

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



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

**PROGETTO DEFINITIVO**

**LINEA MODANE-TORINO**

**ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA**

**REALIZZAZIONE SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE NELLE LOCALITA' DI BORGONE E AVIGLIANA**

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA**

SCALA:

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

NT01 05 D 69 RG GE0001 001 B

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	M. Comedini Marzo 2020
B	Emissione Esecutiva	S. Ferro	Marzo 2020	F. Paolucci	Marzo 2020	F. Perrone	Marzo 2020	

File: NT0105D69RGGE0001001B.doc

n. Elab.:

## 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 DEGLI INTERVENTI .....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI.....</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>GEOLOGIA .....</b>	<b>11</b>
6.1	EVOLUZIONE GEOLOGICA DELL'AREA .....	11
6.1.1	Terziario - Eocene e Miocene.....	11
6.1.2	Terziario - Miocene (Messiniano) .....	11
6.1.3	Terziario - Pliocene .....	12
6.1.4	Quaternario – Pleistocene .....	12
6.2	EVOLUZIONE TETTONICA GENERALE .....	13
6.3	EVOLUZIONE STRUTTURALE ALPINA.....	15
6.3.1	Evento Eoalpino (Cretaceo – Paleocene).....	15
6.3.2	Evento Mesoalpino (Eocene – Oligocene inferiore).....	16
6.3.3	Magmatismo Periadriatico (Oligocene) .....	17
6.3.4	Evento Neoalpino (Miocene – attuale) .....	18
6.4	CENNI SULLA NEOTETTONICA .....	19
6.5	ASSETTO LITOLOGICO-STRATIGRAFICO GENERALE.....	19
6.5.1	Successione quaternaria .....	21
6.6	LITOLOGIA E STRATIGRAFIA PRESENTE NELLE AREE DELLE SSE.....	21
<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	Ricostruzione dell'andamento delle isofreatiche .....	25
7.2.2	Caratterizzazione idrogeologica dei terreni .....	27
7.3	MONITORAGGIO PIEZOMETRICO.....	29
<b>8</b>	<b>VALUTAZIONE RISCHI .....</b>	<b>32</b>
8.1	RISCHIO GEOLOGICO .....	32
8.2	RISCHIO GEOMORFOLOGICO .....	32
8.3	RISCHIO IDROGEOLOGICO .....	32
<b>9</b>	<b>MODELLO GEOLOGICO LOCALE .....</b>	<b>33</b>
<b>10</b>	<b>SISMICITÀ.....</b>	<b>35</b>
10.1	INQUADRAMENTO REGIONALE .....	35
10.2	CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	35
10.3	INQUADRAMENTO DEL TRACCIATO DI PROGETTO .....	36
10.4	SISMICITÀ E MAGNITUDO STORICA .....	38

10.5	MAGNITUDO MASSIMA ATTESA DA ZS9 .....	40
<b>11</b>	<b>AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>42</b>
11.1	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO .....	42
11.2	CATEGORIA TOPOGRAFICA .....	48
11.3	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO .....	48
<b>12</b>	<b>ANALISI DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE .....</b>	<b>51</b>

## ELENCO DELLE FIGURE

FIGURA 1.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO (SU FOTO GOOGLE EARTH) .....	8
FIGURA 2.	PALEOGEOGRAFIA CLASSICA DELLA TETIDE ALPINO-OCIDENTALE, 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. ....	13
FIGURA 3.	EVOLUZIONE DELLA CATENA ALPINA (IN GIARDINO & MOTTA, 2007) .....	14
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. ....	16
FIGURA 6.	POSSIBILE RELAZIONE GEOMETRICA TRA IL FRONTE COMPRESSIONALE 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 FONDOVALLE SUSÀ .....	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.	ANDAMENTO NEL TEMPO DEL LIVELLO PIEZOMETRICO PER IL PIEZOMETRO PNNT01F05 (SSE BORGONE) .....	31
FIGURA 13.	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 14.	GRAFICO DELLA STORIA SISMICA DEL COMUNE DI AVIGLIANA [45.079, 7.397] .....	39
FIGURA 15.	GRAFICO DELLA STORIA SISMICA DEL COMUNE DI BORGONE SUSÀ [45.122, 7.238] .....	40
FIGURA 16.	STRALCIO DELLA ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9 (DA: MELETTI E AL., 2004). ....	41
FIGURA 17.	UBICAZIONE INDAGINI GEOFISICHE – FIGURA 1 DI 5 .....	45
FIGURA 18.	UBICAZIONE INDAGINI GEOFISICHE – FIGURA 2 DI 5 .....	45
FIGURA 19.	UBICAZIONE INDAGINI GEOFISICHE – FIGURA 3 DI 5 .....	46
FIGURA 20.	UBICAZIONE INDAGINI GEOFISICHE – FIGURA 4 DI 5 .....	46
FIGURA 21.	UBICAZIONE INDAGINI GEOFISICHE – FIGURA 5 DI 5 .....	47
FIGURA 22.	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). ....	49

## ELENCO DELLE TABELLE

TABELLA 1. SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE DI BORGONE E AVIGLIANA: ELENCO ELABORATI. ....	5
TABELLA 3. ELENCO DEI SONDAGGI ESEGUITI NELLA CAMPAGNA ITAFERR 2018 .....	10
TABELLA 4. RISULTATI DELLE PROVE LEFRANC REALIZZATE NEL CORSO DELLA CAMPAGNA INDAGINI ITAFERR 2018. ....	28
TABELLA 5. RIEPILOGO DELLE MISURE EFFETTUATE PER IL PIEZOMETRO PNNT01F05 (SSE BORGONE). ....	30
TABELLA 6. STORIA SISMICA DEL COMUNE DI AVIGLIANA [45.079, 7.397]. ....	39
TABELLA 7. STORIA SISMICA DEL COMUNE DI BORGONE SUSÀ [45.122, 7.238]. ....	40
TABELLA 8. VELOCITÀ EQUIVALENTE DELLE ONDE DI TAGLIO .....	43
TABELLA 9. PARAMETRI DI RIFERIMENTO DEL MOTO SISMICO SU SUOLO RIGIDO CON PROBABILITÀ DI ECCEDEZZA DEL 10% IN 50 ANNI (PERIODO DI RITORNO $T_R = 475$ ANNI). ....	49

## ALLEGATI

SONDAGGI CAMPAGNA 2018

## 1 PREMESSA

La presente relazione è stata redatta a supporto del Progetto Definitivo finalizzato alla realizzazione di sottostazioni elettriche nelle località di Borgone Susa e Avigliana, nella Provincia di Torino.

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 realizzata in sito nei mesi di agosto e settembre 2018.

Nella presente relazione sono 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. Sottostazioni elettriche di Borgone e Avigliana: elenco elaborati.**

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
NT01 05 D 69 G5 GE 0000 001 A	Ubicazione indagini	1:5000
NT01 05 D 69 G5 LZ 0001 001 A	Carta e Profilo geologico e geomorfologico	varie
NT01 05 D 69 G5 LZ 0002 001 A	Carta e Profilo idrogeologico	varie
NT01 05 D 69 PR GE 0005 001 A	Indagini pregresse e/o di Enti Terzi	--
NT01 05 D 69 PR GE 0001 001 A	Prove di laboratorio	--
NT01 05 D 69 IG GE 0000 001 A	Indagini geofisiche	--



**LINEA MODANE-TORINO  
ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-  
AVIGLIANA**

**REALIZZAZIONE SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE NELLE  
LOCALITA' DI BORGONE E AVIGLIANA**

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA  
NT01

LOTTO  
05

CODIFICA  
D 69 RG

DOCUMENTO  
GE001 001

REV.  
B

FOGLIO  
6 di 53

Ai fini del presente studio si è fatto inoltre riferimento alle risultanze delle indagini geognostiche e delle prospezioni geofisiche realizzate ad agosto 2018 a supporto della presente fase progettuale, le cui risultanze sono riportate in allegato al presente documento.

## 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.G.R. n. 11-13058 del 19/01/2010 “Approvazione delle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico attuative della nuova classificazione sismica del territorio piemontese”.
- D.G.R. n. 65-7656 del 21 maggio 2014, “Individuazione dell'ufficio tecnico regionale ai sensi del D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 e ulteriori modifiche e integrazioni alle procedure attuative di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico approvate con D.G.R. 12 dicembre 2011, n. 4-3084”.
- D.G.R. n.6-887 del 30 dicembre 2019, “OPCM 3519/2006. Presa d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, di cui alla D.G.R. del 21 maggio 2014, n. 65- 7656”.
- D.M. 17/01/2018, Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”.
- Circolare 21/01/2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018” .

### 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 Susa, 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.

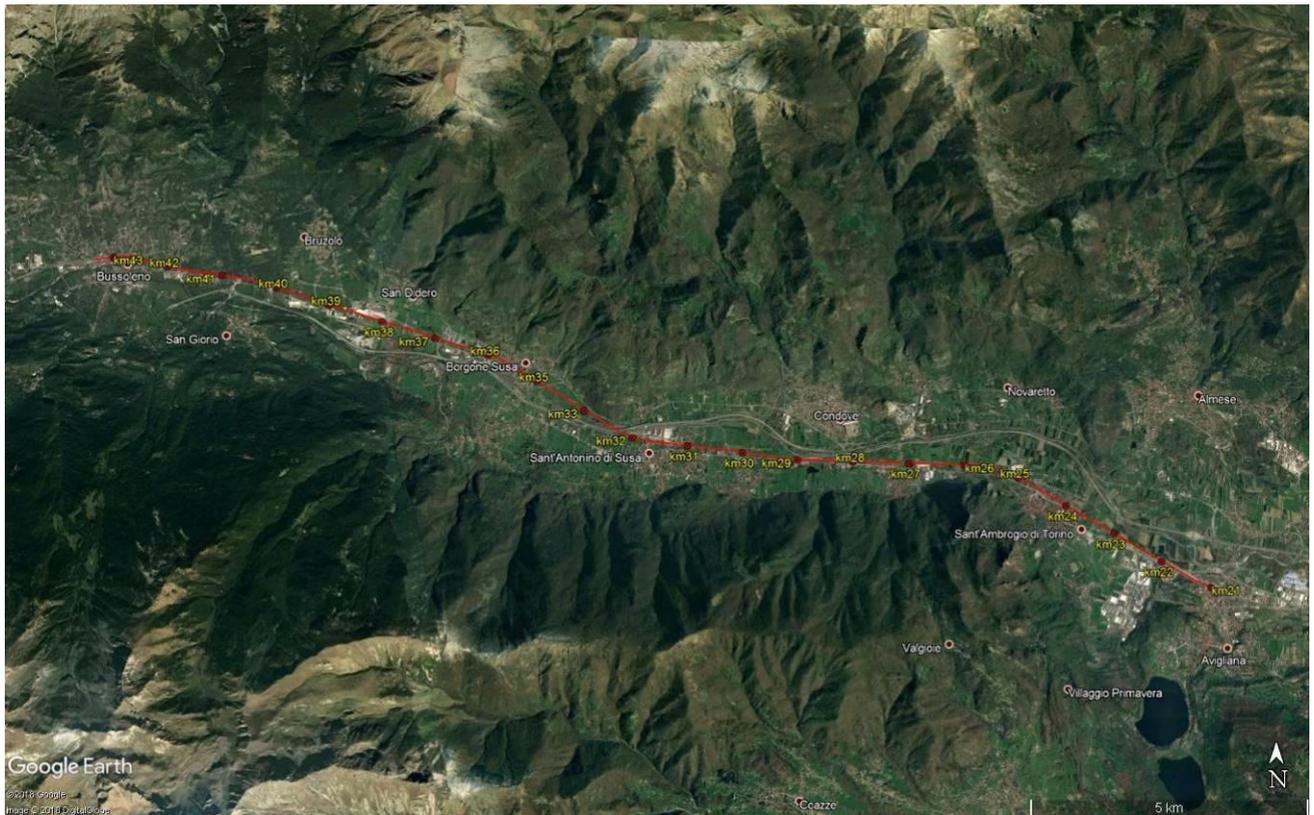


Figura 1. Inquadramento geografico (su foto Google Earth).

## **4 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI**

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.

In tale contesto, si inseriscono gli interventi in oggetto della presente relazione, costituiti dalla realizzazione di n.2 nuove sottostazioni elettriche nei pressi della località di Borgone, alla pk 33+790, e nei pressi di Avigliana, alla pk 20+390 L.S. (Linea Storica).

## 5 INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI

A supporto degli interventi di adeguamento, 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 metri da p.c..

Di questi sondaggi, nella tabella seguente si riporta l'elenco dei sondaggi disponibili nell'intorno delle aree di intervento, 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 Italferr 2018

Sigla	Anno	Est	Nord	Strumentazione	Profondità (m)	SPT	Campioni indisturbati	Campioni rimanegg.	Prove Lefranc
SCNT0IU04	2018	362238	4997515	--	20.0	6	-	6	1
PNNT0IF05	2018	364226	4996561	piezometro Norton 2"	20.0	6	-	6	1

In particolare, i due sondaggi sopra elencati si localizzano nei pressi della SSE di Borgone.

Sono inoltre disponibili informazioni stratigrafiche pregresse derivanti dalla consultazione di database di enti terzi (pozzi ARPA Piemonte) e la stratigrafia di un sondaggio (S87) realizzato per conto della società LTF 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.).

Per l'ubicazione delle indagini geognostiche disponibili ed utilizzate per il presente studio si rimanda agli elaborati cartografici prodotti a corredo dello studio.

## **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 si originò 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.

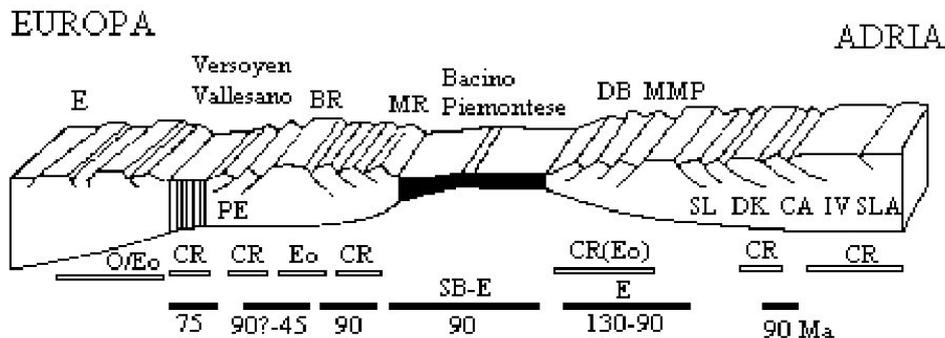
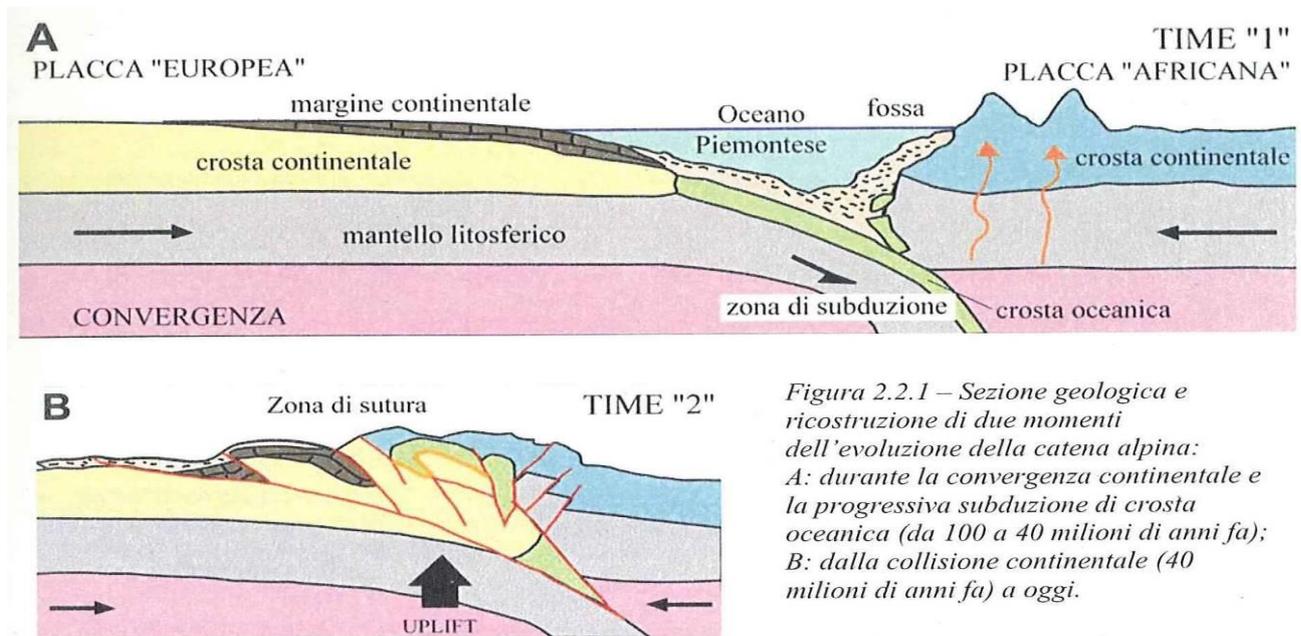


Figura 2. Paleogeografia classica della Tetide alpino-occidentale, completata con l'età e la distribuzione del metamorfismo di subduzione delle unità della catena (SB: scisti blu, E: eclogitico). SLA: Serie dei Laghi, IV: Ivrea-Verbano; CA: Canavese; lembi Austroalpini settentrionali (MMP: Mont Mary-Pillonet, 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 consumazione 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'avampese europeo, esterno "Elvetico – Delfinese".
- Il dominio assiale compreso fra le due superfici di discontinuità della crosta, la Linea Insubrica ed il fronte Pennidico.



*Figura 2.2.1 – Sezione geologica e ricostruzione di due momenti dell'evoluzione della catena alpina: A: durante la convergenza continentale e la progressiva subduzione di crosta oceanica (da 100 a 40 milioni di anni fa); B: dalla collisione continentale (40 milioni di anni fa) a oggi.*

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

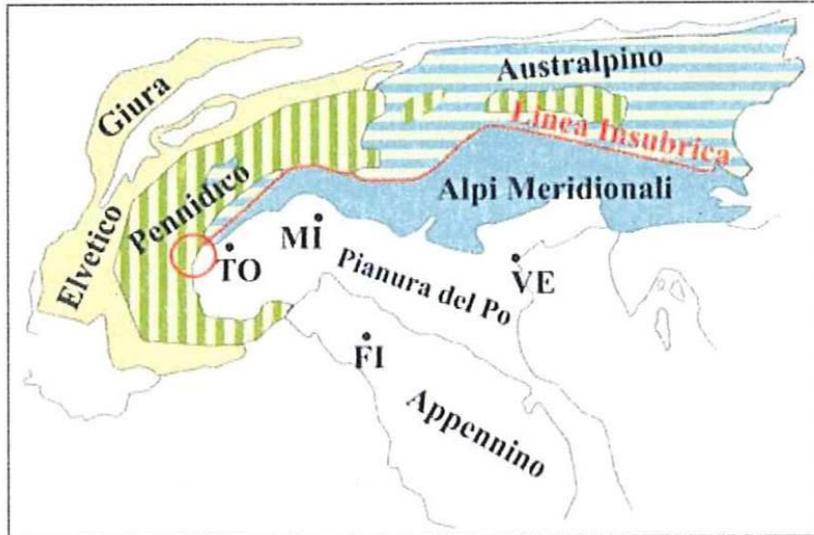


Figura 4. Carta schematica dei principali domini geotettonici delle Alpi (in Giardino & Motta, 2007).

### 6.3 Evoluzione strutturale alpina

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

- fase eoalpina;
- fase mesoalpina;
- fase neoalpina.

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 eoaplino 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.

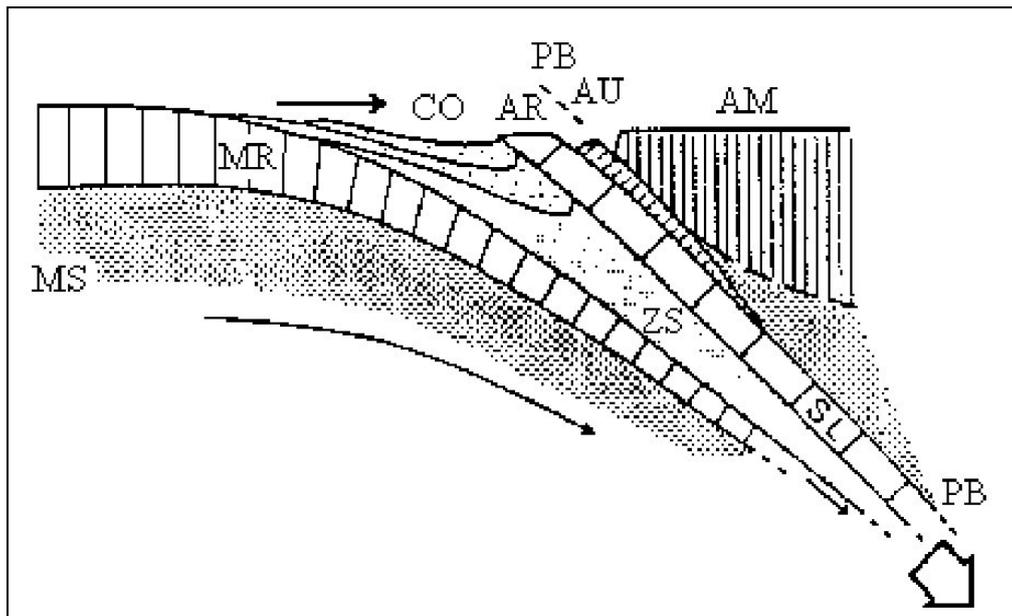


Figura 5. Fase iniziale di subduzione della placca europea al di sotto del margine continentale africano.

### 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, etc.), 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.

### **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 Nealpino (Miocene – attuale)

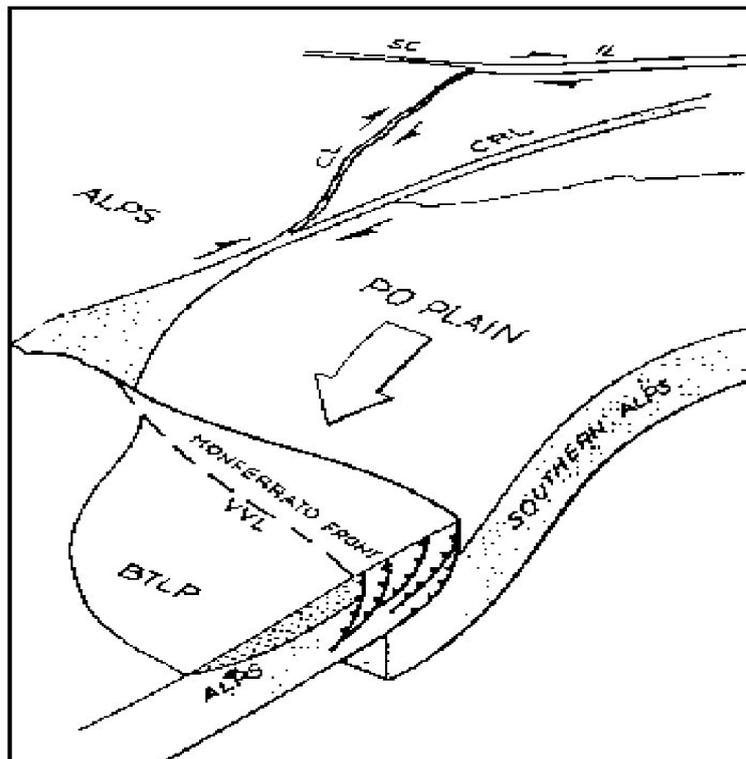
La fase Nealpina è successiva al magmatismo oligocenico e determina in modo definitivo la struttura a doppia vergenza.

La catena alpina s.s. continua a propagarsi verso l'avampaese 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 Nealpina 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.



	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA</b> <b>REALIZZAZIONE SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE NELLE LOCALITA' DI BORGONE E AVIGLIANA</b>						
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA NT01</td> <td>LOTTO 05</td> <td>CODIFICA D 69 RG</td> <td>DOCUMENTO GE001 001</td> <td>REV. B</td> <td>FOGLIO 19 di 53</td> </tr> </table>	COMMESSA NT01	LOTTO 05	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE001 001	REV. B	FOGLIO 19 di 53
COMMESSA NT01	LOTTO 05	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE001 001	REV. B	FOGLIO 19 di 53		

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.

## 6.5 Assetto litologico-stratigrafico generale

Per la ricostruzione dell'assetto litologico-stratigrafico dell'area di studio si è fatto riferimento alla cartografia CARG disponibile, dalla quale si riporta in Figura 7 l'inquadramento tettonico – metamorfico dell'area.

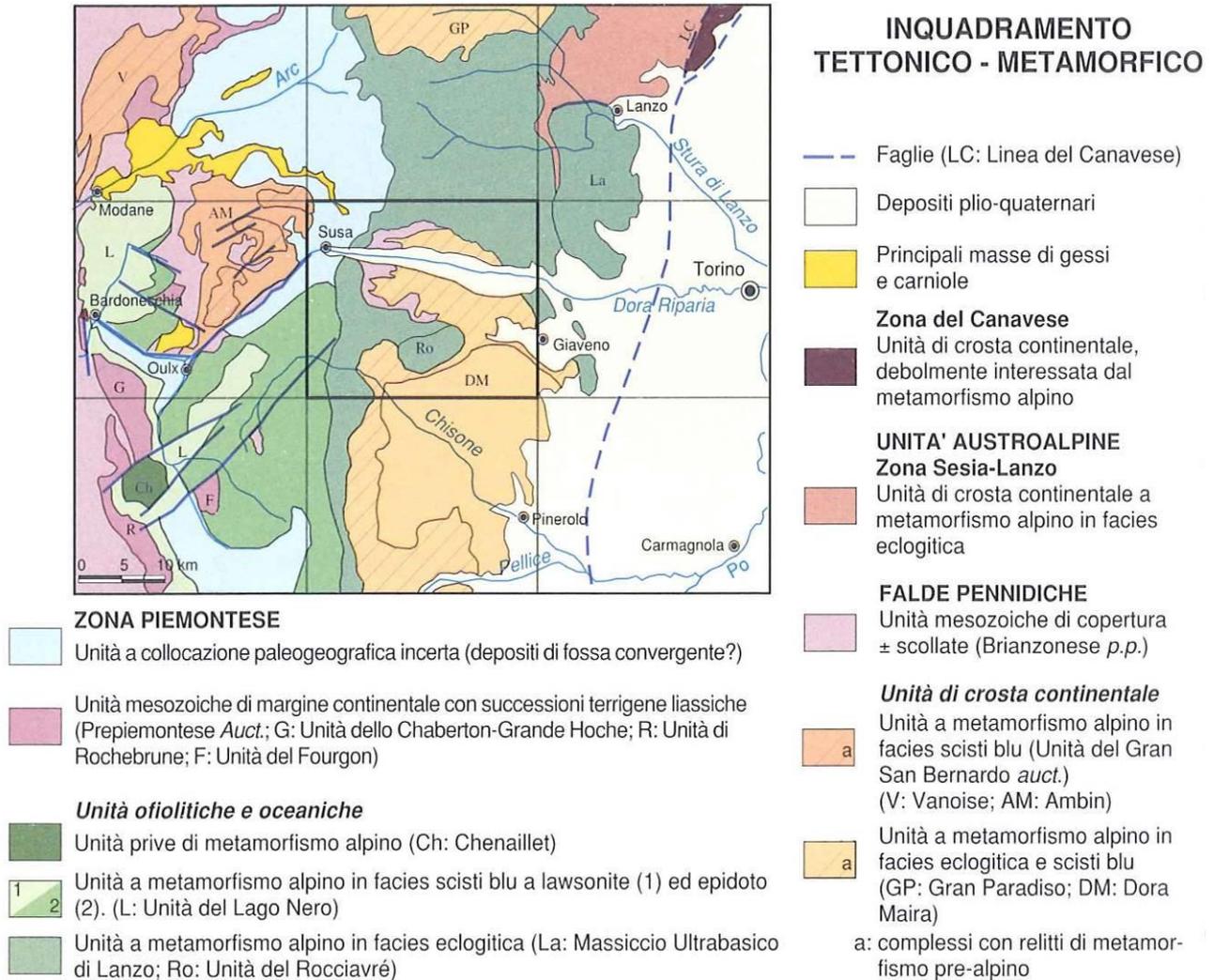


Figura 7. Schema tettonico – metamorfico delle Alpi occidentali.

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 intruse 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

	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA</b> <b>REALIZZAZIONE SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE NELLE LOCALITA' DI BORGONE E AVIGLIANA</b>						
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA NT01</td> <td>LOTTO 05</td> <td>CODIFICA D 69 RG</td> <td>DOCUMENTO GE001 001</td> <td>REV. B</td> <td>FOGLIO 21 di 53</td> </tr> </table>	COMMESSA NT01	LOTTO 05	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE001 001	REV. B	FOGLIO 21 di 53
COMMESSA NT01	LOTTO 05	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE001 001	REV. B	FOGLIO 21 di 53		

(metagabbri, serpentiniti), sia le rocce metamorfiche originatesi da sedimenti marnosi originariamente deposti 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 e 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.

### 6.6 Litologia e stratigrafia presente nelle aree delle SSE

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 realizzati a corredo del presente studio (vedasi Tabella 1), nelle aree di intervento si rinvengono essenzialmente depositi fluviali ghiaiosi e sabbiosi di età olocenica, ed in particolare:

- **SSE di Borgone:** nell'area affiorano depositi 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 metri 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).
- **SSE di Avigliana:** anche in quest'area affiorano depositi riferibili al Sintema di Palazzolo, prevalentemente attribuibili Subsintema di Crescentino (**CSN2b**), costituito da depositi ghiaioso-ciottolosi a supporto di clasti con matrice sabbioso-siltosa e frequente presenza di blocchi, costituenti i conoidi di fondovalle (depositi fluvio-torrentizi); secondariamente, affiorano depositi riferibili al Subsintema di Ghiaia Grande (**CSN3b**), con le caratteristiche litologiche sopra descritte.

## 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-quadernario. 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.

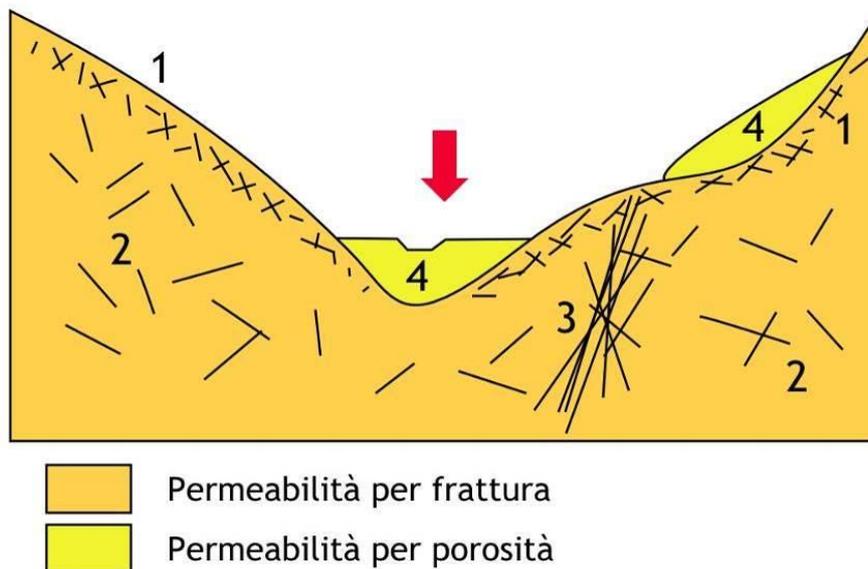


Figura 8. Schema idrogeologico di riferimento. 1: Zona di alterazione superficiale con ammasso roccioso detensionato; 2: roccia non detensionata con apertura e spaziatura delle fratture variabile; 3: fascia fratturata con elevata persistenza ed elevata continuità; 4: accumuli fluvioglaciali, alluvionali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

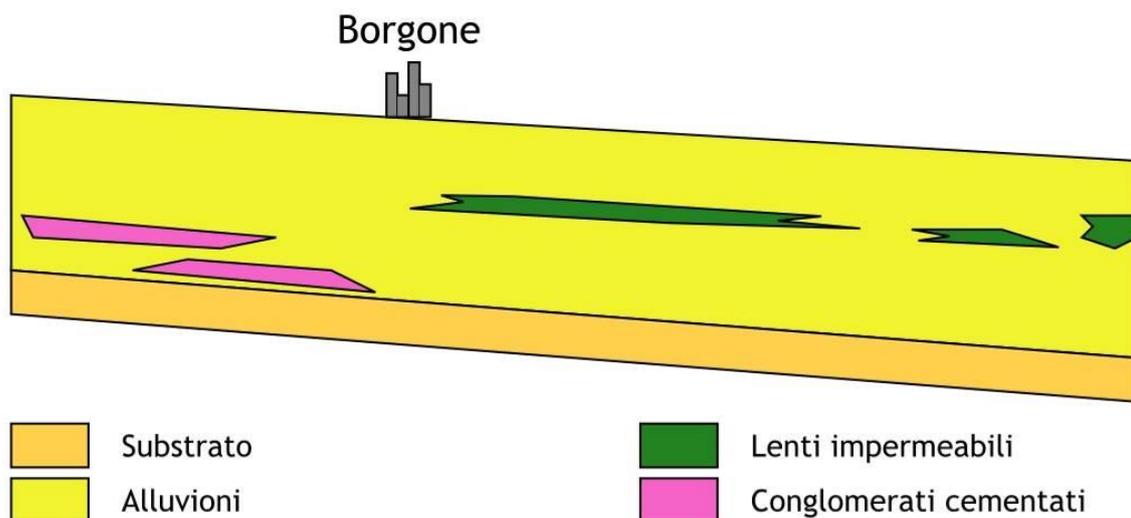


Figura 9. Schema generale delle alluvioni del fondovalle Susa.

Dall'esame delle stratigrafie dei pozzi si evidenziano 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 conoidi 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.

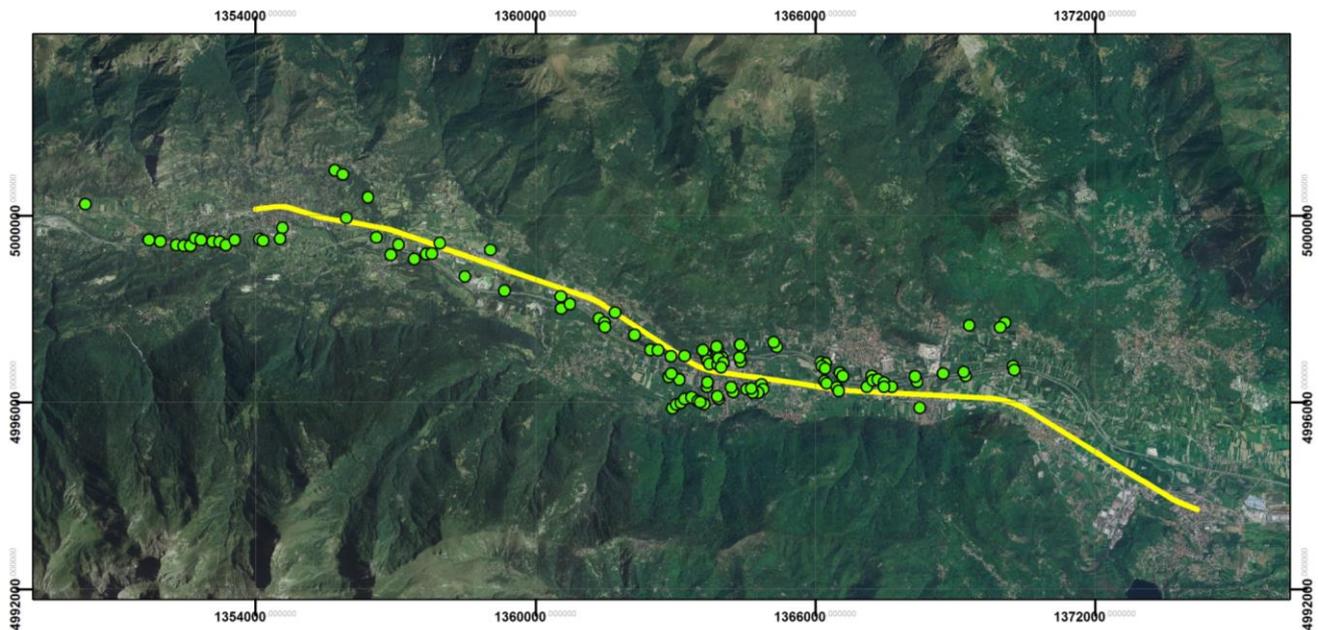
I dati reperiti dagli enti sono rappresentati prevalentemente da stratigrafie di sondaggi, rilievi dei livelli di falda e determinazioni del coefficiente di permeabilità da prove Lefranc.

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.



**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, l'area di intervento risulta essere caratterizzata da un importante acquifero freatico, il cui livello piezometrico risulta attestarsi mediamente ad una quota variabile tra 2÷4 m dal piano di campagna., localmente con quote più depresse (6÷8 m da p.c.).

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 Italferr 2018. Tale attività di monitoraggio risulta tuttora in corso. I dati attualmente disponibili sono riportati al paragrafo 7.3.

## 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 tra  $1,74 \cdot 10^{-4}$  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

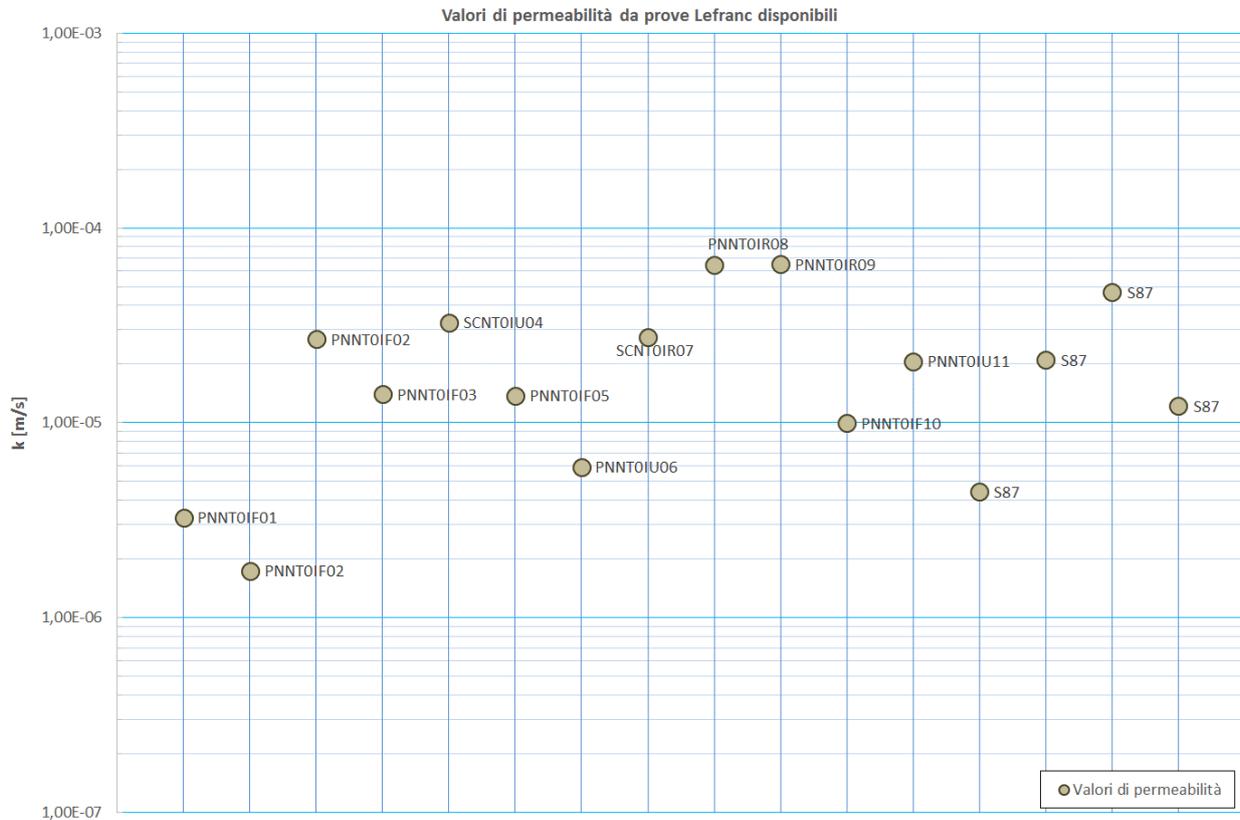


Figura 11. Grafico relativo ai valori di permeabilità determinati dalle prove Lefranc realizzate nel corso delle campagne indagini ITALFERR 2010 e 2018.

La carta idrogeologica realizzata a corredo dello studio (Tabella 1) è stata elaborata 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 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 tutt'ora in corso. Ad oggi sono disponibili i dati di n.22 campagne di lettura, effettuate con cadenza mensile sino a ottobre 2019

e bi-settimanale da novembre 2019 in poi. Nell seguente Tabella 4 si riepilogano le risultanze delle letture piezometriche ad oggi eseguite sul piezometro PNNT0IF05, ubicato nei pressi della SSE di Borgone, mentre non sono disponibili strumenti di monitoraggio per la SSE di Avigliana.

**Tabella 4. Riepilogo delle misure effettuate per il piezometro PNNT0IF05 (SSE Borgone).**

<b>Data</b>	<b>Soggiacenza falda in metri dal p.c.</b>
27/09/2018	5,70
24/10/2018	5,60
07/12/2018	5,30
28/12/2018	5,50
31/01/2019	5,50
28/02/2019	5,60
29/03/2019	5,70
30/04/2019	5,50
31/05/2019	5,20
03/07/2019	5,20
01/08/2019	5,50
05/09/2019	5,70
18/10/2019	5,40
07/11/2019	5,50
22/11/2019	5,60
04/12/2019	5,10
23/12/2019	5,30
11/01/2020	5,40
31/01/2020	5,49
13/02/2020	5,53
27/02/2020	5,54
13/03/2020	5,52

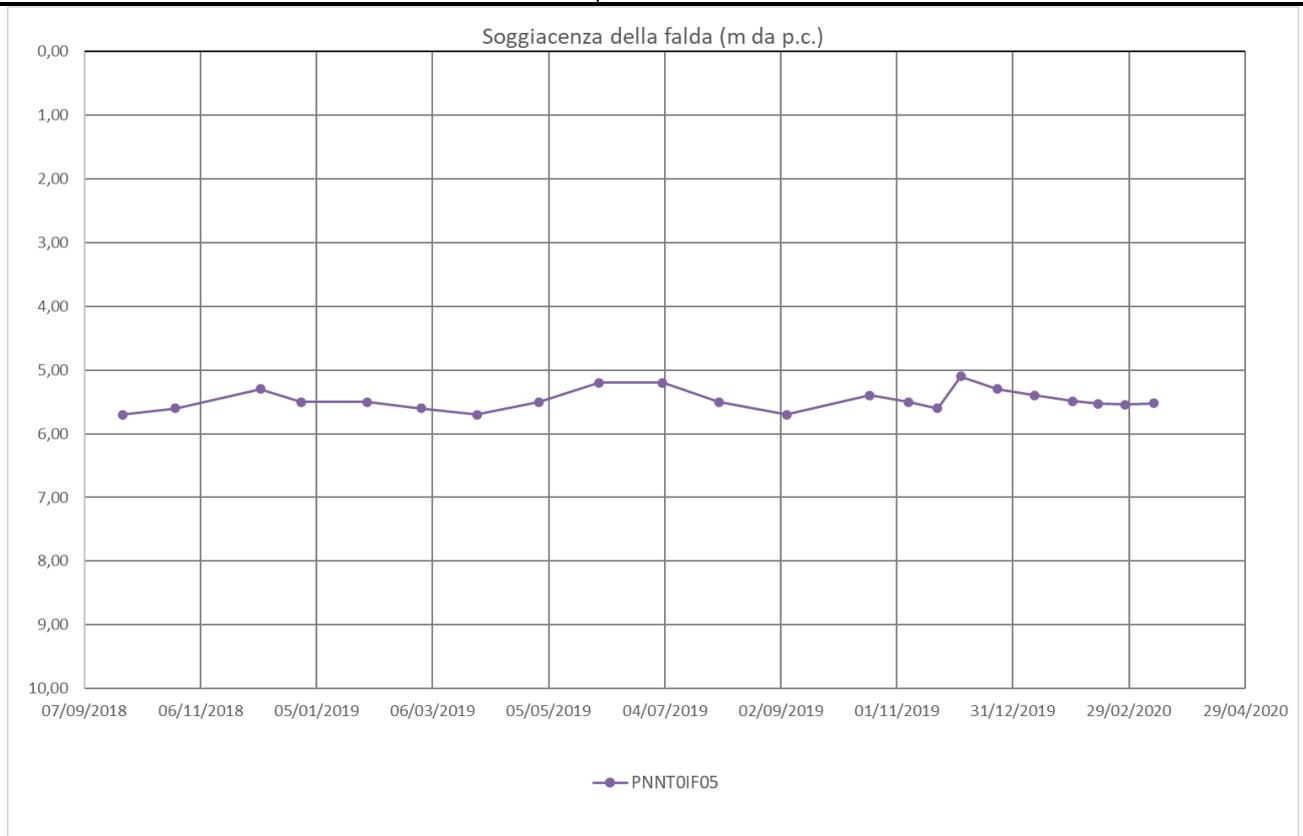


Figura 12. Andamento nel tempo del livello piezometrico per il piezometro PNNT0IF05 (SSE Borgone).

## **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 compatibili con le opere in progetto.

### **8.2 Rischio geomorfologico**

Relativamente agli aspetti geomorfologici, gli interventi in progetto si inseriscono in un'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.

Relativamente al rischio sinkhole, per i siti in progetto, non risultano informazioni storiche circa episodi passati di tale fenomenologia, né le condizioni geologiche del sottosuolo appaiono predisponenti al fenomeno.

### **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. Con riferimento agli elaborati relativi alla carta idrogeologica, si segnala che gli interventi relativi alla realizzazione della sottostazione elettrica di Avigliana interferiscono con la fascia di rispetto di alcuni pozzi ad uso idropotabile. In particolare, si segnala l'interferenza con n.2 pozzi SMAT nei pressi della pk 20+400.

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.

## 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: CSN/3b, CSN/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 dove è fornita indicazione del livello medio presunto di falda, in riferimento alle risultanze del monitoraggio piezometrico ad oggi disponibile.

## **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 Classificazione sismica**

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

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

Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il

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

A seguito dell'emanazione dei criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche da parte dello Stato, inseriti prima nell'allegato 1 dell'OPCM 3274/03 e in seguito aggiornati con l'OPCM 3519/06, la Regione Piemonte ha individuato le zone sismiche e ha stilato un elenco regionale dei comuni in zona sismica con la Delibera della Giunta Regionale del Piemonte n. 4-3084 del 12.12.2011 ed in seguito modificate con la D.G.R. n. 65-7656 del 21 maggio 2014 e con la D.G.R. n.6-887 del 30 dicembre 2019.

In base a tale classificazione, i comuni di Borgone Susa e Avigliana risultano classificati in **zona "3S"**, con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti. La speciale zona 3S indica l'obbligo delle procedure di gestione e controllo delle attività edilizie previste per l'ex zona 2.

### 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 ( $ML < 3$ ). 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 13, 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.

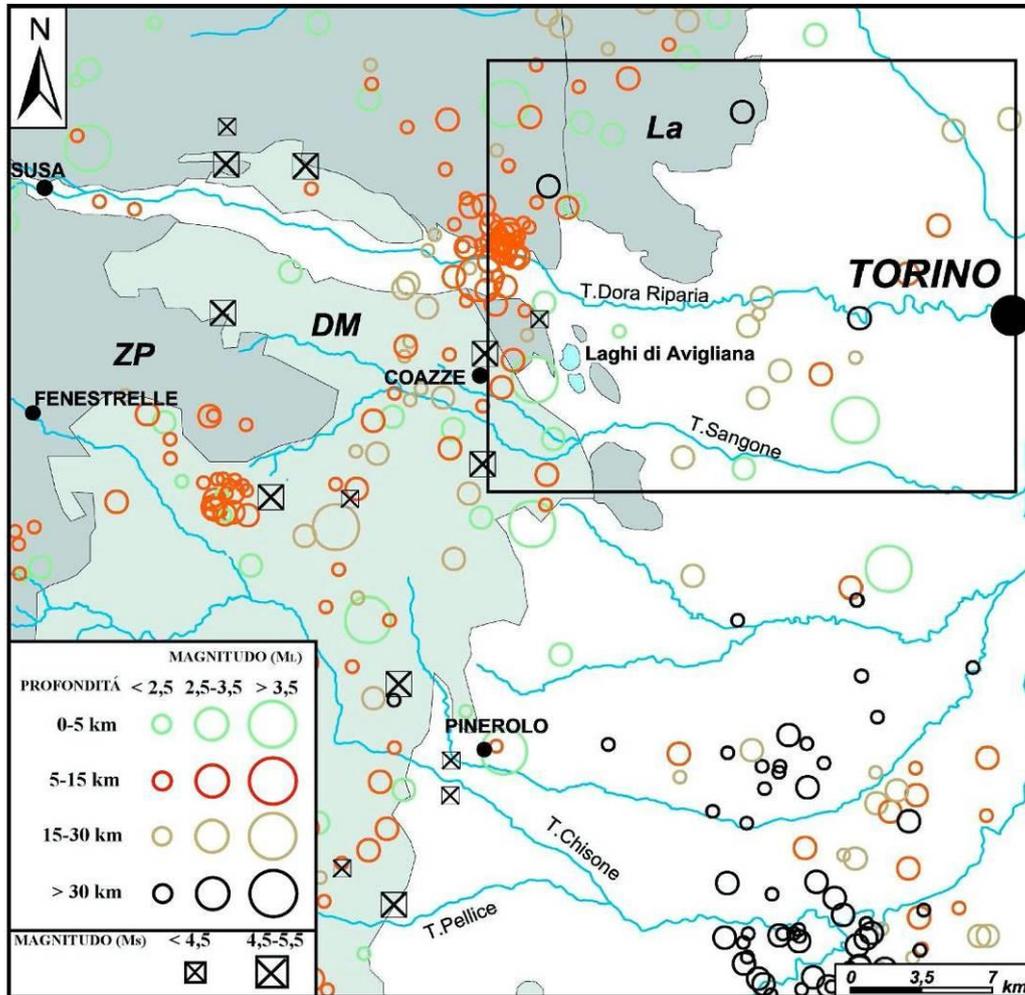


Figura 13. Distribuzione della sismicità strumentale e storica nel settore interno delle Alpi Cozie. Gli epicentri strumentali sono rappresentati dai cerchi vuoti mentre i terremoti storici sono rappresentati come quadrati crociati neri. Il riquadro nero indica l'estensione del Foglio Torino Ovest. DM: Unità Dora-Maira; ZP: Zona Piemontese; La: Complesso Ultrabascico 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).

	<b>LINEA MODANE-TORINO ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO- AVIGLIANA</b>  <b>REALIZZAZIONE SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE NELLE LOCALITA' DI BORGONE E AVIGLIANA</b>						
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA NT01</td> <td>LOTTO 05</td> <td>CODIFICA D 69 RG</td> <td>DOCUMENTO GE001 001</td> <td>REV. B</td> <td>FOGLIO 38 di 53</td> </tr> </table>	COMMESSA NT01	LOTTO 05	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE001 001	REV. B	FOGLIO 38 di 53
COMMESSA NT01	LOTTO 05	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE001 001	REV. B	FOGLIO 38 di 53		

## 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 CPTI15<sup>[1]</sup> (Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia).

Nelle tabelle riportate nelle pagine successive, sono riportate le seguenti grandezze:

- 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. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>.

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

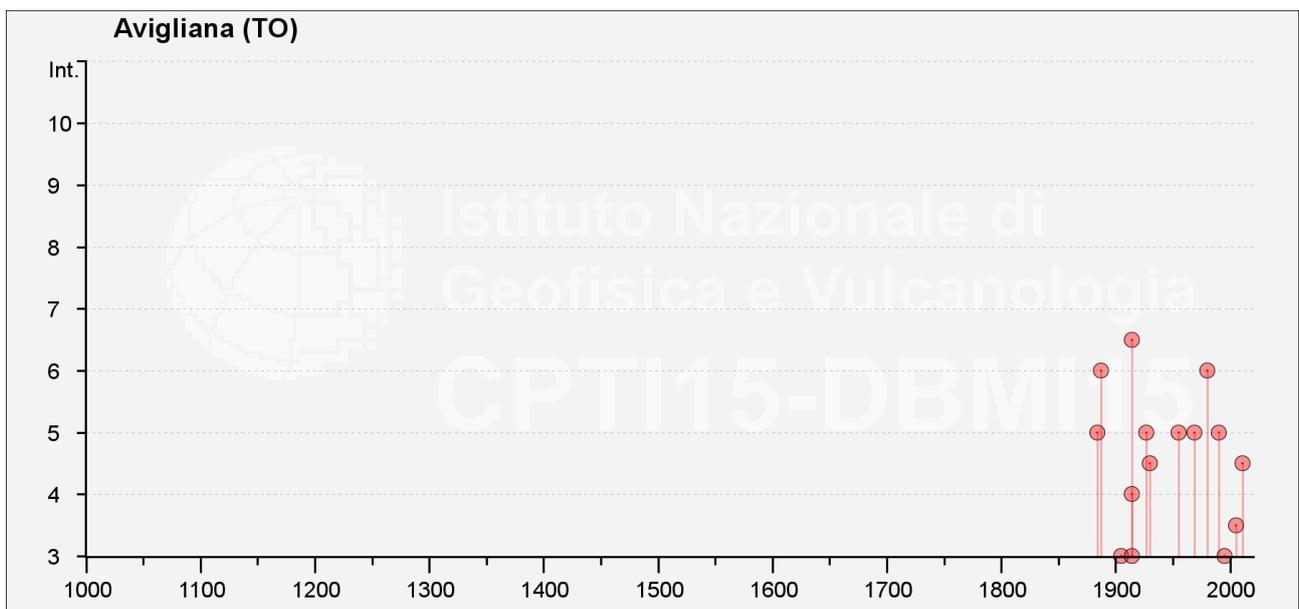


Figura 14. Grafico della storia sismica del Comune di Avigliana [45.079, 7.397].

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
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 6. Storia sismica del Comune di Borgone Susa [45.122, 7.238].

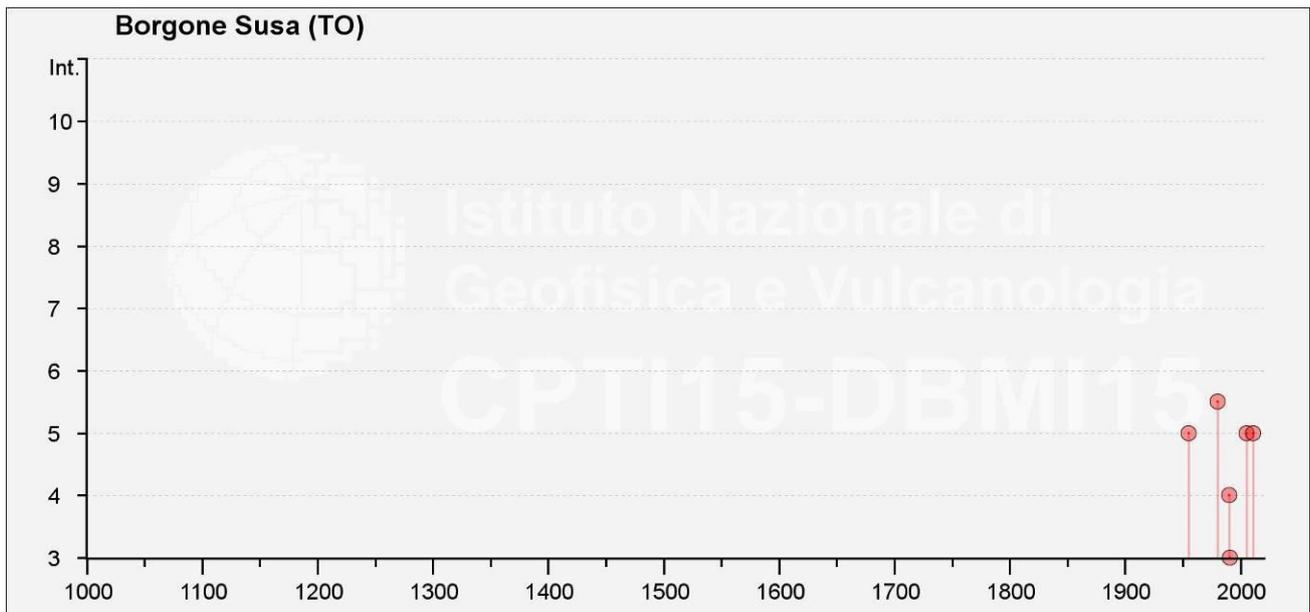


Figura 15. Grafico della storia sismica del Comune di Borgone Susa [45.122, 7.238].

## 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 Mw.

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  $M_w = 6.14$ .

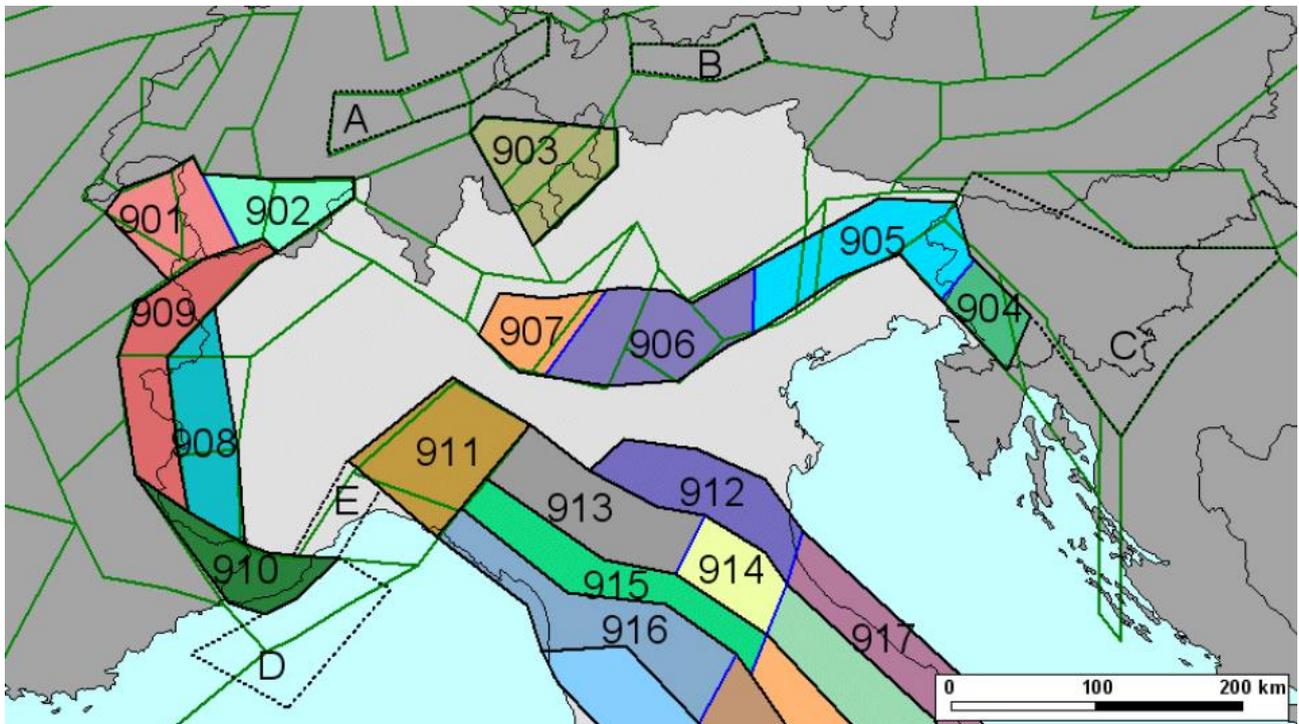


Figura 16. Stralcio della Zonazione sismogenetica ZS9 (da: Meletti e al., 2004).

## 11 AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

Ai sensi del D.M. 17/01/2018, 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 sottosuolo 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)

Per la determinazione del tipo di suolo, secondo normativa, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $v_s$ .

Allo scopo, a supporto della progettazione definitiva, sono state eseguite una serie di indagini geofisiche lungo tutta la tratta ferroviaria 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 NT0I05D69IGGE0000001A "Indagini geofisiche", a commento di tale attività di indagine.

Nella seguente Tabella 7 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, determinati dalle prove Masw -HVSr.

**Tabella 7. Velocità equivalente delle onde di taglio**

Prova	$V_{s,h}$ da MASW - HVSr	h (metri)
MASW 1 - HVSr 166	554	30
MASW 2 - HVSr 167	466	30
MASW 3 - HVSr 168	413	30
MASW 4 - HVSr 169	404	25
MASW 5 - HVSr 170	389	21
MASW 6 - HVSr 171	309	19
MASW 7 - HVSr 172	361	18
MASW 8 - HVSr 173	371	21
MASW 8a - HVSr 174	308	30
MASW 9 - HVSr 175	334	24
MASW 10 - HVSr 183	312	20
MASW 11 - HVSr 182	354	30
MASW 12 - HVSr 181	390	30
MASW 13 - HVSr 184	302	30
MASW 14 - HVSr 185	326	27
MASW 15 - HVSr 186	416	30
MASW 16 - HVSr 187	336	25
MASW 17 - HVSr 188	338	30
MASW 18 - HVSr 189	327	30
MASW 19 - HVSr 190	393	30
MASW 20 - HVSr 191	354	30
MASW 21 - HVSr 192	396	30
MASW 22 - HVSr 193	416	30
MASW 23 - HVSr 194	315	30
MASW 24 - HVSr 195	315	30
MASW 25 - HVSr 196	427	30
MASW 26 - HVSr 197	335	30
MASW 27 - HVSr 198	353	30
MASW 28 - HVSr 199	351	30



**LINEA MODANE-TORINO  
ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-  
AVIGLIANA**

**REALIZZAZIONE SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE NELLE  
LOCALITA' DI BORGONE E AVIGLIANA**

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA  
NT01

LOTTO  
05

CODIFICA  
D 69 RG

DOCUMENTO  
GE001 001

REV.  
B

FOGLIO  
44 di 53

Prova	$V_{s,h}$ da MASW - HVSr	h (metri)
MASW 29 - HVSr 200	512	27

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

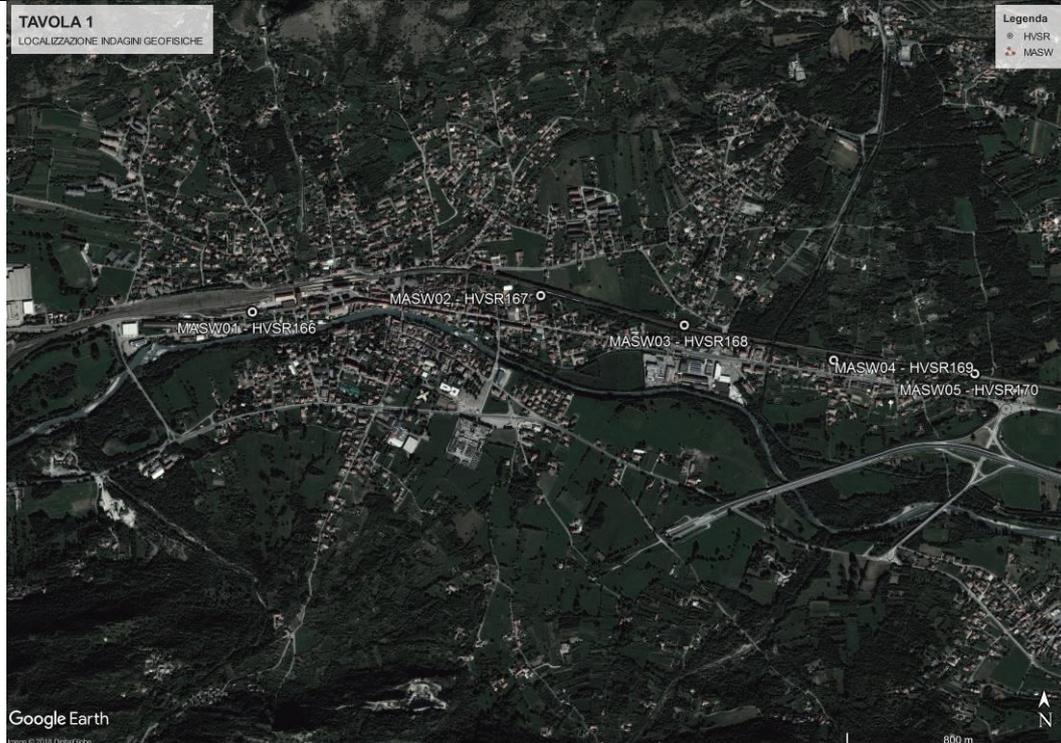


Figura 17. Ubicazione indagini geofisiche – figura 1 di 5.



Figura 18. Ubicazione indagini geofisiche – figura 2 di 5.



Figura 19. Ubicazione indagini geofisiche – figura 3 di 5.



Figura 20. Ubicazione indagini geofisiche – figura 4 di 5.

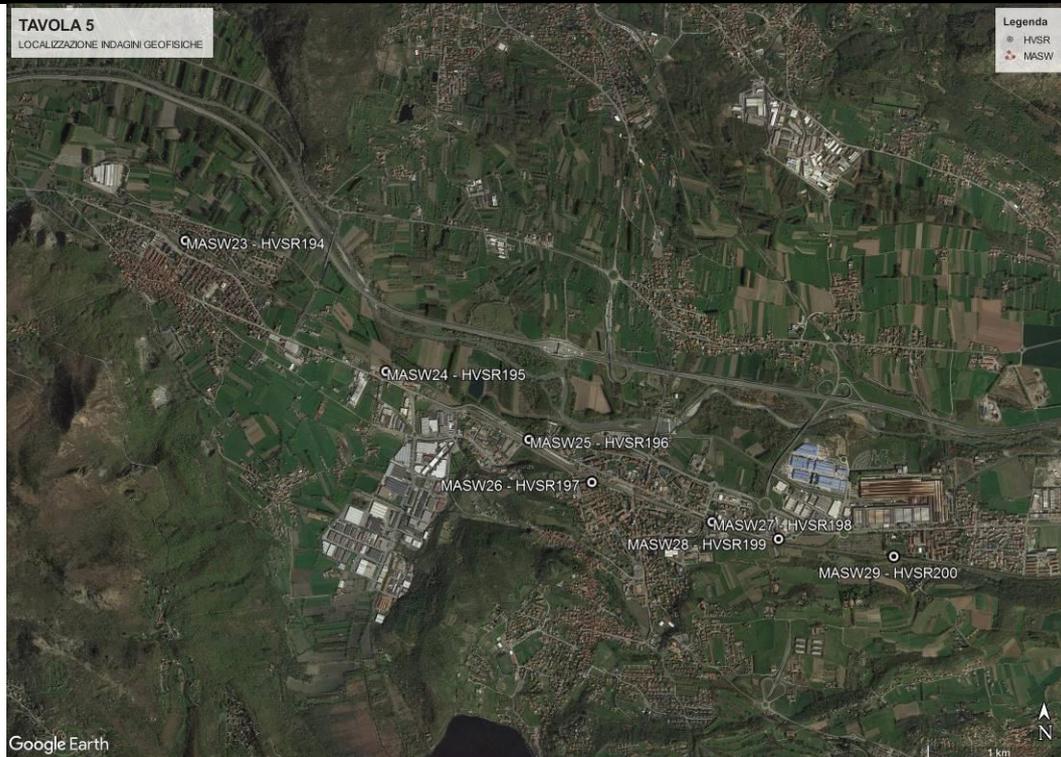


Figura 21. Ubicazione indagini geofisiche – figura 5 di 5.

In particolare, con riferimento ai risultati della prova MASW 28 - HVSr 199 per il sito relativo alla **SSE di Avigliana** e delle prove MASW 13 - HVSr 184 e MASW 14 - HVSr 185 per il sito relativo alla **SSE di Borgone**, i terreni in sito possono essere classificati come **sottosuolo di categoria C**, ovvero *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”*.

## 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. 17 gennaio 2018, sono stati determinati i parametri sismici di base del territorio interessato dalla realizzazione delle opere in progetto. In particolare, sulla base delle NTC2018 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 22).

In Tabella 8 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 dalle NTC2018, possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale.

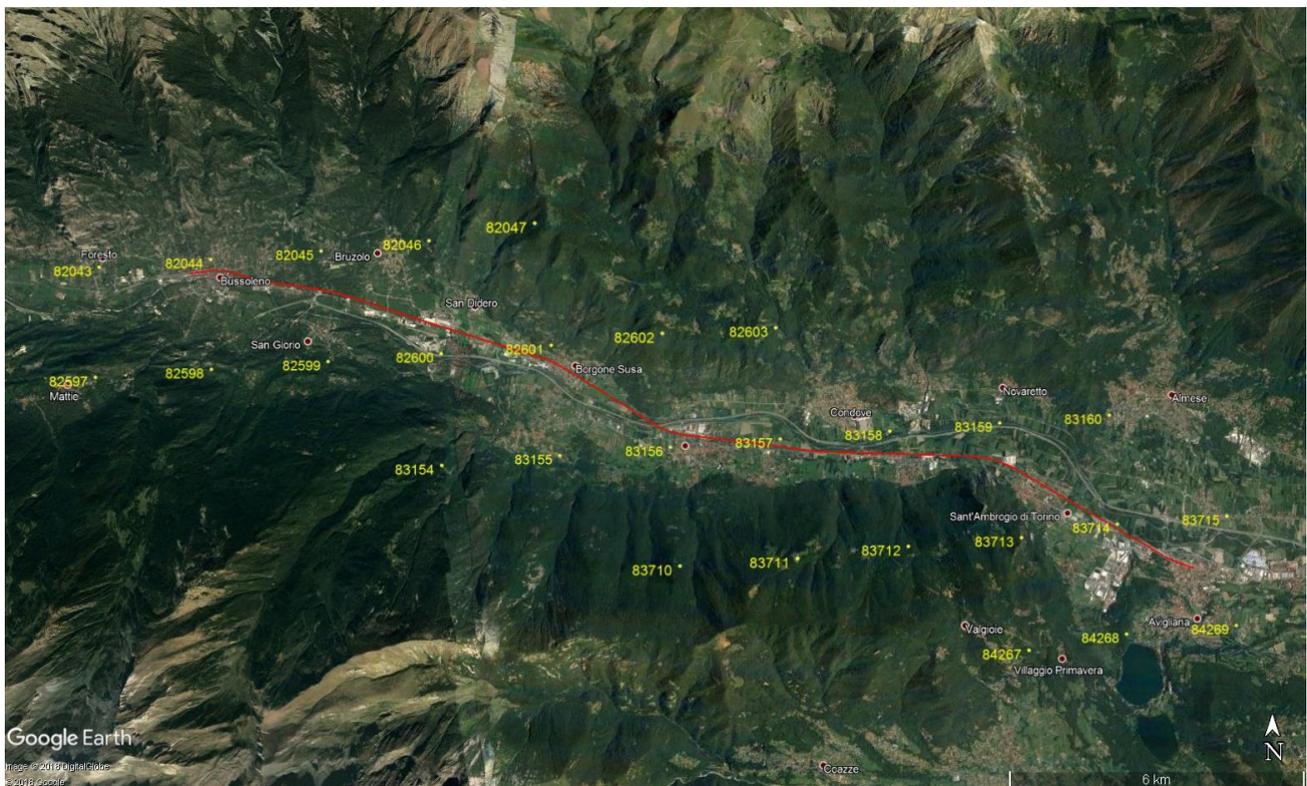


Figura 22. Griglia di riferimento (passo 0.02°) per il settore oggetto di studio, con individuazione del tracciato di progetto (in rosso) e dei punti del grigliato entro cui è ricompreso il tracciato (in giallo).

Tabella 8. 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).

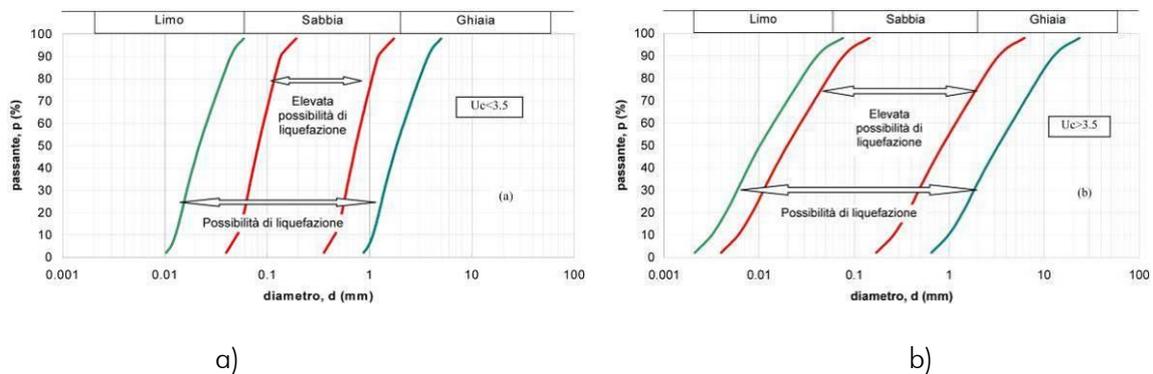
ID	Longitudine	Latitudine	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$
83160	7.38010	45.11460	0.1065	2.499	0.261
83710	7.26880	45.08880	0.1298	2.454	0.261
83158	7.32330	45.11170	0.1206	2.458	0.261
83159	7.35170	45.11320	0.1143	2.477	0.261
83156	7.26670	45.10880	0.1293	2.453	0.261
83157	7.29500	45.11030	0.1257	2.455	0.261
83154	7.20990	45.10590	0.1332	2.458	0.262

ID	Longitudine	Latitudine	$\alpha_g$	$F_0$	$T_c^*$
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
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. 17/01/2018, la verifica di liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. 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;
4. 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  $U_c > 3.5$ .



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.



**LINEA MODANE-TORINO  
ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-  
AVIGLIANA**

**REALIZZAZIONE SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE NELLE  
LOCALITA' DI BORGONE E AVIGLIANA**

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA  
NT01

LOTTO  
05

CODIFICA  
D 69 RG

DOCUMENTO  
GE001 001

REV.  
B

FOGLIO  
52 di 53

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 si segnala la presenza di orizzonti metrici di limi sabbiosi e/o sabbie limose sotto falda caratterizzate da valori di resistenza penetrometrica molto bassi.



**LINEA MODANE-TORINO  
ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-  
AVIGLIANA**

**REALIZZAZIONE SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE NELLE  
LOCALITA' DI BORGONE E AVIGLIANA**

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA  
NT01

LOTTO  
05

CODIFICA  
D 69 RG

DOCUMENTO  
GE001 001

REV.  
B

FOGLIO  
53 di 53

## **ALLEGATI**

Committente: ITALFERR SPA	Sondaggio: SCNT0IU04
Riferimento: BORGONE DI SUSÀ - PISTA CICLABILE	Data: 05.09.18
Coordinate: 45°7'3.64"N 7°14'54.62"E	Quota: 393.2m s.l.m.
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO 152/131mm	

SCALA 1 :75

## STRATIGRAFIA

Pagina 1/2

ø mm	R v	A r	Pz	metri batt.	Standard Penetration test			Campioni	prove in foro	LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE
					m	S.P.T.	N Pt					
				1						0.5	Sabbia limosa sciolta asciutta con ghiaia centimetrica poligenica da arrotondata ad angolare (max 4cm) e rari ciottoli centimetrici di colore grigio-marroncino	
				1.5	4-6-5	11	A	1) Rim < 1,50 2,00			1.0	Limo debolmente sabbioso debolmente addensato asciutto con rara ghiaia centimetrica poligenica arrotondata (max 1cm) inclusa di colore grigio scuro
				2							1.7	Limo sabbioso debolmente addensato da asciutto a umido con ghiaia centimetrica poligenica da arrotondata ad angolare (max 4cm) e rari ciottoli centimetrici inclusi di colore grigio scuro
				2.2							2.2	Limo sabbioso debolmente addensato con rara ghiaia centimetrica poligenica (max 4cm) arrotondata e rari ciottoli centimetrici inclusi umido di colore grigio scuro
				3								Sabbia e ghiaia centimetrica poligenica da arrotondata ad angolare (max 5cm) e ciottoli centimetrici sciolta localmente in matrice debolmente limosa di colore grigio. Presenza di rare patine di alterazione giallastra
				4							4.5	Ghiaia centimetrica poligenica da arrotondata ad angolare (max 6-7cm) con abbondanti ciottoli centimetrici in matrice debolmente sabbiosa sciolta di colore grigio scuro
				4.5	7-9-11	20	A	2) Rim < 4,50 5,00			4.5	Sabbia grossolana con ghiaia centimetrica poligenica da arrotondata ad angolare (max 3cm) e rari ciottoli centimetrici sciolta di colore da grigio scuro a grigio-marrone
				5							6.0	Ghiaia centimetrica poligenica arrotondata (max 4cm) sciolta in matrice debolmente sabbiosa di colore grigio
				6							6.0	Sabbia e ghiaia centimetrica poligenica arrotondata (max 5cm) sciolta con ciottoli centimetrici di colore da grigio scuro a grigio-marrone
				7							7.5	Ghiaia centimetrica poligenica arrotondata (max 4cm) con abbondanti ciottoli centimetrici sciolta in matrice debolmente sabbiosa di colore grigio
				7.5	11-9-13	22	A	3) Rim < 7,50 8,00			7.5	Sabbia e ghiaia centimetrica poligenica arrotondata (max 5cm) sciolta con ciottoli centimetrici di colore da grigio scuro a grigio-marrone
				8							8.0	Ghiaia centimetrica poligenica arrotondata (max 4cm) con abbondanti ciottoli centimetrici sciolta in matrice debolmente sabbiosa di colore grigio
				9							9.5	Ghiaia centimetrica poligenica arrotondata (max 4cm) con abbondanti ciottoli centimetrici sciolta in matrice debolmente sabbiosa di colore grigio
				10							10.5	Sabbia e ghiaia centimetrica poligenica arrotondata (max 4-5cm) sciolta con ciottoli centimetrici di colore grigio-marrone
				10.5	12-14-14	28	A	4) Rim < 10,50 11,00			10.5	Ghiaia centimetrica poligenica arrotondata (max 4cm) con abbondanti ciottoli centimetrici sciolta in matrice debolmente sabbiosa di colore grigio
				11							12.0	Ghiaia centimetrica poligenica arrotondata (max 4cm) con abbondanti ciottoli centimetrici sciolta in matrice debolmente sabbiosa di colore grigio
				12							12.0	Ghiaia centimetrica poligenica arrotondata (max 4cm) con abbondanti ciottoli centimetrici sciolta in matrice debolmente sabbiosa di colore grigio
				13							13.9	Sabbia e ghiaia centimetrica poligenica arrotondata (max 4-5cm) sciolta con ciottoli centimetrici di colore grigio-marrone
				14							13.9	Sabbia e ghiaia centimetrica poligenica arrotondata (max 4-5cm) sciolta con ciottoli centimetrici di colore grigio-marrone
				15	15.0	19-24-27	51	A			15.0	Sabbia e ghiaia centimetrica poligenica arrotondata (max 4-5cm) sciolta con ciottoli centimetrici di colore grigio-marrone

Lefranc CV

Committente: ITALFERR SPA	Sondaggio: SCNT0IU04
Riferimento: BORGONE DI SUSA - PISTA CICLABILE	Data: 05.09.18
Coordinate: 45°7'3.64"N 7°14'54.62"E	Quota: 393.2m s.l.m.
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO 152/131mm	

SCALA 1 :75

## STRATIGRAFIA

Pagina 2/2

ø mm	R v	A r s	Pz	metri batt.	Standard Penetration Test			Campioni	prove in foro	LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE
					m	S.P.T.	N					
131				16				5) Rim < 15,00 15,50				Sabbia e ghiaia centimetrica poligenica arrotondata (max4-5cm) sciolta con ciottoli centimetrici di colore grigio-marrone
				17								
				18								
				19								
				20	20,0	21-28-25	53	A	6) Rim < 19,50 20,00		20,0	

- Eseguito n° 1 prova lefranc a carico variabile alla profondità di 13,50m da p.c.
- Prelevato n° 6 campioni rimaneggiati in corrispondenza delle quote di esecuzione delle spt
- Quota falda misurata al termine della perforazione -2,80m da p.c.
- eseguito il sondaggio a carotaggio continuo con carotiere semplice diametro 131mm e corona in widia

Committente: ITALFERR SPA

Sondaggio: SCNT0IU04

Riferimento: BORGONE DI SUSIA - PISTA CICLABILE

Data: 05.09.18

Fotografie - Pagina 1/3

Pagina 1



Sond. SCNT0IU04 cassa 1 da 0,00 a 5,00m



Sond. SCNT0IU04 cassa 2 da 5,00 a 10,00m

Committente: ITALFERR SPA

Sondaggio: SCNT0IU04

Riferimento: BORGONE DI SUSIA - PISTA CICLABILE

Data: 05.09.18

Fotografie - Pagina 2/3

Pagina 2



Sond. SCNT0IU04 cassa 3 da 10,00 a 15,00m



Sond. SCNT0IU04 cassa 4 da 15,00 a 20,00m

Committente: ITALFERR SPA

Sondaggio: SCNT0IU04

Riferimento: BORGONE DI SUSÀ - PISTA CICLABILE

Data: 05.09.18

Fotografie - Pagina 3/3

Pagina 3



Posizionamento su sondaggio SCNT0IU04



sistemazione piazzola al termine della perforazione



Committente: ITALFERR SPA	Sondaggio: PNNT01F05
Riferimento: STAZIONE S.ANTONINO-VAIE	Data: 09.08.18
Coordinate: 45° 6'34 12"N 7°16'26 50"E	Quota: 383,6m s.l.m.
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO	

SCALA 1 :75

## STRATIGRAFIA

Pagina 1/2

ø mm	R v	A r	Pz s	metri batt.	Standard Penetration Test			Campioni	prove in foro	LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE
					m	S.P.T.	N Pt					
				0.5							0.5	Sabbia sciolta asciutta con ghiaia centimetrica poligenica (max 5cm) angolare di colore grigio-marroncino
				1	1.5	7-9-11	20	A	1) Rim < 1,50 2,00		2.4	Sabbia e ghiaia centimetrica poligenica (max 5cm) da arrotondata ad angolare con rari ciottoli centimetrici in debole matrice limosa asciutta sciolta di colore marroncino
				2							3.0	Limo sabbioso debolmente addensato con rara ghiaia centimetrica poligenica (max 4cm) arrotondata e rari ciottoli centimetrici inclusi umido di colore grigio scuro
				3							3.5	Sabbia e ghiaia centimetrica poligenica (max 5cm) arrotondata sciolta di colore grigio chiaro
				4	4.5	19-50/10cm	Rif	A	2) Rim < 4,50 5,00		4.0	Limo sabbioso debolmente addensato con rara ghiaia centimetrica poligenica (max 4cm) arrotondata e rari ciottoli centimetrici inclusi umido di colore grigio scuro
				5							5	Sabbia e ghiaia centimetrica poligenica (max 6cm) arrotondata con abbondanti ciottoli centimetrici di colore grigio scuro. Da 7,00-7,50m in matrice debolmente limosa debolmente addensata
				6							7	
				7	7.5	22-25-26	51	A	3) Rim < 7,50 8,00	Lefranc CV	8.4	
				8							8.4	Sabbia sciolta con rara ghiaia centimetrica poligenica (max 4cm) arrotondata e rari ciottoli centimetrici di colore grigio-marrone
				9							9.1	Sabbia e ghiaia centimetrica poligenica (max 6cm) arrotondata con abbondanti ciottoli centimetrici sciolta localmente in matrice debolmente limosa
				10	10.5	27-32-36	68	A	4) Rim < 10,50 11,00		10	
				11							11	
				12							12	
				13							13	
				14							14	
				15	15.0	31-30-36	66	A			15	

Committente: ITALFERR SPA	Sondaggio: PNNT01F05
Riferimento: STAZIONE S.ANTONINO-VAIE	Data: 09.08.18
Coordinate: 45° 6'34 12"N 7°16'26 50"E	Quota: 383,6m s.l.m.
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO	

SCALA 1 :75

## STRATIGRAFIA

Pagina 2/2

Ø mm	R v	A r	Pz	metri batt.	Standard Penetration Test			Campioni	prove in foro	LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE
					m	S.P.T.	N					
131				16				5) Rim < 15,00 15,50			18,4	Sabbia e ghiaia centimetrica poligenica (max 6cm) arrotondata con abbondanti ciottoli centimetrici sciolta localmente in matrice debolmente limosa
				17								
				18								
				19				6) Rim < 19,50 20,00			20,0	Limo argilloso sabbioso debolmente plastico debolmente addensato umido con livelli di spessore da millimetrico a centimetrico di torba marrone scuro di colore grigio-azzurrognolo scuro
				20	20,0	9-13-12	25	A				

- Eseguito n° 1 prova lefranc a carico variabile alla profondità di 7,50m da p.c.
- Prelevato n° 6 campioni rimaneggiati in corrispondenza delle quote di esecuzione delle spt
- Quota falda misurata al termine della perforazione -5,32m da p.c.
- Installato piezometro diametro 2" (0-3m cieco - 3-20m fessurato) e pozzetto carrabile 30x30 con chiusino in ghisa a protezione del terminale piezometrico
- eseguito il sondaggio a carotaggio continuo con carotiere semplice diametro 131mm e corona in widia

Committente: ITALFERR SPA

Sondaggio: PNNT01F05

Riferimento: STAZIONE S.ANTONINO-VAIE

Data: 09.08.18

Fotografie - Pagina 1/3

Pagina 1



Sond. PNNT01F05 cassa 1 da 0,00 a 5,00m



Sond. PNNT01F05 cassa 2 da 5,00 a 10,00m

Committente: ITALFERR SPA

Sondaggio: PNNT0IF05

Riferimento: STAZIONE S.ANTONINO-VAIE

Data: 09.08.18

Fotografie - Pagina 2/3

Pagina 2



Sond. PNNT0IF05 cassa 3 da 10,00 a 15,00m



Sond. PNNT0IF05 cassa 4 da 15,00 a 20,00m

Committente: ITALFERR SPA

Sondaggio: PNNT01F05

Riferimento: STAZIONE S.ANTONINO-VAIE

Data: 09.08.18

Fotografie - Pagina 3/3

Pagina 3



posizionamento su sondaggio PNNT01F05



