MASW 10 - HVSr 183	312	20	E
MASW 11 - HVSr 182	354	30	C
MASW 12 - HVSr 181	390	30	B
MASW 13 - HVSr 184	302	30	C
MASW 14 - HVSr 185	326	27	E
MASW 15 - HVSr 186	416	30	B
MASW 16 - HVSr 187	336	25	E
MASW 17 - HVSr 188	338	30	C
MASW 18 - HVSr 189	327	30	C
MASW 19 - HVSr 190	393	30	B



	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA</b> <b>REALIZZAZIONE OPERE STRADALI PER SOPPRESSIONE</b> <b>PL KM 35+570 e KM 36+540</b>
<b>RELAZIONE GEOLOGICA</b>	<div> <div>COMMESSA NT01</div> <div>LOTTO 02</div> <div>CODIFICA D 69 RG</div> <div>DOCUMENTO GE001 001</div> <div>REV. A</div> <div>FOGLIO 52 di 59</div> </div>

Prova	V <sub>s,h</sub> da MASW - HVSr	h (metri)	Categoria di suolo
MASW 20 - HVSr 191	354	30	C
MASW 21 - HVSr 192	396	30	B
MASW 22 - HVSr 193	416	30	B
MASW 23 - HVSr 194	315	30	C
MASW 24 - HVSr 195	315	30	C
MASW 25 - HVSr 196	427	30	B
MASW 26 - HVSr 197	335	30	C
MASW 27 - HVSr 198	353	30	C
MASW 28 - HVSr 199	351	30	C
MASW 29 - HVSr 200	512	27	B

Nelle figure che seguono si riporta invece l'ubicazione delle prospezioni geofisiche.

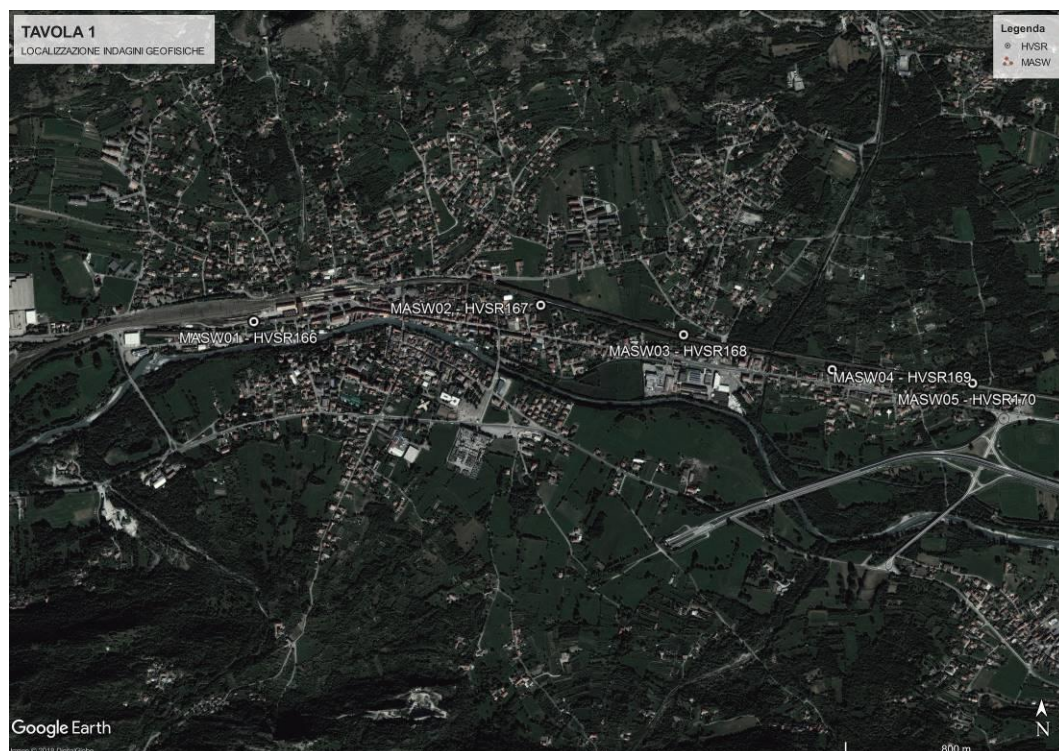


Figura 24. Ubicazione indagini geofisiche – figura 1 di 5





Figura 25. Ubicazione indagini geofisiche – figura 2 di 5



Figura 26. Ubicazione indagini geofisiche – figura 3 di 5





Figura 27. Ubicazione indagini geofisiche – figura 4 di 5

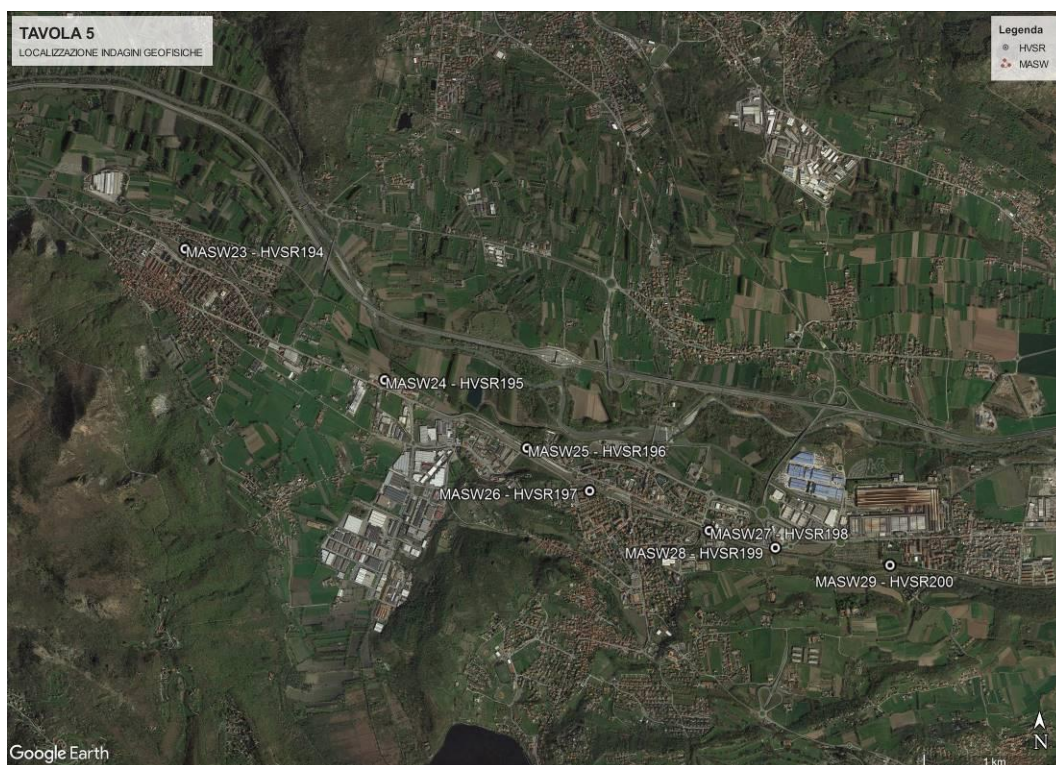


Figura 28. Ubicazione indagini geofisiche – figura 5 di 5

	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA</b>  <b>REALIZZAZIONE OPERE STRADALI PER SOPPRESSIONE</b> <b>PL KM 35+570 e KM 36+540</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA NT01	LOTTO 02	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE001 001	REV. A	FOGLIO 55 di 59

## 11.2 Categoria topografica

Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, essendo gli interventi localizzati in contesto di pianura alluvionale, l'area può essere classificata come categoria T1, "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ".

## 11.3 Valutazione dell'azione sismica di riferimento

L'azione sismica di riferimento è individuata in termini di:

$a_{g,max}$  = accelerazione massima su suolo tipo A, moltiplicata per il fattore di amplificazione S, che dipende dalla categoria del suolo e topografica;

$F_0$  = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima;

$T_c^*$  = periodo di riferimento che consente di calcolare il periodo  $T_c$  corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro.

Con riferimento al D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008, sono stati determinati i parametri sismici di base del territorio interessato dalla realizzazione delle opere in progetto. In particolare, sulla base delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 e dei dati relativi al progetto S1 dell'INGV-DPC, sono stati determinati i valori reticolari dei parametri di riferimento  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$ , relativamente ad un suolo rigido, da utilizzare ai fini della definizione dell'azione sismica delle singole opere.

Per una maggiore definizione, i suddetti parametri sono stati calcolati in riferimento alla griglia del territorio nazionale con passo 0.02 gradi (corrispondenti ad una griglia con maglia circa 2 km x 2 km) fornito dall'INGV (Figura 29).

In Tabella 17 sono stati calcolati i parametri di riferimento del moto sismico su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, corrispondenti ad un tempo di ritorno  $T_R$  pari a 475 anni. I parametri forniti, in funzione di quanto previsto delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, 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.



	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA</b> <b>REALIZZAZIONE OPERE STRADALI PER SOPPRESSIONE</b> <b>PL KM 35+570 e KM 36+540</b>					
	COMMESSA NT01	LOTTO 02	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE001 001	REV. A	FOGLIO 56 di 59
<b>RELAZIONE GEOLOGICA</b>						



Figura 29. Griglia di riferimento (passo 0.02°) per il settore oggetto di studio, con individuazione del tracciato di progetto (in rosso) e dei punti del grigliato entro cui è ricompreso il tracciato (in giallo).

Tabella 17. Parametri di riferimento del moto sismico su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (periodo di ritorno  $T_R = 475$  anni)

ID	Longitudine	Latitudine	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$
83160	7.38010	45.11460	0.1065	2.499	0.261
83710	7.26880	45.08880	0.1298	2.454	0.261
83158	7.32330	45.11170	0.1206	2.458	0.261
83159	7.35170	45.11320	0.1143	2.477	0.261
83156	7.26670	45.10880	0.1293	2.453	0.261
83157	7.29500	45.11030	0.1257	2.455	0.261
83154	7.20990	45.10590	0.1332	2.458	0.262
83155	7.23830	45.10730	0.1317	2.455	0.261
82602	7.26450	45.12890	0.1287	2.453	0.261
82603	7.29290	45.13030	0.1249	2.456	0.261
82600	7.20780	45.12590	0.1329	2.456	0.261
82601	7.23620	45.12740	0.1313	2.454	0.261
82598	7.15100	45.12290	0.1344	2.462	0.263
82599	7.17940	45.12440	0.1339	2.459	0.262

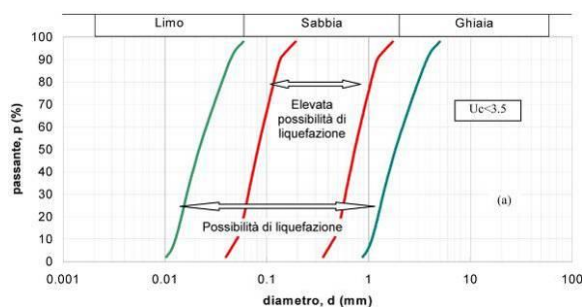
ID	Longitudine	Latitudine	$\alpha_g$	$F_0$	$T_c^*$
82047	7.23410	45.14740	0.1309	2.453	0.261
82597	7.12270	45.12140	0.1347	2.464	0.263
82045	7.17730	45.14450	0.1337	2.458	0.262
82046	7.20570	45.14600	0.1327	2.455	0.261
82043	7.12060	45.14150	0.1346	2.463	0.263
82044	7.14890	45.14300	0.1343	2.460	0.262
84268	7.38420	45.07450	0.1096	2.488	0.261
84269	7.41260	45.07600	0.1011	2.514	0.262
83715	7.41060	45.09600	0.0995	2.521	0.262
84267	7.35580	45.07310	0.1168	2.471	0.261
83713	7.35380	45.09310	0.1156	2.474	0.261
83714	7.38220	45.09460	0.1081	2.493	0.261
83711	7.29720	45.09020	0.1265	2.456	0.261
83712	7.32540	45.09170	0.1217	2.457	0.261

## 12 ANALISI DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE

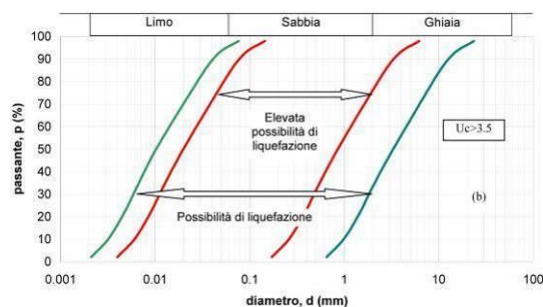
In terreni saturi sabbiosi sollecitati, in condizioni non drenate, da azioni cicliche dinamiche, il termine liquefazione comprende una serie di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche. L'avvenuta liquefazione si manifesta, in presenza di manufatti, attraverso la perdita di capacità portante e/o lo sviluppo di elevati cedimenti e rotazioni.

In base ad D.M. 14/01/2008, la verifica di liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanza:

1. eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti minori di 0.1g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite, con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$ , dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza, determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT), normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa, e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza, determinata in prove penetrometriche statiche (CPT), normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nel grafico a), nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3.5$  e nel grafico b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3.5$ .



a)



b)

In relazione ai siti di progetto, alle condizioni geologico stratigrafiche locali e alle caratteristiche geotecniche dei terreni in sito, non è possibile omettere la verifica a liquefazione, non ricorrendo alcuna delle circostanze sopra elencate. Pertanto, in sede di progettazione geotecnica-sismica delle



opere, dovranno essere sviluppate opportune analisi ai fini della valutazione della suscettività dei terreni in sito al fenomeno della liquefazione.

In particolare, dalle stratigrafie di sondaggio disponibili (vedi in allegato), si segnala la presenza di orizzonti metrici di limi sabbiosi e/o sabbie limose sotto falda caratterizzate da valori di resistenza penetrometrica molto bassi.