

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP J34H16000620009

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

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

POTENZIAMENTO LINEA VENEZIA TRIESTE

Posti di Movimento e Varianti di Tracciato

LOTTO 3: Variante di tracciato a Portogruaro

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E
SISMICA

SCALA:

-

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

I Z 0 4 3 0 R 6 9 R G G E 0 0 0 1 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	S. Romano 	Giugno 2021	F. D'Alessandro 	Giugno 2021	S. Lo Presti 	Giugno 2021	M. Comedini Giugno 2021
								 Dot. Geol. Massimo Comedini Ordine dei Geologi del' Lazio n° 2103

File: IZ0430R69RGGE0001001A

n. Elab.

INDICE

1	PREMESSA	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
2.1	NORMATIVA SUI VINCOLI	6
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	7
4	ALLEGATI	8
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	9
5.1	CARATTERI TETTONICO-STRUTTURALI	10
5.2	EVOLUZIONE GEOLOGICA	10
5.3	ASSETTO STRATIGRAFICO	11
6	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	13
6.1	GEOMORFOLOGIA DELL'AREA	14
7	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	17
8	CARTOGRAFIA DEL RISCHIO E VINCOLI TERRITORIALI	21
8.1	VINCOLO IDROGEOLOGICO E PAESISTICO	21
8.2	RISCHIO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	21
9	INDAGINI GEOGNOSTICHE	24
9.1	CAMPAGNA INDAGINI	24
9.1.1	<i>Sondaggi geognostici</i>	24
9.1.2	<i>Prove penetrometriche</i>	25
9.1.3	<i>Prospezioni sismiche</i>	26
10	MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DI RIFERIMENTO	27
10.1	UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE	27
10.1.1	<i>Depositi continentali quaternari</i>	28
10.2	LIVELLI PIEZOMETRICI	30
10.3	CARATTERISTICHE DI PERMEABILITÀ	31

11	SISMICITÀ DELL'AREA.....	33
11.1	SISMICITÀ STORICA	35
11.2	SISMICITÀ ATTUALE	39
11.3	PERICOLOSITÀ SISMICA	43
11.4	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO.....	45
11.5	ANALISI DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE	46
12	CONCLUSIONI	52
13	BIBLIOGRAFIA	54

1 PREMESSA

Nell'ambito dell'esecuzione dello studio per il *"Potenziamento linea Venezia Trieste: Posti di movimento e varianti di tracciato – Lotto 3: Variante di tracciato a Portogruaro"* sono stati effettuati i rilievi e gli approfondimenti propedeutici alla redazione degli elaborati di sintesi previsti dal progetto stesso.



Figura 1 - Corografia in scala 1:25000 dell'area di studio geologico con individuazione dell'opera in progetto (linea blu).

In particolare, il presente studio è relativo all'intervento per la variante di tracciato in corrispondenza del Comune di Portogruaro (VE), e si è svolto attraverso le seguenti fasi operative:

- acquisizione ed analisi degli studi geologici esistenti riguardanti l'area di interesse;
- approfondimenti conoscitivi mediante studi fotointerpretativi condotti su ortofoto;
- rilievi diretti sul terreno mirati alla definizione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area;
- acquisizione ed analisi delle indagini geognostiche disponibili ed appositamente realizzate nell'area di interesse progettuale;
- analisi dei dati e redazione delle presenti note di sintesi e degli elaborati cartografici a corredo.

L'area di studio si colloca nella porzione sud-orientale della regione Veneto, nel territorio comunale di Portogruaro (VE).

Con riferimento alla Carta Topografica d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.), l'area oggetto di studi è individuabile all'interno del Foglio 39 (Pordenone) in scala 1:100000, nella Tavoletta 39-II-NE (Portogruaro) in scala 1:25000, e, con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Regione Veneto, nell'elemento 107034 in scala 1:5.000.

Dal punto di vista morfologico l'area di studio si colloca in un settore pianeggiante della medio-bassa Pianura Veneta. Si tratta di un territorio caratterizzato da una debole pendenza (valori dell'ordine dell'1-3 %, ad eccezione del settore nord-orientale), generalmente orientata da Nord-Nord-Ovest verso Sud-Sud-Est. Le quote topografiche nell'area di interesse variano da circa 1 a 10 m s.l.m.

Il principale corso d'acqua dell'area è rappresentato dal Fiume Lèmene, che nasce in corrispondenza della fascia delle risorgive ad est di Casarsa e sfocia nel Mar Adriatico a nord di Caorle. Nei pressi dell'area di studio confluiscono in sponda occidentale del Fiume Lèmene la Roggia Versiola e il Fiume Règhena. La rete idrografica superficiale è inoltre rappresentata da canali sia naturali che artificiali, che svolgono importanti funzioni irrigue e di scolo, sviluppando una notevole ramificazione e gerarchizzazione anche a livello capillare.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Di seguito si riporta una sintesi della normativa nazionale e regionale di riferimento per il presente studio:

- D.M. del 11/03/1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- D.M. LL.PP. del 16/01/1996 "Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche";
- UNI EN del 1997 "Eurocodice 7 e ss.mm.ii. - Progettazione geotecnica";
- UNI EN del 1998 "Eurocodice 8 e ss.mm.ii. - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica";
- D.P.R. 380 del 06/06/2001 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia";
- D.M. Infrastrutture del 14/01/2008 "Nuove Norme Tecniche per Costruzioni";
- D.M. II.TT. del 04/02/2008 - Circolare 617 del 2 febbraio 2009 "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni» di cui al D.M. Infrastrutture del 14/01/2008".
- D.M. Infrastrutture del 17/01/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Circolare 7 del 21 gennaio 2019 C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni»» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018

2.1 Normativa sui vincoli

Nel seguito vengono elencati i riferimenti normativi relativi a tutti i vincoli territoriali consultati per il presente lavoro:

- R.D.L. 3267 del 30/12/1923 "Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di territori montani";
- R.D. 1126 del 16/05/1926 "Approvazione del regolamento per l'applicazione del regio decreto 30 dicembre 1923, n. 3267, concernente il riordinamento e la riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani";
- D.P.R. 236 del 24/05/1988 "Attuazione della direttiva n. 80/778/CEE concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183";
- D.Lgs. 152 del 03/04/2006 "Norme in materia ambientale".

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nella presente relazione si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

Italferr 2021

POTENZIAMENTO LINEA VENEZIA TRIESTE: Posti di Movimento e Varianti di Tracciato
LOTTO 3: Variante di tracciato a Portogruaro
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IZ04 30 R69 SG GE0005 001 A	Indagini geognostiche	-
IZ04 30 R69 IG GE0005 001 A	Indagini geofisiche	-
IZ04 30 R69 PR GE0005 001 A	Prove geotecniche di laboratorio	-
IZ04 30 R69 RH GE0005 001 A	Indagini pregresse	-

Italferr 2018

“Potenziamento linea Venezia-Trieste Soppressione passaggi a livello e varianti di tracciato”
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IZ04 00 R 69 RG GE0001 001 A	Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	-
IZ04 00 R 69 NZ GE0001 001-6 A	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profili geologici	1:10000 1:2000/1:500
IZ04 00 R 69 NZ GE0002 001-6 A	Carta dei complessi idrogeologici e profili idrogeologici	1:10000 1:2000/1:500
IZ04 00 R 69 IG GE0005 001 A	Indagini geofisiche	-
IZ04 00 R 69 SG GE0005 001 A	Sondaggi e stratigrafie	-
IZ04 00 R 69 SG GE0005 002 A	Indagini geognostiche bibliografiche	-
IZ04 00 R 69 PR GE0005 001-3 A	Prove di laboratorio	-
IZ04 00 R 69 RH GE0005 001 B	Monitoraggio piezometrico	-

4 ALLEGATI

A corredo della presente relazione sono stati elaborati i seguenti documenti:

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IZ04 30 R 69 L5 GE0001 001 A	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico	1:5000 1:5000/500
IZ04 30 R 69 L5 GE0002 001 A	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico	1:5000 1:5000/500
IZ04 30 R 69 P5 GE0005 001 A	Planimetria con ubicazione delle indagini	1:5000

5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Da un punto di vista geologico-strutturale l'area in esame si colloca nella medio-bassa Pianura Veneta. Tale settore è riferibile all'avampaese neogenico-quadernario della Catena Sudalpina orientale SE-vergente, il quale, a partire dal Pliocene, è condiviso con la Catena Appenninica settentrionale NE-vergente. In un contesto regionale più ampio, l'avampaese è situato all'estremità nord-orientale della microplacca adriatica, che sottoscorre verso NW al di sotto delle Alpi s.s. (Castellarin et al. 2006). L'area è caratterizzata da depositi quaternari continentali, di origine alluvionale, fluvio-glaciale e palustre.

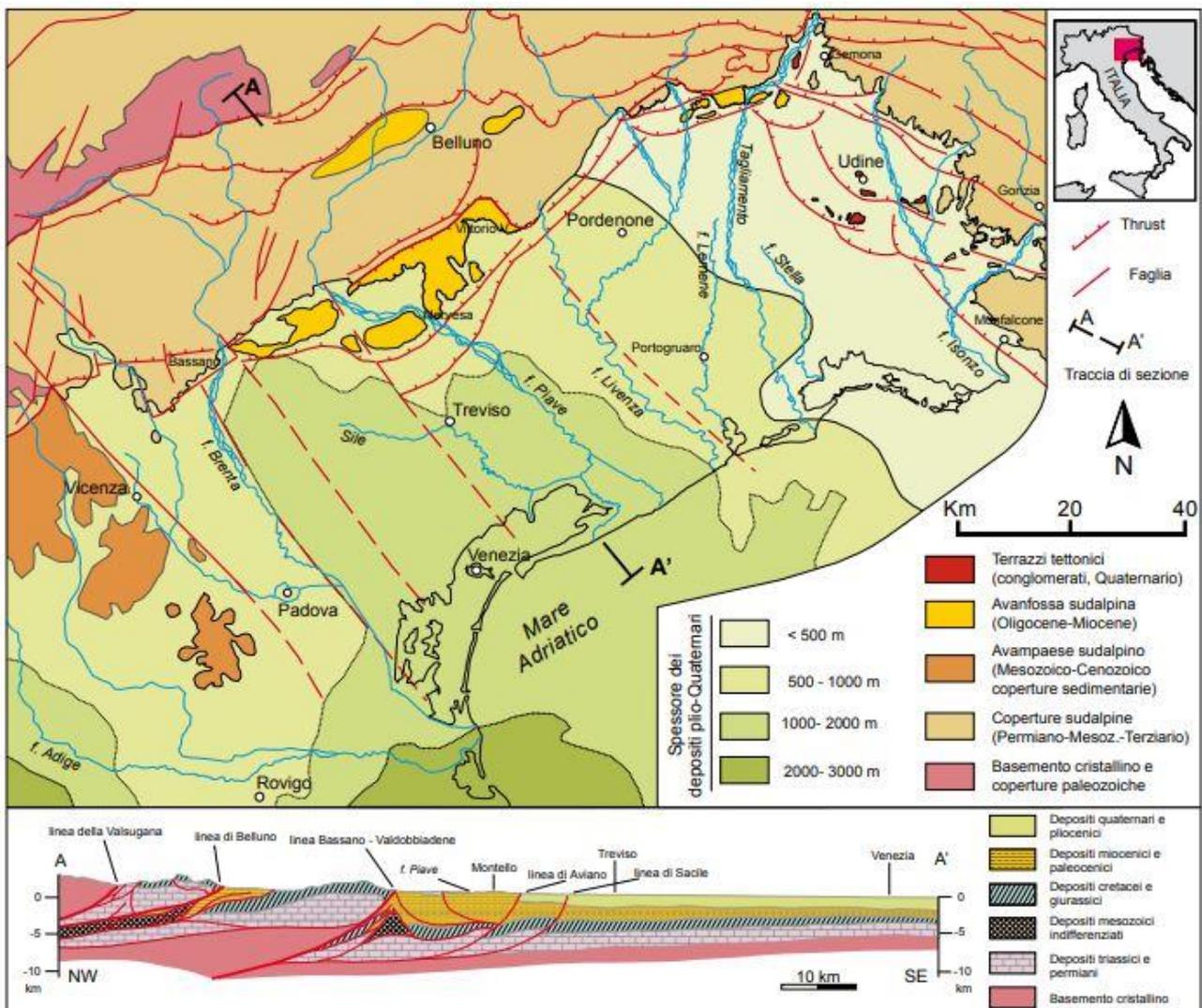


Figura 2 – Schema geologico strutturale della pianura veneto-friulana, con profilo geologico del settore centrale (Provincia di Venezia 2008).

5.1 Caratteri tettonico-strutturali

L'area di studio è situata in un settore di pianura posto a sud della Catena Sudalpina orientale, un sistema a pieghe e sovrascorrimenti retrovergente rispetto alla Catena Alpina (Schmid et al. 2004). La Catena Sudalpina si estende dal sistema della faglia Schio-Vicenza ad ovest al sistema di Idrija (ad est) che interessa la zona al confine italo-sloveno, mentre a nord è separata dal sistema Austroalpino dal Lineamento Periadriatico.

In Veneto, il fronte sudalpino è sepolto sotto la piana alluvionale pedealpina, mentre i thrust più esterni dell'avampaese appenninico sono sepolti sotto l'attuale pianura padana orientale (Sugan & Peruzza 2011). L'attività delle strutture sepolte è stata analizzata attraverso dati di sottosuolo ricavati da pozzi e da metodi indiretti di indagine geofisica. Varie faglie con andamento NO-SE che attraversano la pianura veneta, sembra abbiano avuto scarsa attività quaternaria. Al contrario, per la faglia Schio-Vicenza sono presenti evidenze di attivazione quaternaria (Tosi et al. 2007).

La pianura veneto-friulana è ricoperta da una potente successione sedimentaria di età terziaria e quaternaria nella quale sono evidenti le tracce degli eventi magmatici e tettonici succedutisi nel tempo, schematizzabili sinteticamente in tre principali fasi:

- **Evoluzione Pre-Orogenesi** (Paleozoico – Triassico): in questa prima fase il substrato è costituito essenzialmente dal basamento cristallino, caratterizzato da numerose associazioni granitoidi intercalate a rocce clastiche e vulcaniche. Non si hanno significativi eventi tettonici almeno fino all'inizio del Triassico, quando si assiste ad un progressivo *uplift* e ad una estensione dell'area, accompagnata dall'attività magmatica tipica delle fasi iniziali dell'evento eoalpino.
- **Evoluzione Sin-Orogenesi** (Giurassico superiore – Miocene superiore): dal Giurassico superiore – Cretaceo inferiore si assiste alla progressiva apertura del bacino tetideo settentrionale che comporta una prima differenziazione all'interno degli ambienti di sedimentazione del Bacino di Belluno. Quest'ultimo, a sua volta è dislocato da diverse faglie estensionali ad andamento NW-SE, antecedenti alla tettonica trassensionale a direzione prevalentemente NE-SW. Successivamente, durante il Paleogene si assiste alla progressiva scomparsa della Piattaforma Carbonatica Friulana in conseguenza del sollevamento che ha investito l'intera area. Tra l'Oligocene superiore ed il Miocene medio si succede, infine, l'evento Insubrico che conferisce, nel complesso, all'area le caratteristiche strutturali e deposizionali di un avampaese distale. Verso sud, quindi, il fronte alpino è ormai sepolto dai depositi di piana alluvionale pedealpina, mentre ad est alcuni dei sovrascorrimenti più esterni, affioranti parzialmente nel mezzo della pianura friulana, danno luogo, attualmente, a terrazzi tettonici sollevati di pochi metri rispetto alle aree limitrofe (Fontana 2006). Dal Serravaliano al Messiniano, infine, durante la fase neoalpina, l'intera area risente del veloce avanzamento verso SE del fronte della catena subalpina orientale.
- **Evoluzione Post-Orogenesi** (Pliocene inferiore - Quaternario): durante il Pliocene inferiore il regime compressivo, in parte ancora esistente nell'area mediterranea settentrionale, favorisce l'avanzamento del fronte appenninico verso NE mentre i continui stress tensionali inducono la crosta continentale adriatica a flessurarsi, con la conseguente formazione del *boulge* periferico che investe l'attuale area lagunare, in seguito sommersa.

5.2 Evoluzione geologica

La paleogeografia della pianura veneta è rappresentata, per tutto il periodo che va dal Giurassico al Cretacico, dal sistema Bacino di Belluno-Piattaforma Carbonatica Friulana (PCF). Tale sistema si è instaurato durante il Giurassico inferiore, in un contesto tettonico estensionale e trassensionale. Il caratteristico andamento a gradini ha evidenziato, durante il Cretacico, un quadro tettonico dominato da faglie normali segmentate da faglie trascorrenti o transtensive. Analogamente all'evento tettonico Dinarico (Cretacico superiore-Eocene), responsabile della

strutturazione delle Dinaridi esterne nella regione sloveno-friulana e dolomitica, l'area analizzata è venuta a trovarsi in un contesto di rialzo periferico di avampaese rispetto ai sovrascorrimenti WSW-vergenti di tale catena (Fontana et al. 2011 e bibliografia citata) Questa serie di eventi ha condotto al sollevamento e alla successiva estinzione della PCF, a fenomeni carsici e di erosione subaerea. Diversamente, nel Bacino di Belluno, lo spazio ereditato dalla subsidenza mesozoica è stato colmato durante il Paleogene, da depositi progradanti verso nord, dapprima emipelagici, poi torbiditi distali e infine deltizi.

Dall'Oligocene superiore, il sottoscorrimento della placca Adriatica al di sotto del sistema alpino s.s. e la trascorrenza destra lungo il Lineamento Periadriatico, hanno portato alla formazione della Catena Sudalpina orientale a pieghe e sovrascorrimenti SE-vergenti (Zanferrari et al. 2008). In tale contesto, tra la fine dell'Oligocene e il Langhiano, l'area veneto-friulana e l'offshore adriatico hanno rappresentato un settore di avampaese distale in lento spostamento verso SSW, registrando una sedimentazione prevalentemente terrigena. Dal Serravalliano al Messiniano, l'avanzare verso SE del fronte della catena Sudalpina orientale ha determinato la formazione di un'avanfossa con depocentro nell'area prealpina veneta orientale e friulana (Massari et al. 1986a; Massari et al. 1986b; Fantoni et al. 2002). La definitiva emersione dell'area è avvenuta a partire dal Pleistocene, grazie al continuo sollevamento dovuto alla strutturazione della Catena Sudalpina.

5.3 Assetto stratigrafico

Con diretto riferimento a quanto riportato nella Carta Geolitologica del Comune di Portogruaro in scala 1:10000 (Figura 3, P.A.T. 2012), le successioni stratigrafiche presenti nell'area di interesse possono essere distinte, dal basso verso l'alto, in:

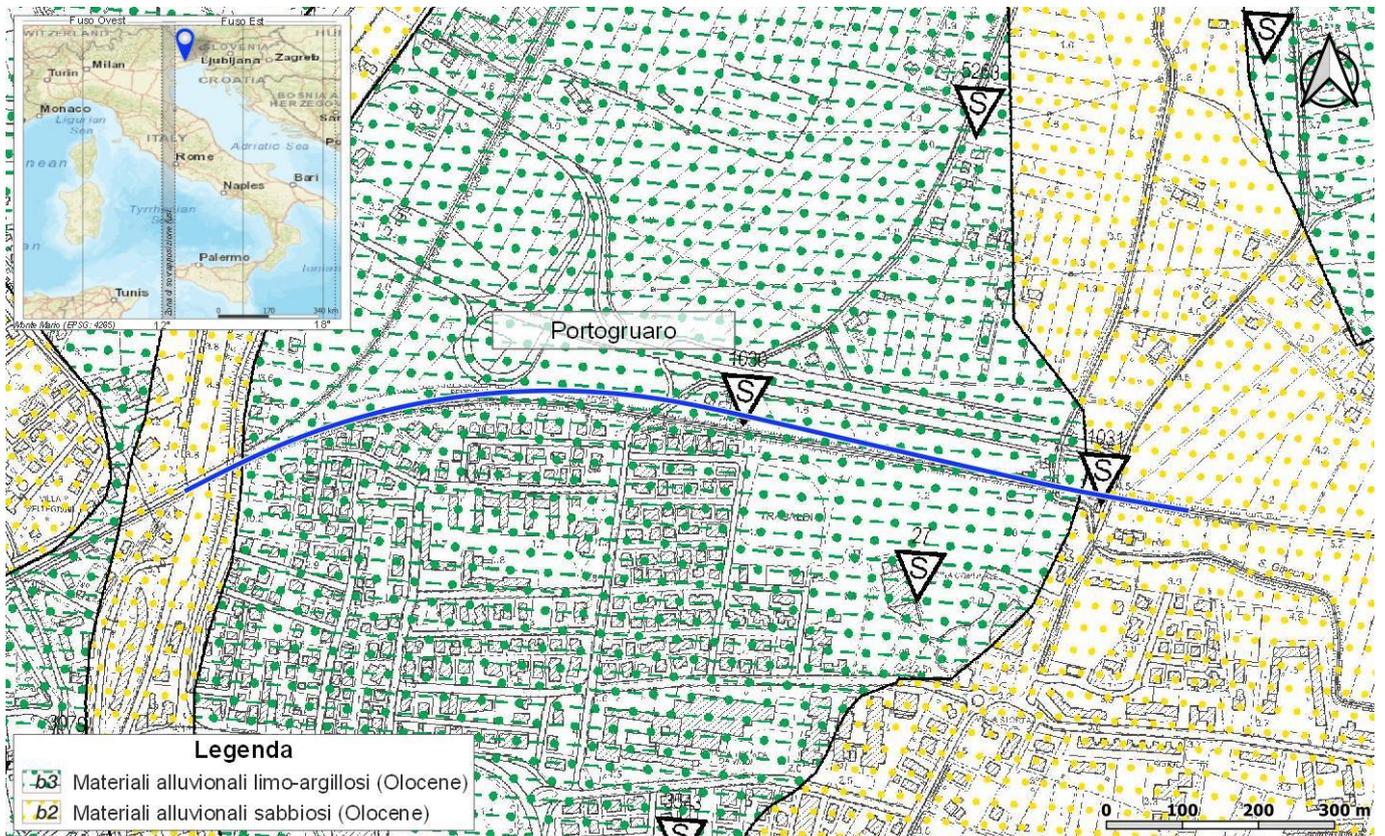


Figura 3 - Stralcio della “Carta Geolitologica” del comune di Portogruaro (P.A.T. 2012 - in scala 1:10000), con indicazione dell’opera di progetto (linea blu).

- **Materiali alluvionali limo-argillosi (b3):** Materiali alluvionali, fluvio-glaciali, morenici o lacustri a tessitura prevalentemente limo argillosa. *Olocene*.
- **Materiali alluvionali sabbiosi (b2):** Materiali alluvionali, fluvio-glaciali, morenici o lacustri a tessitura prevalentemente sabbiosa. *Olocene*.

6 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La genesi della pianura veneto-friulana è legata principalmente allo sviluppo dei grandi fiumi che la attraversano, quali il Fiume Tagliamento, il Piave, il Brenta e l'Isonzo, caratterizzati da estesi bacini idrografici alpini, sede di numerosi ed imponenti ghiacciai nel Pleistocene. Durante il periodo compreso all'incirca tra 30,000-17,000 anni fa si esplicano, infatti, i principali processi da cui derivano depositi e morfologie ben evidenti non soltanto in superficie ma anche a debole profondità dall'attuale piano campagna. Nello specifico, i sedimenti risalenti agli ultimi 17,000 anni fa sono genericamente definiti come depositi relativi al periodo post-LGM, essendosi formati in condizioni climatiche differenti.

L'evoluzione geologica antecedente al LGM può essere delineata solo sommariamente nonostante la presenza di alcuni importanti marker stratigrafici, eccezion fatta per il settore compreso tra Montello e l'area in cui si individuano le sorgenti del Sile, nell'alta pianura trevigiana (Bondesan et al. 2002; Bondesan et al. 2004), in cui affiorano ampiamente i depositi alluvionali precedenti al LGM. Di seguito si riporta una breve sintesi riguardo i processi geologici e geomorfologici esplicitatisi durante il LGM.

- **Pre-LGM** (>30,000 anni fa): durante questo periodo la pianura è interessata da una notevole fase di sedimentazione confrontabile, per valori di aggradazione e architettura deposizionale, con la fase di deposizione verificatasi durante il LGM. Dai dati emersi dai sondaggi effettuati nell'area si desume, inoltre, che nel sottosuolo della bassa pianura veneto-friulana, sono presenti depositi prevalentemente limosi e limoso-argillosi con sottili canali sabbiosi a geometria lentiforme (Bondesan et al. 2004; Tosi et al. 2007).
- **LGM** (30,000-17,000 anni fa): in questo periodo si svolge uno dei maggiori processi morfoevolutivi interessanti l'intero settore nord-orientale italiano, in cui i ghiacciai raggiungono la loro massima espansione pleistocenica occupando le principali valli alpine, fino a lambire le pianure (Fontana et al. 2008). Le condizioni ambientali, glaciali e periglaciali, che si instaurano durante questo periodo favoriscono una notevole produzione di detriti, mentre il movimento dei ghiacciai verso valle ne garantisce un efficace trasporto alimentando, inoltre, i sistemi fluvio-glaciali e portando all'aumento della portata liquida e del quantitativo di carico solido dei corsi d'acqua.

L'instaurarsi di tali nuove condizioni favorisce lo sviluppo dei grandi sistemi alluvionali e deposizionali dei megafan i quali materializzano l'aggradazione dell'intera ed attuale area di pianura (Fontana et al. 2008). E', inoltre, durante questo periodo che si ha la deposizione del cosiddetto "livello fondamentale della pianura", affiorante nell'intera pianura lombarda (Cremaschi 1987, Marchetti 1990). Lo spessore dei sedimenti depositisi durante questa fase in genere è superiore a 15 metri e localmente può raggiungere uno spessore massimo di 25-30 metri, come testimoniano i depositi costituenti i megafan alluvionali dei fiumi Tagliamento e Piave, nonché quelli costituenti il megafan del fiume Brenta.

- **Post-LGM** (17,000 ad oggi): la fine del LGM è segnata dall'inizio del periodo Tardoglaciale, durante il quale l'intera area pianeggiante subisce un'ulteriore fase di evoluzione. Tale fase si caratterizza per la totale mancanza di sedimentazione e per il potere erosivo che acquisiscono i corsi d'acqua, i quali si trovano ora in forte fase di approfondimento. I depositi dei megafan dei fiumi Tagliamento e Piave sono, quindi, sottoposti ad un'importante fase di terrazzamento che si prolunga fino alla base dell'Olocene; successivamente tali incisioni sono parzialmente colmate dai sedimenti provenienti da ambienti lagunari e deltizi. Nei settori più distali della piana i depositi tardoglaciali sono separati da quelli riferibili all'LGM da una ben visibile unconformity, identificata con un paleosuolo noto in letteratura scientifica come "Caranto" (Tosi et al. 2007).

Dagli studi geomorfologici di dettaglio condotti in passato (Castiglioni et al. 1991, Cavallin et al. 1987, Bondesan et al. 2004), si evince che il principale agente morfoevolutivo che ha delineato le forme tipiche di tali aree è rappresentato dall'erosione lineare fluviale le cui tracce sono, attualmente, ben visibili sul terreno. A seconda se si



POTENZIAMENTO LINEA VENEZIA TRIESTE

Posti di Movimento e Varianti di Tracciato

LOTTO 3: Variante di tracciato a Portogruaro

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ04	30	R69RG	GE 00 01 001	A	14 di 57

tratti della zona interna e, quindi, prossima al limite superiore della fascia pedemontana, oppure della zona esterna, a morfologia ancor più pianeggiante e prossimale alla zona di pertinenza marina, si possono distinguere diverse forme.

Della fascia interna distinguiamo:

- dossi fluviali;
- scarpate di terrazzo fluviale;
- corsi fluviali abbandonati;
- ventagli di esondazione;
- vallecicole a “V” ed “U”.

Nella fascia esterna, sono presenti forme naturali ed antropiche, quali:

- vasti depositi sabbiosi di ambiente litoraneo;
- cordoni litoranei;
- canali lagunari abbandonati;
- antiche ripe di erosione marina;
- aree di cava;
- aree bonificate;
- aree urbane antiche e recenti.

Nel complesso, l'area di studio può dirsi (Castiglioni et al. 1991, Cavallin et al. 1987, Bondesan et al. 2004) caratterizzata dalla presenza di diverse forme derivanti da differenti processi morfogenetici che si esplicano sulle varie tipologie di depositi. Nello specifico, si distinguono:

- Forme, processi e depositi dovuti alle acque correnti superficiali;
- Forme, processi e depositi di origine marina, lagunare o lacustre;
- Forme antropiche e manufatti.

6.1 Geomorfologia dell'area

L'evoluzione geomorfologica dell'area ed i principali elementi morfologici presenti sul territorio sono direttamente connessi con il deflusso delle acque correnti superficiali e con la natura e la permeabilità dei litotipi presenti. In particolare, il principale fattore morfogenetico del territorio è rappresentato dal sistema fluviale del Fiume Lèmene, che si sviluppa dalla fascia delle risorgive fino al Mar Adriatico, e dai suoi affluenti.

Dal punto di vista morfologico l'area di studio si colloca in un territorio sub-pianeggiante della Bassa Pianura Veneta. Si tratta di un territorio caratterizzato da depositi alluvionali e che presenta una debole pendenza (valori dell'ordine dell'1-3 ‰, ad eccezione del settore nord-orientale), generalmente orientata da NNW verso SSE (Figura 4). L'orografia dell'area, tipica di un settore pianeggiante, è molto regolare e poco articolata, con una quota minima di circa 1 m s.l.m. nel settore centrale e una quota massima di circa 10 m s.l.m. in corrispondenza di alcuni rilevati stradali. Il settore nord-orientale dell'area di studio è caratterizzato dalla presenza di un terrazzo fluviale, bordato da una blanda scarpata fluviale inattiva con andamento circa NNW-SSE, e rialzato di circa 3 metri rispetto al settore centrale. Inoltre, l'area di studio, specialmente nel settore centro-occidentale e lungo il tracciato ferroviario, è caratterizzata da numerose forme antropiche come rilevati stradali, rilevati ferroviari e canali (Figura 4, Figura 5).

L'idrografia è contraddistinta dalla presenza di un'asta fluviale principale rappresentata dal Fiume Lèmene (Figura 6), che nasce in corrispondenza della fascia delle risorgive ad est di Casarsa e con andamento generale N-S, sfocia nel Mar Adriatico a nord di Caorle. Nei pressi dell'area di studio confluiscono in sponda occidentale del Fiume Lèmene la Roggia Versiola e il Fiume Règhena. La rete idrografica superficiale è inoltre rappresentata da canali sia

naturali che artificiali, che svolgono importanti funzioni irrigue e di scolo, sviluppando una notevole ramificazione e gerarchizzazione anche a livello capillare.



Figura 4 – Panoramica del settore di piana alluvionale e del rilevato stradale della SS14, ripresa da NE.

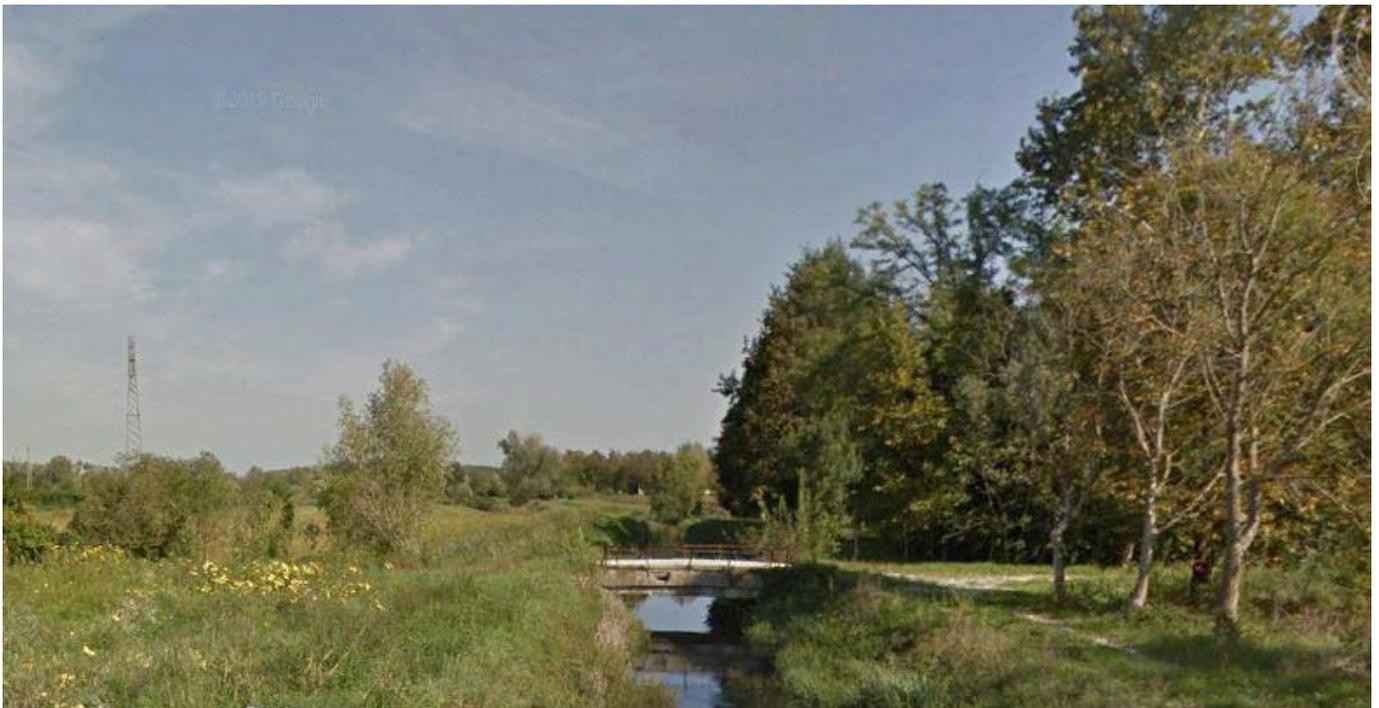


Figura 5 – Dettaglio di un canale artificiale nel settore orientale dell'area di studio, ripreso da SSW.



Figura 6 – Dettaglio del Fiume Lèmene in corrispondenza di Portogruaro, ripresa da N.

7 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'area di studio si caratterizza per la presenza di una modesta falda freatica e di diverse falde in pressione le quali, procedendo da nord a sud, decrescono in numero, spessore, granulometria dei depositi e qualità delle acque.

Secondo quanto riportato dalla "Carta delle tessiture dei depositi superficiali" e dalla "Carta idrogeologica regionale" prodotte dal CNR, la pianura veneto-friulana, dal punto di vista idrogeologico può essere suddivisa in tre principali fasce (Aurighi & Zangheri 2001, Dal Prà et al. 2000, Garbellini & Zangheri 2001, Zangheri et al. 2008), qui di seguito descritte brevemente:

- **Alta pianura:** costituita da alluvioni grossolane accumulate nella fase di decrescita delle piane da alcuni fiumi e torrenti; sono presenti imponenti conoidi di deiezione asciutti gran parte del tempo per l'elevata permeabilità, con corsi d'acqua morfologicamente caratterizzati da una distesa di alluvioni solcate da una rete di canali appena incisi che costituiscono il letto di magra. È presente una falda freatica con superficie libera del pelo d'acqua posta ad una profondità decrescente proseguendo dalla base del versante verso valle;
- **Media pianura:** caratterizzata dalla presenza di più falde sovrapposte ed in pressione, nonché di numerosi pozzi artesiani, in cui l'acqua fuoriesce senza l'ausilio di pompe per pressione naturale;
- **Bassa pianura:** caratterizzata da un sistema di falde in pressione alloggiato nei livelli sabbioso-ghiaiosi permeabili e separate da orizzonti impermeabili o semi-permeabili argilloso-limoso-sabbiosi. La pendenza si riduce notevolmente e l'andamento dei corsi d'acqua è tipicamente meandriforme. Il deflusso in condizioni normali si presenta lento e tranquillo, ma in occasione di eventi di piena i corsi d'acqua e in particolare il Tagliamento (1966-1969) possono trascinare dagli argini.

In linea generale, il modello idrogeologico proposto per l'intera pianura veneto-friulana, come detto in precedenza, riguarda una serie di acquiferi in pressione sovrapposti e dai rapporti geometrici particolarmente complessi (Figura 7).

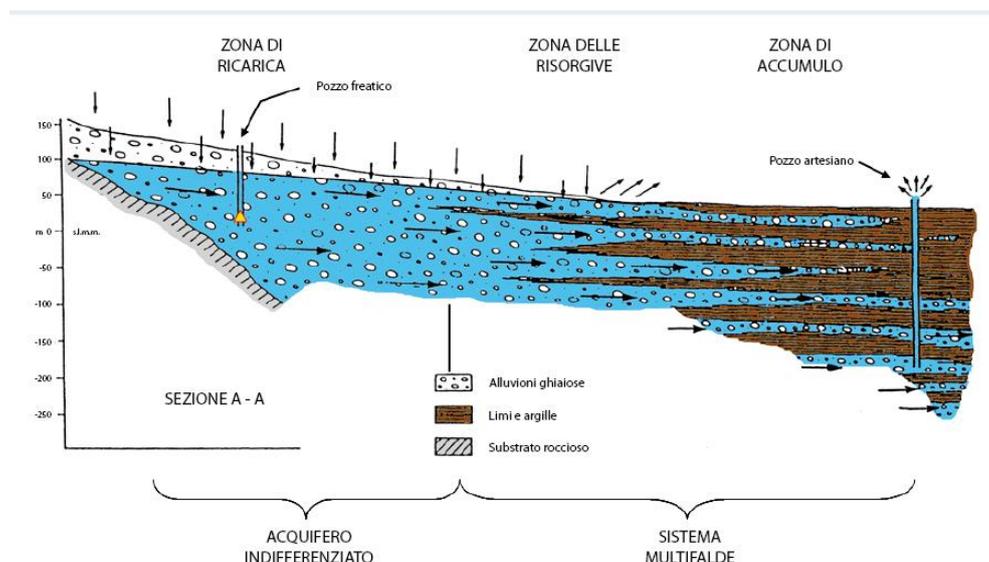


Figura 7 - Schema idrogeologico e dell'interdigitazione dei sedimenti nella pianura veneto-friulana (da Dal Prà et al. 2000).



POTENZIAMENTO LINEA VENEZIA TRIESTE

Posti di Movimento e Varianti di Tracciato
LOTTO 3: Variante di tracciato a Portogruaro

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ04	30	R69RG	GE 00 01 001	A	18 di 57

Nella zona di transizione tra l'alta e la media pianura veneto-friulana sono presenti, in un ampio areale, le numerose emergenze idriche che danno luogo alla nota fascia delle risorgive (Figura 7).

La fascia territoriale delle risorgive, larga alcuni chilometri, in base alla variabilità stagionale del livello piezometrico, si sviluppa nella pianura veneto-friulana per circa 40 km in direzione Est Ovest a quote comprese tra i 30 e 40 m s.l.m..

Dall'allineamento di tali sorgenti traggono origine i fiumi di risorgiva, che, insieme alle canalizzazioni artificiali, costituiscono il reticolo idrografico della bassa pianura veneta orientale e friulana, impostato su un substrato essenzialmente impermeabile; anche le portate dei fiumi alpini (Tagliamento e Isonzo) aumentano in corrispondenza della linea delle risorgive. Tale situazione determina il passaggio da un potente e continuo sistema acquifero indifferenziato di tipo freatico a monte, ad un complesso sistema acquifero multifalda a valle, in stretta connessione reciproca (Stefanini & Cucchi 1977).

Nello specifico, la linea delle risorgive identifica il limite dove parte delle acque della falda freatica, che a nord permea i sedimenti ghiaiosi, vengono alla luce in virtù della diminuzione della permeabilità dei depositi, mentre nel sottosuolo si sviluppa un complesso sistema di falde artesiane.

Lungo tale fascia le acque della falda freatica dell'alta pianura si innalzano progressivamente, sia per la diminuzione della permeabilità del mezzo filtrante che per l'incremento della potenza degli orizzonti argillosi impermeabili, e diventano affioranti dando luogo a numerosi corsi d'acqua di risorgiva. Qui l'estensione nel sottosuolo di numerosi orizzonti argillosi impermeabili più o meno continui, intervallati da altri porosi, permette il costruirsi di falde artesiane che trasportano le acque ben oltre il limite costiero. I dati dei sondaggi geognostici e quelli derivanti dalla terebrazione di pozzi per lo sfruttamento dell'acqua, disponibili nella specifica letteratura scientifica, mostrano una bassa pianura dove si intercalano strati ghiaiosi ad altri di natura sabbiosa e/o argillosa che si collegano, non sempre con continuità, tra di loro.

Nel dettaglio, l'area di studio, ricadente nel settore di medio-bassa pianura, secondo la "Carta delle tessiture dei depositi superficiali" (Figura 8), è caratterizzata da depositi prevalentemente sabbiosi e limosi, mentre, secondo la "Carta idrogeologica regionale" (Figura 9), l'area è interessata da isofreatiche con valori compresi tra 0 e 5 m s.l.m.



Figura 8 - Carta delle tessiture dei depositi superficiali, il riquadro nero indica l'area di studio: I colori arancio, verde chiaro e verde scuro, indicano rispettivamente i depositi prevalentemente sabbiosi (dune); limosi, argillosi e torbe (barene); i depositi ghiaiosi inferiori ad 1 m. Infine in bordeaux sono riportate le aree urbane. La carta rende visibile le tre fasce di alta, media e bassa pianura (da IRSA 1996).

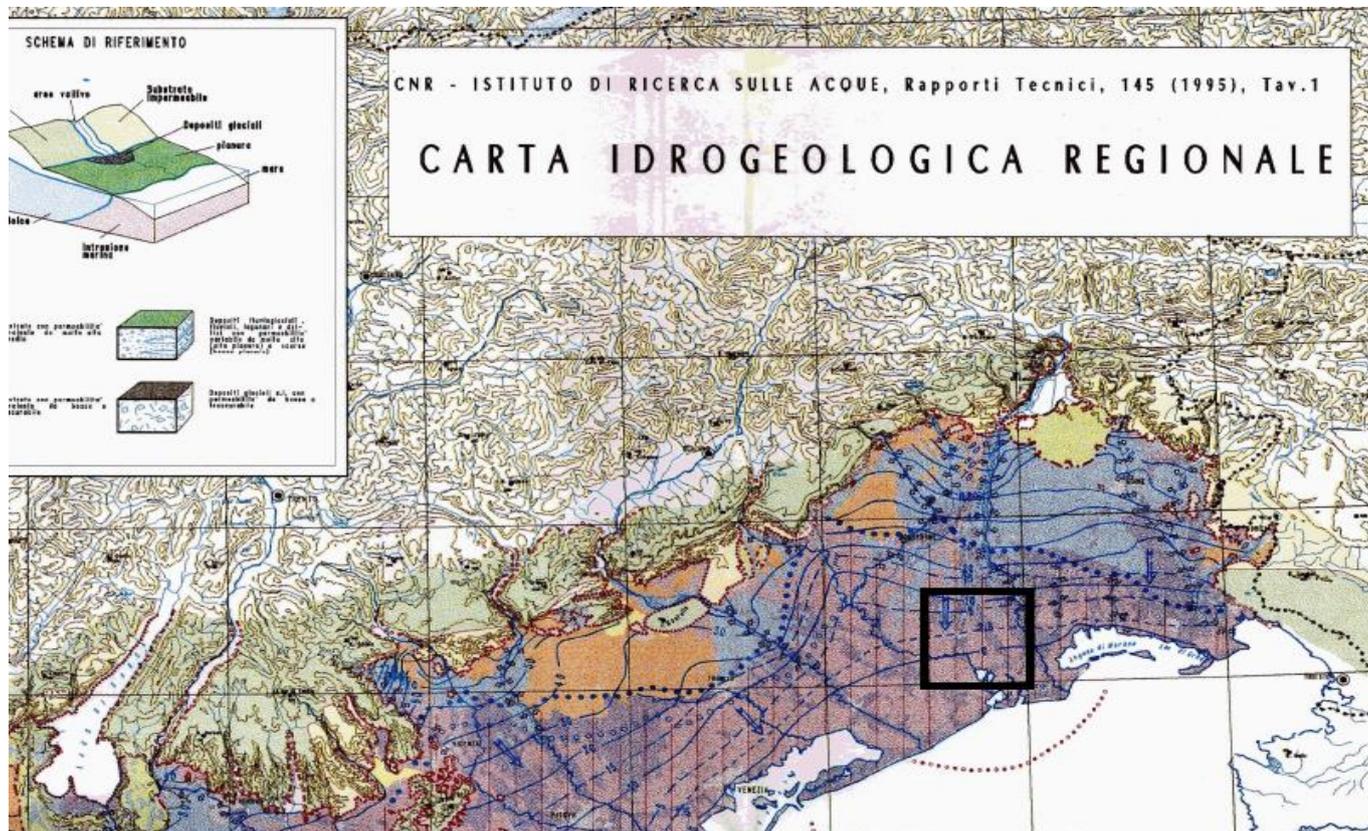


Figura 9 - Carta Idrogeologica regionale, il riquadro nero indica l'area di studio: le isofreatiche indicano che l'acqua scorre da monte verso mare, inoltre la profondità dalla falda è a quote minori man mano che ci spostiamo sulla costa. Il colore blu indica ghiaie, il viola sabbie senza copertura, il rosa limi e argille, l'arancio ghiaie con coltre di alterazione maggiore di 1m (da IRSA 1996).

8 CARTOGRAFIA DEL RISCHIO E VINCOLI TERRITORIALI

Di seguito vengono descritti i vincoli di tipo geologico che interessano l'area di studio, in riferimento alle normative nazionali.

8.1 Vincolo idrogeologico e paesistico

Per quanto concerne il Vincolo Idrogeologico (R.D.L. 3267/1923 e R.D. 1126/1926), sono stati consultati gli studi contenuti nella Carta delle aree soggette a vincolo idrogeologico (Geoportale Regione Veneto). Secondo tali cartografie, le opere in progetto non sono interessate da nessun areale di vincolo idrogeologico (cfr. Figura 10).

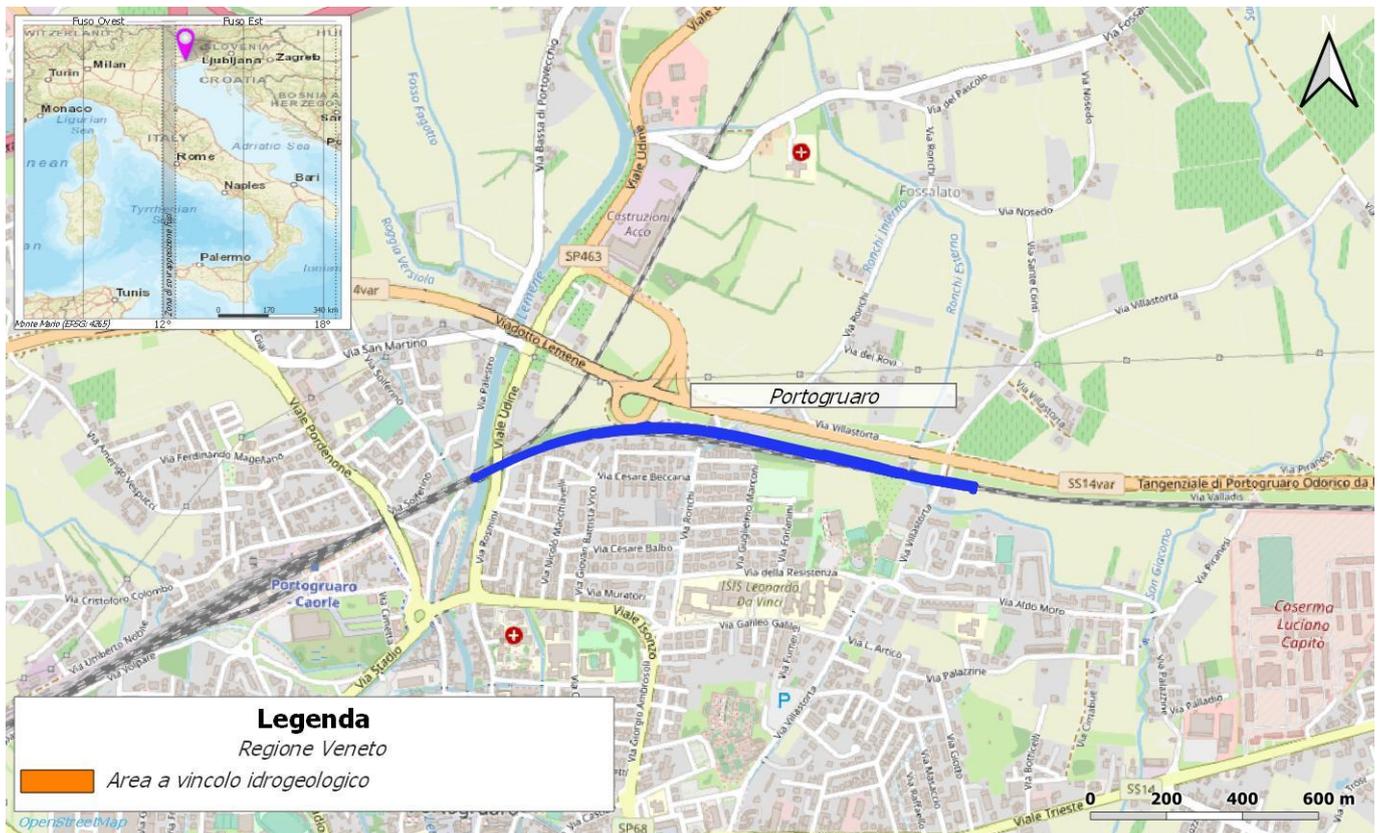


Figura 10 - Stralcio della Carta delle aree soggette a vincolo idrogeologico della Regione Veneto (2016), con indicazione dell'opera in progetto (linea blu).

8.2 Rischio geomorfologico ed idrogeologico

Relativamente al Rischio geomorfologico e idrogeologico, sono state consultate le cartografie tematiche del Piano stralcio di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Interregionale del Lemene. Secondo tali studi, il sito di progetto non ricade in areali di pericolosità geologica, e per tale motivo non sono state prodotte le relative cartografie (<https://www.regione.veneto.it/web/vas-via-vinca-nuvv/dalla-a-alla-z-dettaglio?articleId=312300>).

Dal punto di vista idraulico, le cartografie dell’Autorità di Bacino Interregionale del Lèmene indicano che il sito oggetto di studio non ricade in areali di rischio idraulico (Figura 11, Figura 12). Areali di **Rischio elevato (R3)** e **Rischio moderato (R1)** sono presenti rispettivamente a circa 100 m a NW e 230 m a N dell’opera in progetto.

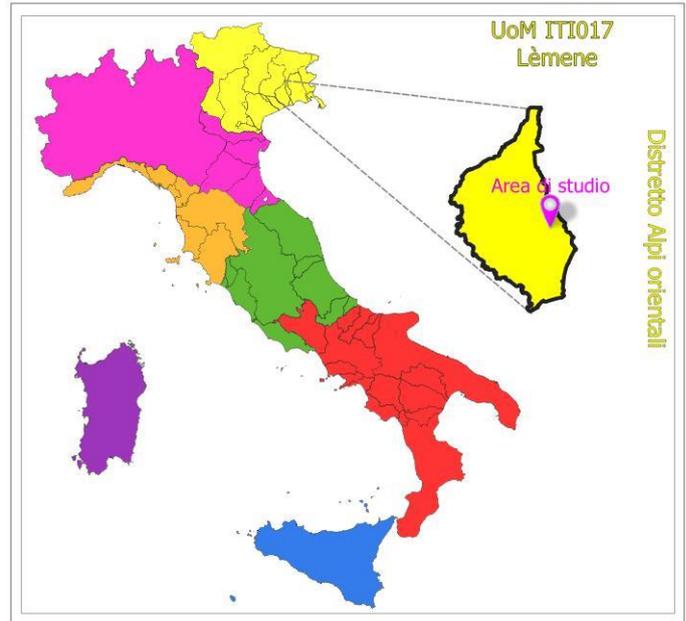


Figura 11 - Legenda delle cartografie del Distretto delle Alpi Orientali - Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del fiume Lèmene, con tavola di inquadramento della figura seguente.

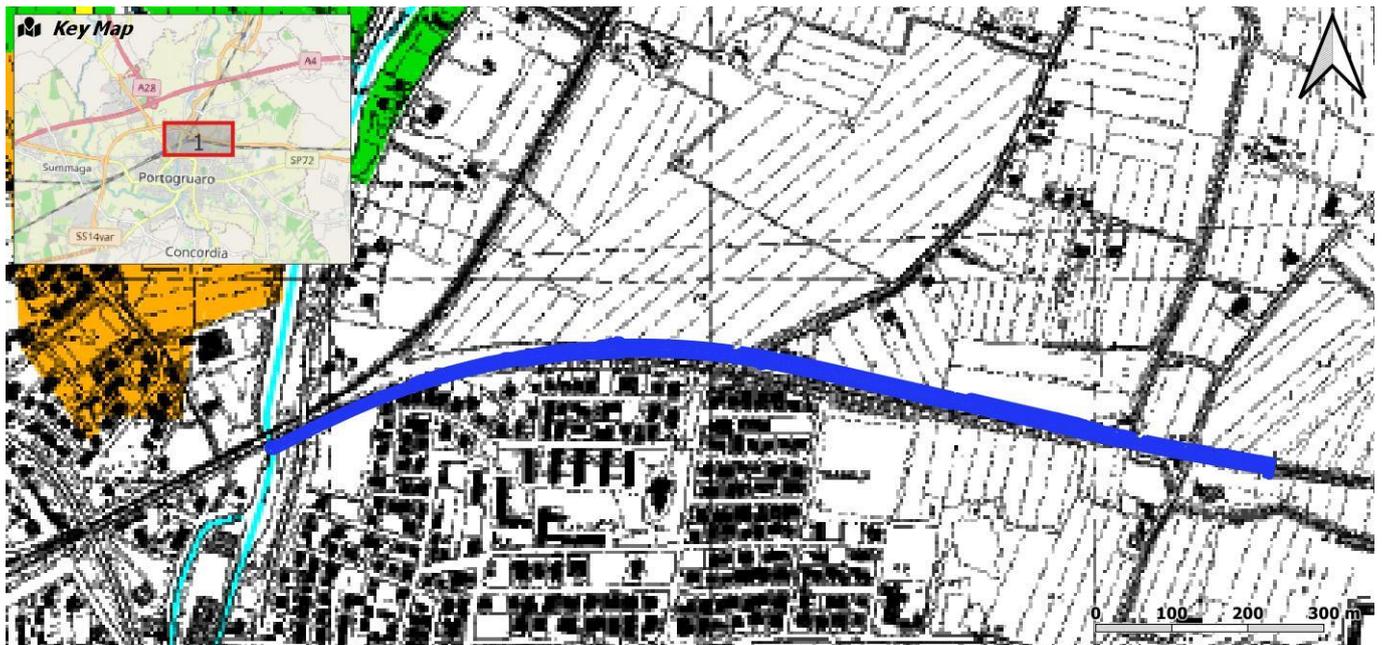


Figura 12 - Stralcio della carta di pericolosità idraulica del Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del fiume Lèmene, con individuazione dell’opera in progetto (linea blu, legenda: Figura 11) (2002).

Inoltre, relativamente al fenomeno della subsidenza è stata consultata la “Carta della subsidenza – Rilevanza del fenomeno” del Piano Provinciale di Emergenza della Città Metropolitana di Venezia – Allegato 7. Secondo tale cartografia il settore direttamente interessato delle opere in progetto ricade in un’area con rilevanza del fenomeno alta, con un tasso di abbassamento del suolo compreso tra 3 e 5 mm l’anno (cfr. Figura 13, Piano Provinciale di Emergenza della Città Metropolitana di Venezia 2007). Le principali cause della subsidenza naturale sono attribuibili ai movimenti tettonici profondi e alla compattazione naturale dei sedimenti quaternari. La subsidenza indotta dall’uomo ha tra le cause principali l’estrazione di fluidi dal sottosuolo e le modifiche dello stato fisico dei sedimenti (P.A.T. 2011).

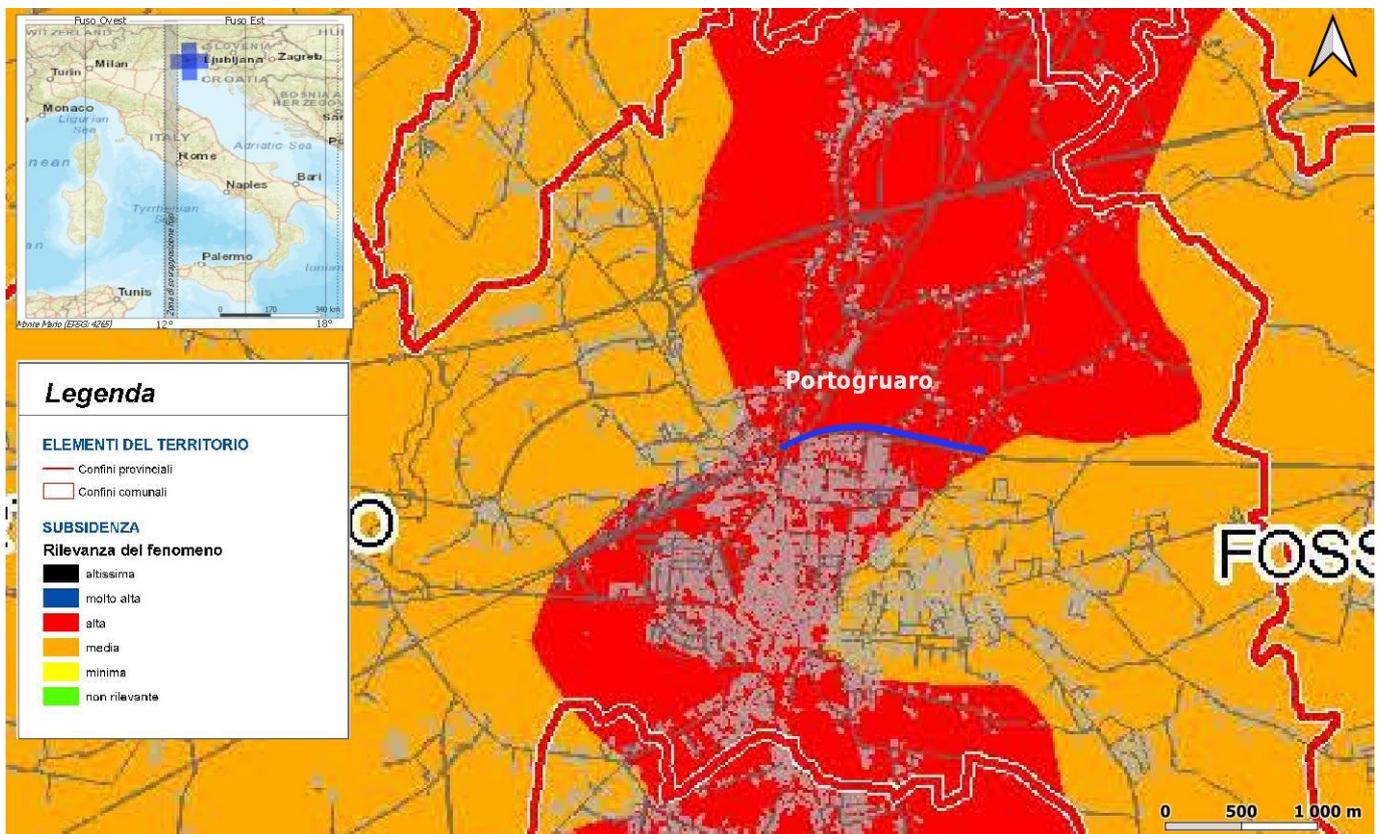


Figura 13 - Stralcio della “Carta della subsidenza – Rilevanza del fenomeno” (Allegato 7) del Piano Provinciale di Emergenza della Città Metropolitana di Venezia, in scala 1:100.000, con indicazione del sito di studio (linea blu).

	POTENZIAMENTO LINEA VENEZIA TRIESTE Posti di Movimento e Varianti di Tracciato LOTTO 3: Variante di tracciato a Portogruaro					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IZ04	LOTTO 30	CODIFICA R69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A

9 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Nel corso dello studio sono state consultate e analizzate le indagini geognostiche disponibili e appositamente realizzate nel settore di territorio interessato dagli interventi in progetto. L'intero *set* di dati derivanti dalle indagini di sito ha permesso di configurare un quadro di conoscenze soddisfacente, in relazione con la specifica fase di approfondimento progettuale in corso, circa l'assetto litostratigrafico e geologico-strutturale dei termini litologici interessati dalle opere in progetto.

9.1 Campagna indagini

Nella presente fase progettuale sono state analizzate le indagini appositamente realizzate nel settore di studio per il "Potenziamento linea Venezia Trieste: Posti di movimento e varianti di tracciato – Lotto 3: Variante di tracciato a Portogruaro" (Italferr 2021). Sono state inoltre reperite le indagini dello studio "PFTE - Potenziamento Linea Venezia-Trieste-Soppressioni passaggi a livello e varianti di tracciato" riferibili alla campagna indagine Italferr 2018 le Indagini Bibliografiche del Database della Regione Veneto.

Le indagini di sito sono così riassunte:

- n. 7 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo, di cui 3 non attrezzati, 2 attrezzati per sismica in foro e 2 attrezzati con piezometro;
- n. 2 prove Down-Hole;
- n. 4 prove penetrometriche statiche;
- n. 2 prospezioni sismiche Masw;
- n. 1 misura HVSR.

Nei paragrafi seguenti è riportata una sintesi delle indagini geognostiche relative alle opere in progetto.

9.1.1 Sondaggi geognostici

Di seguito vengono elencati tutti i sondaggi geognostici eseguiti nell'ambito di differenti lavori nei settori di studio, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (sigla, coordinate nel sistema di riferimento Monte Mario Italy zona 2/fuso Est (EPSG 3004), strumentazione, profondità (Prof), campioni (C), numero prove SPT, numero prove Lefranc/Lugeon (P), numero prove Dilatometriche (D) e numero prove Pressiometriche (Ps)).

sigla	Monte Mario Italy 2		strumentazione	prof m	C	prove in foro				
	X	Y				SPT	P	D	Ps	
1030	2352644	5072411	Non attrezzato	4.3						
1031	2353115	5072306	Non attrezzato	28.6						
27	2352873	5072178	Non attrezzato	20.0						
Totale						0	0	0	0	0

Tabella 1 - Sintesi dei sondaggi geognostici riferibili alle Indagini bibliografiche del database della regione Veneto.

I certificati delle stratigrafie dei sondaggi sono riportati nello specifico elaborato (IZ04 30 R69 RH GE0005 001). I punti di ubicazione sono riportati nell'allegato Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico in scala 1:5000-1:5000/500 (IZ04 30 R 69 L5 GE0001 001).

sigla	Monte Mario Italy 2		strumentazione	prof m	C	prove in foro			
	X	Y				SPT	P	D	Ps
BH6	2352370	5072419	Piezometro	40.0	21	13	2	0	0
Totale					21	13	2	76	36

Tabella 2 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nella campagna indagini Italferr 2018.

I certificati delle stratigrafie dei sondaggi sono riportati nello specifico elaborato (IZ04 30 R69 RH GE0005 001). I punti di ubicazione sono riportati nell'allegato Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico in scala 1:5000-1:5000/500 (IZ04 30 R 69 L5 GE0001 001).

sigla	Monte Mario Italy 2		strumentazione	prof m	C	prove in foro			
	X	Y				SPT	P	D	Ps
VP1	2352020	5072416	Sismica in foro	40.0	26	14	4	0	2
VP3	2352666	5072370	Sismica in foro	40.0	24	14	4	0	2
VP4	2353014	5072320	Piezometro	40.0	23	14	5	0	2
Totale					73	42	13	0	6

Tabella 3 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nella campagna indagini Italferr 2021.

I certificati delle stratigrafie dei sondaggi sono riportati nello specifico elaborato (IZ04 30 R69 SG GE0005 001). I punti di ubicazione sono riportati nell'allegato Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico in scala 1:5000-1:5000/500 (IZ04 30 R 69 L5 GE0001 001).

9.1.2 Prove penetrometriche

Di seguito vengono elencate tutte le prove penetrometriche eseguite nell'ambito di differenti lavori nei settori di studio, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (sigla, coordinate nel sistema di riferimento Monte Mario Italy zona 2/fuso Est (EPSG 3004), quota, tipologia di prova, profondità).

sigla	Monte Mario/Italy 2		quota m s.l.m.	tipologia di prova	profondità m
	X	Y			
1032	2353150	5072300	4.2	CPT	25.6
3155	2352813	5072187	1.5	CPT	15.4

Tabella 4 - Sintesi delle prove penetrometriche riferibili alle Indagini bibliografiche del database della regione Veneto.

I certificati delle prove penetrometriche sono riportati nello specifico elaborato (IZ04 30 R69 RH GE0005 001). I punti di ubicazione sono riportati nell'allegato Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico in scala 1:5000-1:5000/500 (IZ04 30 R 69 L5 GE0001 001).

sigla	Monte Mario/Italy 2		quota m s.l.m.	tipologia di prova	profondità m
	X	Y			
CPTU_VP1A	2352783	5072307	0.65	CPTU	6.8
CPTU_VP1B	2352783	5072307	0.65	CPTU	6.2

Tabella 5 - Sintesi delle prove penetrometriche realizzate nella campagna indagini Italferr 2021.

I certificati delle prove penetrometriche sono riportati nello specifico elaborato (IZ04 30 R69 SG GE0005 001). I punti di ubicazione sono riportati nell'allegato Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico in scala 1:5000-1:5000/500 (IZ04 30 R 69 L5 GE0001 001).

9.1.3 Prospezioni sismiche

Nella tabella seguente è riportata una sintesi di tutte le indagini sismiche eseguite di differenti lavori nei settori di studio, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (sigla, coordinate nel sistema di riferimento Monte Mario Italy zona 2/fuso Est (EPSG 3004), del punto medio di ogni singolo stendimento, tipologia e lunghezza).

sigla	Monte Mario/Italy 2		tipologia indagine	lunghezza <i>m</i>
	X	Y		
MASW_BH6	2352386	5072425	MASW	46.0

Tabella 6 - Sintesi delle indagini sismiche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini Italferr 2018.

I certificati delle prospezioni sismiche sono riportati nello specifico elaborato (IZ04 30 R69 RH GE0005 001). I punti di ubicazione delle stesse, invece, sono riportati nell'allegato Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico in scala 1:5000-1:5000/500 (IZ04 30 R 69 L5 GE0001 001).

sigla	Monte Mario/Italy 2		tipologia indagine	lunghezza <i>m</i>
	X	Y		
MASW_VP1	2352939	5072347	MASW	57.5
HVSR039	2352938	5072342	HVSR	0.0

Tabella 7 - Sintesi delle indagini sismiche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini Italferr 2021.

I certificati delle prospezioni sismiche sono riportati nello specifico elaborato (IZ04 30 R69 IG GE0005 001). I punti di ubicazione delle stesse, invece, sono riportati nell'allegato Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico in scala 1:5000-1:5000/500 (IZ04 30 R 69 L5 GE0001 001).

10 MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DI RIFERIMENTO

L'assetto stratigrafico dell'area di stretto interesse progettuale è stato ricostruito integrando i dati ottenuti dal rilevamento geologico effettuato con tutte le informazioni ricavate dalla fotointerpretazione appositamente condotta, dalle fonti bibliografiche disponibili e dalle indagini di sito a disposizione.

10.1 Unità litostratigrafiche

Le analisi effettuate ed i rilievi di campo condotti hanno permesso di distinguere e cartografare quattro differenti unità geologiche, relative a depositi di copertura. In particolare, le perimetrazioni e le descrizioni geologico-strutturali delle unità individuate nell'area derivano da un'integrazione tra le informazioni riportate in letteratura ed i dati raccolti dal rilevamento geologico di superficie e dalle indagini geognostiche a disposizione. La sintesi del modello geologico di riferimento è riportata nella "Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico in scala 1:5000-1:5000/500" (IZ04 30 R 69 L5 GE0001 001).

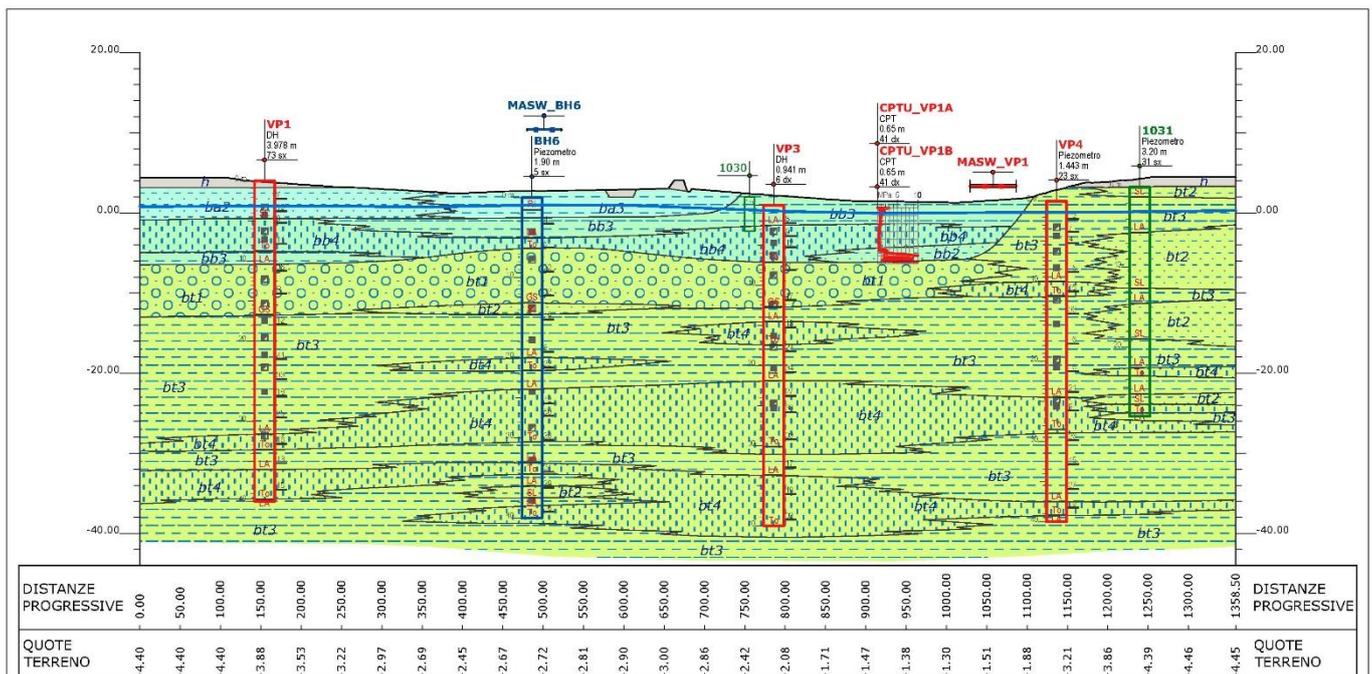


Figura 14 - Stralcio estratto dall'elaborato: "Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico in scala 1:5000-1:5000/500" (IZ04 30 R 69 L5 GE0001 001).

Le indagini disponibili e i rilievi di campo hanno consentito di ricostruire il locale assetto litostratigrafico, che presenta un assetto sostanzialmente ordinato. Dal punto di vista geologico, il territorio comunale è caratterizzato dai terreni torboso-limosi, limoso-argillosi, sabbioso-limosi e ghiaioso-sabbiosi dei Depositi alluvionali antichi (Pleistocene Superiore), con uno spessore massimo superiore a 45 m. Tali depositi, tramite superficie erosiva, sono ricoperti nel settore centro-orientale dai terreni torboso-limosi, limoso-argillosi e sabbioso-limosi dei Depositi alluvionali recenti (Pleistocene Superiore-Olocene), con uno spessore massimo di 8 m. Questi ultimi a loro volta, sempre tramite superficie erosiva, sono ricoperti nel settore centro-occidentale, dai terreni limoso-argillosi e sabbioso-limosi dei Depositi alluvionali attuali (Olocene-Attuale), con uno spessore massimo di circa 4 m. La

successione dei depositi alluvionali è ricoperta in superficie da coltri di riporto con uno spessore massimo di circa 1.5 m..

Di seguito viene proposta una dettagliata descrizione delle singole unità litostratigrafiche individuate nel settore d'intervento.

10.1.1 Depositi continentali quaternari

Le successioni continentali quaternarie sono rappresentate da quattro distinte unità, ampiamente affioranti in tutta l'area di studio in copertura su tutti i termini litologici più antichi.

10.1.1.1 Depositi alluvionali antichi

Questi terreni affiorano nel settore orientale dell'area di studio, mentre nel settore centro-occidentale sono ricoperti dalle unità più giovani e rappresentano i termini più antichi e stratigraficamente più bassi. Si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine, piana inondabile e meandro abbandonato, costituiti da quattro differenti litofacies a composizione ghiaioso-sabbiosa, sabbioso-limosa, limoso-argillosa e torboso-limosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche non affioranti nell'area. Lo spessore massimo è superiore a 45 m. Dal punto di vista cronostatigrafico, tali terreni sono riferibili al Pleistocene superiore.

La litofacies ghiaioso-sabbiosa, dal punto di vista litologico, è costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbioso-limosa e argilloso-sabbiosa di colore grigio e avana da scarsa ad abbondante (**bt1**); a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie e sabbie limose grigio, marrone e giallastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, e di limi e limi argillosi di colore grigio, a struttura indistinta e frequenti ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate.

La litofacies sabbioso-limosa, invece, è costituita da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, marrone e ocra (**bt2**), a struttura indistinta o debolmente laminata, con frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi si rinvengono lenti di sabbie ghiaiose grigie e passaggi di limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore grigio chiaro e grigio scuro, a struttura indistinta, con abbondanti resti vegetali.

Inoltre, la litofacies limoso-argillosa è costituita prevalentemente da argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore grigio e ocra (**bt3**), a struttura indistinta o debolmente laminata, con locali resti vegetali e rare ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate; a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie e sabbie limose di colore marrone e giallastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, torbe grigio scure e nerastre con locali resti vegetali.

La litofacies a composizione torboso-limosa è formata da torbe e limi argillosi di colore grigio scuro e nerastro (**bt4**), a struttura indistinta, con diffusi frammenti fossili e locali resti di legno; a luoghi sono presenti orizzonti di argille limose, limi sabbiosi e sabbie di colore grigio e marrone scuro, a struttura indistinta o debolmente laminata, ricche di materiale organico vegetale.

10.1.1.2 Depositi alluvionali recenti

Questi depositi sono connessi con il penultimo ciclo deposizionale dei corsi d'acqua presenti nell'area, affiorano nel settore centro-orientale mentre nel settore centro-occidentale si rinvengono al di sotto dei sedimenti più recenti. Si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine e piana inondabile, costituiti da tre differenti litofacies a composizione sabbioso-limosa, limoso-argillosa e torboso-limosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante

sulle successioni più antiche e presentano uno spessore massimo di circa 8 m. Dal punto di vista cronostratigrafico sono interamente riferibili al periodo Pleistocene superiore-Olocene.

La litofacies sabbioso-limosa è formata da sabbie, sabbie-limose e limi-sabbiosi, a luoghi debolmente argillose, di colore marrone e ocra (**bb2**), a struttura indistinta o debolmente laminata, con rare ghiaie da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi si rinvengono livelli torbosi nerastri e passaggi di limi argilloso-sabbiosi di colore grigio, marrone e nocciola.

La litofacies limoso-argillosa è formata da argille limose, limi argillosi, limi argilloso-sabbiosi e argille torbose di colore grigio e avana (**bb3**), a struttura indistinta o debolmente laminata, con abbondanti resti vegetali di colore nero-grigio e rare ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi si rinvengono passaggi di limi sabbiosi e sabbie limose di colore grigio marrone, a struttura indistinta o debolmente laminata e livelli torbosi di colore grigio scuro e nero.

La litofacies a composizione torboso-limosa è formata da torbe e limi argillosi di colore grigio scuro e nerastro (**bb4**), a struttura indistinta, con diffusi frammenti fossili e locali resti di legno; a luoghi sono presenti orizzonti di argille limose, limi sabbiosi e sabbie di colore grigio e marrone scuro, a struttura indistinta o debolmente laminata, ricche di materiale organico vegetale.

10.1.1.3 Depositi alluvionali attuali

Tali depositi affiorano nel settore centro-occidentale, costituendo i depositi stratigraficamente più alti affioranti nell'area. Si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine e piana inondabile, costituiti da due litofacies a composizione sabbioso-limosa e limoso-argillosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle successioni più antiche. Tali depositi presentano uno spessore massimo di circa 4 m e, dal punto di vista cronostratigrafico, sono interamente riferibili all'Olocene-Attuale.

La litofacies sabbioso-limosa è formata da sabbie, sabbie-limose e limi-sabbiosi, a luoghi debolmente argillose, di colore marrone e ocra (**ba2**), a struttura indistinta o debolmente laminata, con rare ghiaie da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi si rinvengono livelli torbosi nerastri e passaggi di limi argilloso-sabbiosi di colore grigio, marrone e nocciola.

La litofacies limoso-argillosa è formata da argille limose, limi argillosi, limi argilloso-sabbiosi di colore grigio, giallo e avana (**ba3**), a struttura indistinta o debolmente laminata, con abbondanti resti vegetali di colore nero-grigio e rare ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi si rinvengono passaggi di limi sabbiosi e sabbie limose di colore grigio marrone, a struttura indistinta o debolmente laminata con abbondanti resti vegetali.

10.1.1.4 Riporti antropici

Nella zona di studio, questi terreni si rinvengono lungo le principali reti stradali e ferroviarie e in corrispondenza dei nuclei industriali. Si tratta di depositi continentali di genesi antropica, costituiti da una singola litofacies a composizione ghiaioso-sabbiosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sui depositi alluvionali attuali, recenti e antichi. Tali depositi presentano uno spessore massimo di circa 1.5 m e sono riferibili al periodo Attuale.

Sotto il profilo sedimentologico sono formati prevalentemente da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da angolose a sub-arrotondate (**h**), con locali frammenti di laterizi, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e nocciola, da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie e sabbie limose grigio, marrone e giallastro, a struttura indistinta, con abbondanti resti vegetali e diffuse ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate.

10.2 Livelli piezometrici

Nel corso delle campagne di indagine sono stati misurati i livelli piezometrici all'interno dei fori di sondaggio realizzati. Di seguito si riportano i dati del livello piezometrico registrato in fase di monitoraggio, con indicazione delle principali caratteristiche del foro (sigla, piezometro, data, profondità falda, quota falda e note).

sigla	piezometro	data	profondità falda <i>m p.c.</i>	quota falda <i>m s.l.m.</i>	note
BH6	Tubo aperto// <i>cieco: 0.0 - 2.0</i> <i>finestrato: 2.0 - 17.0</i> <i>cieco: 17.0 - 40.0</i>	08/2018	1.60	0.30	
		08/2018	1.70	0.20	
		09/2018	1.55	0.35	
		09/2018	1.64	0.26	
		10/2018	1.60	0.30	
		11/2018	1.18	0.72	Ricarica dall'alto. All'interno presenza di acqua con schiuma.
		12/2018	1.28	0.62	Ricarica dall'alto. Acqua con probabili tensioattivi.
		01/2019	1.26	0.64	Ricarica dall'alto. Acqua con probabili tensioattivi.
		02/2019	1.23	0.67	Acqua con probabili tensioattivi.
		03/2019	1.40	0.50	Estesa presenza di tensioattivi (schiuma)
		04/2019	0.93	0.97	Estesa presenza di tensioattivi (schiuma)
		06/2019	1.04	0.86	
		07/2019	1.52	0.38	
		07/2019	ND	ND	Non accessibile - Area cantierizzata per sottopasso ferroviario
		09/2019	ND	ND	Non accessibile - Area cantierizzata per sottopasso ferroviario

Tabella 8 - Dati piezometrici registrati nei fori di sondaggio in fase di monitoraggio nell'ambito della campagna indagini Italferr 2018; in rosso è evidenziata la misura massima rilevata, mentre in blu la minima.

Le misure del 11/2018, del 12/2018 e del 01/2019 nel foro di sondaggio BH6 non sono state considerate attendibili in quanto, nel corso delle fasi di monitoraggio, è stato riscontrato uno sversamento delle acque superficiali all'interno del piezometro con conseguente ricarica dall'alto, che determina incertezza nella valutazione della soggiacenza.

Inoltre, di seguito si riportano i dati del livello piezometrico registrato attraverso le prove CPTU, con indicazione delle principali caratteristiche del foro (sigla, data, profondità falda e note).

sigla	data	prof. falda m dal p.c.	note
CPTU_VP1A	03/2021	0.70	
CPTU_VP1B	03/2021	0.70	

Tabella 9 - Dati piezometrici registrati nei fori di sondaggio attraverso le prove CPTU, nell'ambito della campagna indagini Italferr 2021.

Il monitoraggio piezometrico in corso evidenzia una falda prossima al piano campagna, con profondità minima della falda di 0.93 m da piano campagna, mentre le prove CPTU evidenziano una profondità minima della falda di 0.7 m da piano campagna.

10.3 Caratteristiche di permeabilità

Nell'area in esame sono stati individuati e cartografati tre complessi idrogeologici, distinti sulla base delle differenti caratteristiche di permeabilità e del tipo di circolazione idrica che li caratterizza. Di seguito, vengono descritti i caratteri peculiari dei diversi complessi individuati, seguendo uno schema basato sull'assetto geologico e litostratigrafico dell'area in esame.

Nello specifico, la definizione delle caratteristiche idrogeologiche dei vari complessi presenti nell'area è stata compiuta in considerazione della prova di permeabilità (Lefranc) precedentemente realizzate (cfr. Tabella 10), delle caratteristiche sedimentologiche e litologiche dei terreni, nonché sulla base di dati bibliografici relativi a terreni con le medesime caratteristiche geologiche. Di seguito vengono sintetizzati i principali complessi idrogeologici presenti nell'area di studio:

- **Complesso ghiaioso-sabbioso (CGS):** questo complesso è rappresentato dai depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi delle unità **bt1**. Tali terreni costituiscono acquiferi porosi di elevata trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi, sono sede di falde idriche sotterranee di discreta rilevanza, frazionate o a deflusso unitario. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile tra media ed alta. A questo complesso si può attribuire, quindi, un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-5}$ e $1 \cdot 10^{-1}$ m/s. Localmente, all'interno di tale complesso, sono presenti orizzonti a granulometria più fine, da sabbiosa a sabbioso-limosa, caratterizzati da valori di permeabilità inferiori a quelli medi del complesso.
- **Complesso sabbioso-limoso (CSL):** il complesso in questione è formato dai depositi sabbiosi e limosi dei depositi alluvionali attuali **ba2**, recenti **bb2** e antichi **bt2**. Questi depositi costituiscono acquiferi porosi di buona trasmissività, discretamente eterogenei ed anisotropi, sono sede di falde idriche di discreta rilevanza, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa a media. Al complesso in questione si può attribuire, quindi, un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-7}$ e $1 \cdot 10^{-4}$ m/s. Localmente, all'interno di tale complesso, sono presenti orizzonti a granulometria più fine, da limoso a limoso-argilloso, caratterizzati da valori di permeabilità inferiori a quelli medi del complesso.
- **Complesso argilloso-limoso (CAL):** a tale complesso sono riferiti i terreni prevalentemente pelitici delle unità **ba3**, **bb3**, **bt3**, **bb4** e **bt4**. Tali depositi costituiscono limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente e, nello specifico contesto idrogeologico di riferimento, rappresentano degli *acquiclude* di importanza variabile in relazione con lo spessore dei depositi; non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da impermeabile a bassa. Al presente complesso può quindi essere attribuito un coefficiente di permeabilità k

compreso tra $1 \cdot 10^{-10}$ e $1 \cdot 10^{-6}$ m/s.

Di seguito si riporta una sintesi delle prove relative alla tratta in esame, con indicazione dei valori di permeabilità determinati, distinti per le relative unità geologiche di appartenenza.

campagna indagini	sigla	prova	tipologia	profondità <i>m</i>	permeabilità <i>m/s</i>	Unità geologica
IZ0400R-2018	BH6	1	Lefranc	4.5 - 5.5	4.08E-08	bb2
IZ0400R-2018	BH6	2	Lefranc	16.5 - 17.5	3.70E-08	bt3
IF2021	VP1	1	Lefranc	1.4 - 3.6	3.77E-06	ba2
IF2021	VP1	3	Lefranc	7.6 - 9.3	1.38E-07	bb4
IF2021	VP1	2	Lefranc	14.5 - 15.9	1.75E-06	bt1
IF2021	VP1	4	Lefranc	24.5 - 26.0	2.62E-06	bt3
IF2021	VP3	1	Lefranc	2.0 - 3.0	1.03E-06	bb3/bb4
IF2021	VP3	2	Lefranc	7.7 - 9.0	1.60E-05	bt1
IF2021	VP3	3	Lefranc	14.0 - 16.0	4.56E-06	bt3/bt4
IF2021	VP3	4	Lefranc	24.5 - 26.0	1.96E-06	bt4
IF2021	VP4	1	Lefranc	0.3 - 1.1	6.38E-04	bt3
IF2021	VP4	2	Lefranc	2.5 - 3.6	1.03E-05	bt3
IF2021	VP4	3	Lefranc	8.0 - 9.1	1.79E-05	bt3
IF2021	VP4	4	Lefranc	14.3 - 15.6	3.25E-06	bt3
IF2021	VP4	5	Lefranc	24.5 - 26.0	7.02E-07	bt4

Tabella 10 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità disponibili.

11 SISMICITÀ DELL'AREA

La consultazione del database DISS (vers. 3.2.1., 2018), relativo alle potenziali sorgenti sismogenetiche con magnitudo maggiore di 5.5, mostra che il tracciato di progetto non risulta essere interessato direttamente dalla presenza di potenziali faglie sismogenetiche (Figura 15). Il settore di studio ricade circa 35 km a sud-est della fascia di sorgenti composite "ITCS060 Montebelluna-Montereale" (Tabella 11, profondità stimata 1.0-9.0 km, magnitudo massima 6.5, *Slip rate* 0.24-0.91 mm/anno) che include le sorgenti individuali ITIS124 Cansiglio (profondità stimata 1.5-6.4 km, magnitudo massima 6.1, *Slip rate* 0.52-0.65 mm/anno) e ITIS125 Polcenigo-Montereale (profondità stimata 2.0-7.5 km, magnitudo massima 6.4, *Slip rate* 0.31-0.78 mm/anno). Inoltre, l'area di studio è situata ad oltre 34 km a sud-ovest della fascia di sorgenti composite ITCS065 Medea (profondità stimata 1.0-12.0 km, magnitudo massima 6.5, *Slip rate* 0.14-0.21 mm/anno) che include la sorgente individuale ITIS126 Medea (Tabella 12, profondità stimata 1.5-6.7 km, magnitudo massima 6.4, *Slip rate* 0.14-0.21 mm/anno).

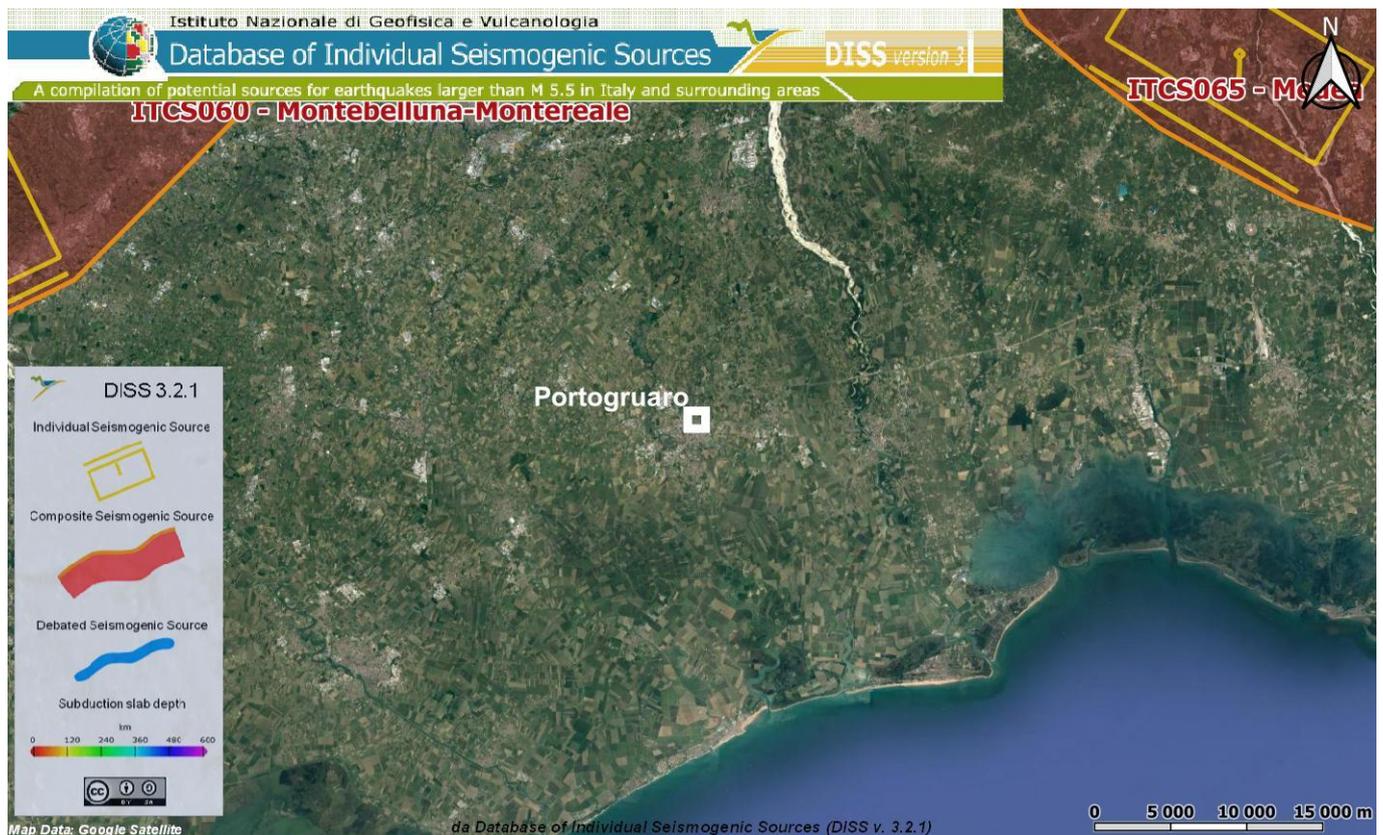


Figura 15 - Localizzazione delle potenziali sorgenti di terremoti con $M > 5.5$ nell'area di studio (da DISS Working group 2018, *Database of Individual Seismogenic Sources* (DISS), versione 3.2.1., <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>); con indicazione del sito di progetto.

Parameter		Quality		Evidence
Min depth	km	1.0	LD	Based on geological data from Galadini et al. 2005.
Max depth	km	9.0	LD	Based on geological data from Galadini et al. 2005.
Strike min - max	deg	210 - 245	LD	Based on geological data from Galadini et al. 2005.

Parameter			Quality	Evidence
Dip min - max	deg	30 - 50	LD	Based on geological data from Galadini et al. 2005.
Rake min - max	deg	60 - 100	LD	Based on geological and geodetic data.
Slip Rate min - max	mm/y	0.24 - 0.9	EJ	Inferred from geological data from Galadini et al. 2005.
Max Magnitude	Mw	6.5	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

Tabella 11 – Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composita ITCS060 “Montebelluna-Montereale”. Legenda LD=literature data, OD=original data, ER=empirical relationship, AR=analytical relationship, EJ=expert judgement.

Parameter			Quality	Evidence
Min depth	km	1.0	LD	Based on various geological data.
Max depth	km	12.0	LD	Based on various geological data.
Strike min - max	deg	290 - 330	LD	Based on geological data.
Dip min - max	deg	30 - 50	LD	Based on geological data.
Rake min - max	deg	110 - 130	EJ	Inferred from the regional stress orientation.
Slip Rate min - max	mm/y	0.14 - 0.21	OD	Based on modeling of subsurface geological data
Max Magnitude	Mw	6.5	EJ	Inferred from the geometrical parameters of the source

Tabella 12 – Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composita ITCS065 “Medea”. Legenda LD=literature data, OD=original data, ER=empirical relationship, AR=analytical relationship, EJ=expert judgement.

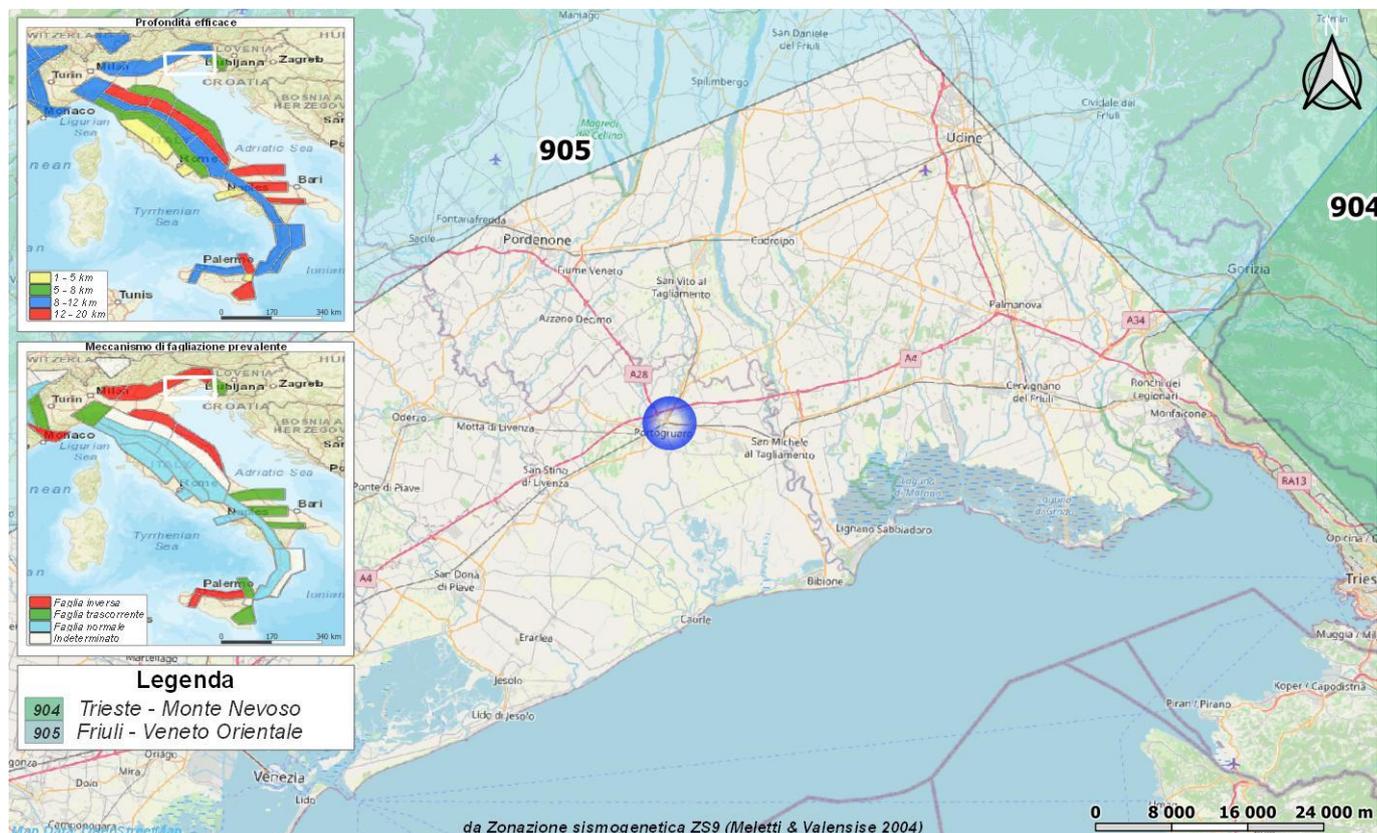


Figura 16 – Stralcio della Zonazione sismogenetica ZS9 dell’area di studio, con indicazione dell’opera in progetto (cerchio blu).

Relativamente alla vigente zonazione sismogenetica del territorio nazionale ZS9 (Meletti & Valensise 2004), l’opera in progetto, ricade ad oltre 27 km a sud-est della Zona 905 “Friuli-Veneto Orientale”. Sulla base degli studi sismologici più aggiornati, nella zona 905 sono attesi terremoti di media-elevata profondità ($P = 8-12$ km) e di media-elevata magnitudo ($M_{max} = 6.60$). Tale zona presenta un andamento circa SW-NE prima e NW-SE poi, ed è caratterizzata da strutture essenzialmente inverse. (Meletti & Valensise 2004).

11.1 Sismicità storica

Storicamente, l’intero territorio provinciale di Venezia si caratterizza per l’assenza di una propria ed intrinseca sismicità, riconducibile cioè a terremoti con ipocentro localizzato nelle strette vicinanze del territorio in esame.

Una debole sismicità si associa al lineamento tettonico denominato “Faglia di Caorle”, che corre in asse al Fiume Livenza, mentre più o meno forti sono i risentimenti legati a terremoti aventi epicentro localizzato nelle aree limitrofe quali, ad esempio, quella del Friuli e del Bellunese, caratterizzate da un’intensa attività sismica.

Le prime notizie storiche riguardanti la sismicità dell’area di studio risalgono al 745 (e/o 758), quando Venezia fu colpita da un terremoto che compromise la stabilità di molti edifici. Ancor più grave fu il sisma verificatosi nel 1903 che, secondo fonti storiche, arrecò ingenti danni al Campanile di S. Angelo.

All’inizio del XII secolo sono da annoverare due terremoti: il primo verificatosi intorno al 1106 e noto come terremoto di Malamocco; il secondo avvenuto nel 1117 e noto terremoto di S. Ermagora. Quest’ultimo, in



POTENZIAMENTO LINEA VENEZIA TRIESTE

Posti di Movimento e Varianti di Tracciato

LOTTO 3: Variante di tracciato a Portogruaro

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ04	30	R69RG	GE 00 01 001	A	36 di 57

particolare, è generalmente attribuito alla sismicità primaria dell'area lombardo-veneta e ha raggiunto l'XI grado della scala MCS. Il sisma di Malomocco, oltre che della distruzione di chiese e palazzi, fu responsabile del maremoto che sconvolse l'omonima città, mentre il sisma di S. Ermagora fu, probabilmente, molto più violento ed ebbe ripercussioni in tutta l'Italia settentrionale.

Nel 1348 l'intera area veneziana fu interessata dal terremoto di Villaco, anch'esso dell'XI grado della scala MCS, che arrecò numerosi danni alla città di Venezia, dove si riferisce che esso abbia raggiunto l'VIII grado della scala MCS.

Va inoltre ricordato il terremoto del Friuli del 1511 pari al IX-X grado della scala MCS, i cui risentimenti per la città di Venezia sono stati stimati intorno al VII-VIII grado della scala MCS.

Dati storici rivelano che nei secoli seguenti si è verificata una riduzione dell'intensità degli eventi. Anche il XIX secolo fu caratterizzato da una cosiddetta "quiete sismica", poiché nell'area veneziana si registrarono scarsi risentimenti di effettivo rilievo. Maggiori informazioni si hanno sull'attività sismica riguardante le aree sismogenetiche limitrofe e quelle relative ai terremoti interessanti la città di Venezia, come il terremoto dell'Alpago del 1873 e quello di Rimini del 1875, che hanno prodotto risentimenti anche superiori al V grado della scala MCS, nei settori meridionali della provincia di Venezia, e risentimenti inferiore nella fascia centrale e settentrionale. Sul finire del secolo, nel 1895, il terremoto di Lubiana fece risentire i propri effetti su tutta la provincia di Venezia con un'intensità del VI grado MCS.

Fonti storiche e bibliografiche confermano, inoltre, che ancora nel XX secolo prosegue la "calma sismica", interrotta episodicamente da risentimenti del VI grado MCS. Tra questi si ricordano, ad esempio, il terremoto di Belluno del 1936 e, più recentemente, il sisma del Friuli del 1976.

Con l'ampliamento delle Reti Sismiche, nazionali e locali, si è giunti ad un miglioramento delle conoscenze sia nel senso di una più precisa collocazione degli epicentri dei sismi sia nel senso del riconoscimento e studio dell'attività sismica di medio-bassa intensità, fondamentale negli studi sismotettonici regionali. Nonostante in Veneto sia presente un numero esiguo di stazioni sismiche, si assiste negli anni all'aumento delle registrazioni anche di terremoti di debole intensità i cui epicentri sono stati localizzati nell'entroterra veneziano e nel Golfo di Venezia. Questi fenomeni sismici, molto spesso nemmeno avvertiti dalla popolazione, possiedono una notevole importanza geodinamica poiché testimonianza dell'esistenza di strutture geologiche attive, quali quelle che caratterizzano le Alpi che, spingendosi fin oltre il mare, attraversano il territorio veneziano.

Recentemente, nel periodo agosto-novembre del 1997, uno sciame sismico di intensità inferiore a tre gradi della scala Richter, ha interessato l'area settentrionale della Provincia di Venezia. Scosse di maggiore intensità, avvertite, da parte della popolazione hanno reso possibile la stima della loro intensità macrosismica, valutata come "moderata" (IV-V grado della scala MCS), mentre la zona epicentrale è stata localizzata nell'area di S. Stino di Livenza - Passarella - Ceggia e la profondità ipocentrale, a seconda dei vari episodi sismici, è stata valutata fra 5 e 15 km. Tale notevole variazione nei valori di profondità ipocentrale è legata sia al range di profondità entro cui variano gli ipocentri dei singoli terremoti dello sciame sismico sia alla sempre difficile determinazione della profondità ipocentrale aggravata, nello specifico caso, dalla localizzazione dell'area epicentrale, situata all'esterno delle Rete Sismica della Regione Friuli-Venezia Giulia, con conseguente caduta di precisione localizzativa.

Lo studio della sismicità effettuato per il piano provinciale di Venezia rivela che da qualche secolo, nella Regione Veneto, si sta assistendo ad una diminuzione dell'attività sismica afferente anche alle aree sismogenetiche limitrofe. Al di là delle inevitabili inesattezze ed incompletezze storiche, riferibili ai tempi più antichi, lo studio della Provincia afferma, inoltre, che un problema attualmente irrisolto riguarda la determinazione del periodo di ritorno degli eventi. Ciò assume maggiore valore in relazione ai recenti eventi originatisi in aree ritenute poco

sismiche o asismiche. Dunque, anche se le attuali conoscenze sismogenetiche sull'area non lasciano intravedere la presenza di strutture tettoniche in grado di generare terremoti distruttivi, non si può comunque escludere la possibilità di dover subire terremoti mediamente distruttivi, come rilevano le massime intensità macrosismiche osservate nel passato nella regione veneziana.

Come si può notare dai dati contenuti nel Catalogo Parametrico dei Terremoti italiani (CPTI15, Figura 17), l'area in questione è stata interessata soprattutto dagli effetti di alcuni eventi sismici di una certa intensità localizzati ad oltre 5 km a SW, terremoto del 14/04/1529 di magnitudo 4.16 (Friuli) e ad oltre 10 km a NE di Portogruaro, terremoto del 05/04/1910 di magnitudo 4.12 (Friuli).

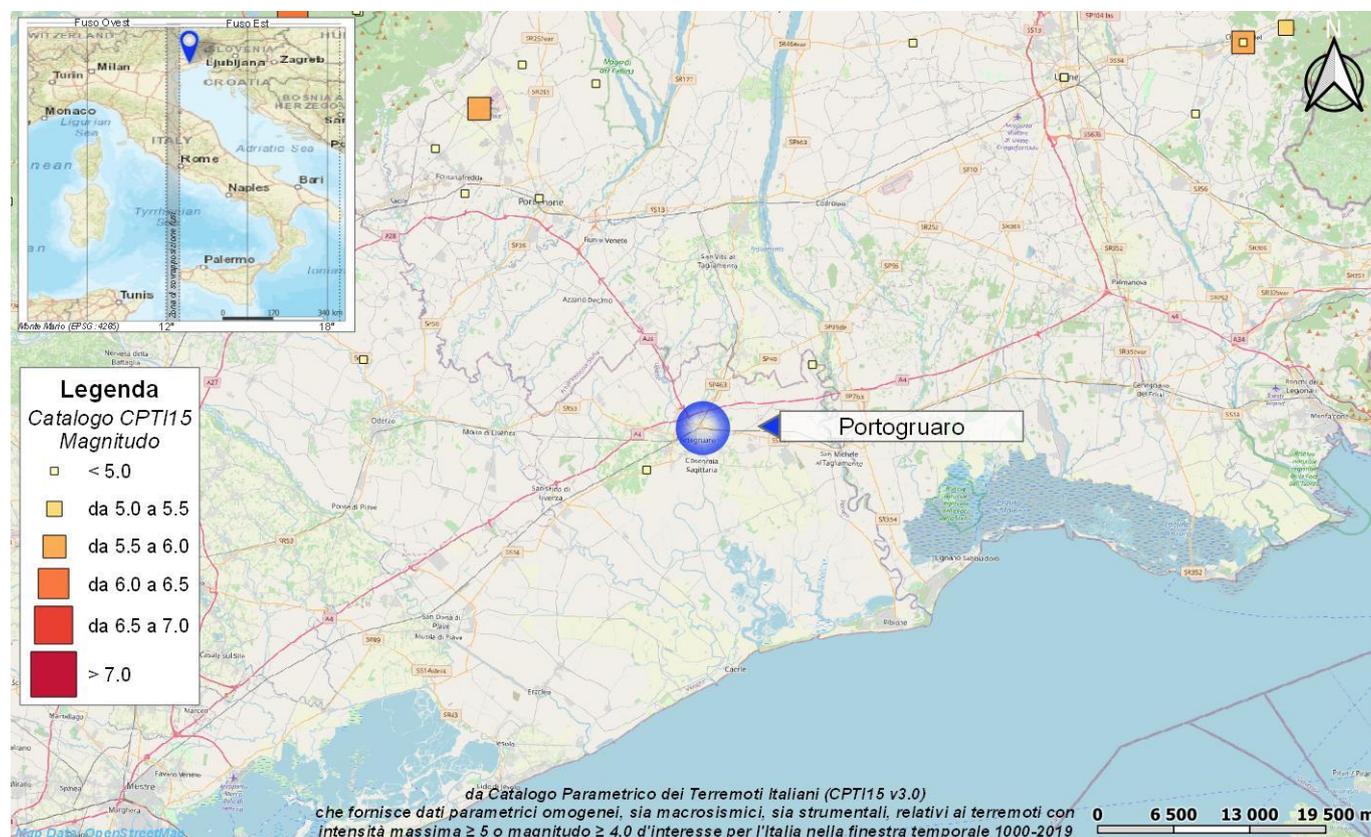


Figura 17 –Epicentri e magnitudo dei principali terremoti storici che hanno interessato il comune di Portogruaro, con indicazione dell'area di studio (cerchio blu).

Di seguito sono elencati gli eventi sismici riportati nel Database Macrosismico Italiano pubblicato dall'INGV (versione DBMI15 v3.0, Rovida et al. 2021) al fine di documentare la storia sismica del centro abitato di Portogruaro (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Portogruaro

[45.775, 12.843]

Numero eventi: 19

Effetti

In occasione del terremoto del:

I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
4	1891 06 07 01 06 14	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
4	1892 06 23 23 20	Dolomiti Friulane	71	5-6	4.58
3	1893 10 27 16 31	Bellunese	54	5	4.42
2-3	1898 02 20 04 57 26	Valli del Natisone	155	7	5.12
NF	1900 03 04 16 55	Asolano	98	6-7	5.05
2	1908 07 10 02 13 35	Carnia	119	7-8	5.31
4	1909 01 13 00 45	Emilia-Romagna orientale	867	6-7	5.36
NF	1910 04 05 19 20	Friuli	18	5	4.12
NF	1911 02 19 07 18 30	Forlivese	181	7	5.26
NF	1913 11 25 20 55	Appennino parmense	73	4-5	4.65
NF	1920 09 07 05 55 40	Garfagnana	750	10	6.53
4	1924 12 12 03 29	Carnia	78	7	5.42
NF	1934 05 04 13 56	Carnia	80	6	4.69
6	1976 05 06 20 00 13.17	Friuli	770	9-10	6.45
NF	1983 11 09 16 29 52	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1987 05 02 20 43 53.32	Reggiano	802	6	4.71
NF	1991 06 11 08 05 053.7	Prealpi Friulane	115	4-5	4.14
NF	1991 10 05 05 14 058.1	Prealpi Giulie	186	5-6	4.51
3-4	2004 07 12 13 04 06	Slovenia nord-occidentale	353		5.12

Tabella 13 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Portogruaro (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Ax area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto; Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento.

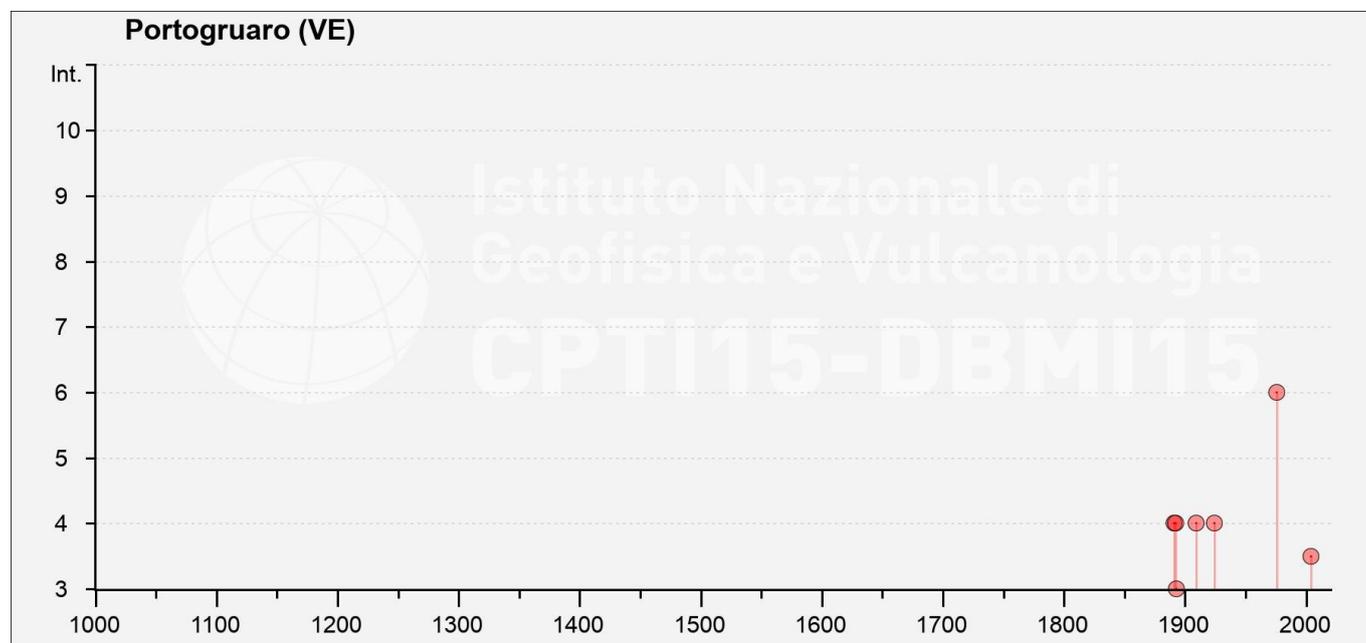


Figura 18– Grafico illustrante la storia sismica di Portogruaro. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

11.2 Sismicità attuale

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 (e successive modifiche ed integrazioni) – “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di Normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*” disciplinava la classificazione sismica dei comuni d'Italia. Con l'emanazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3519/06 lo Stato ha definito i criteri nazionali che ciascuna Regione deve seguire per l'aggiornamento della classificazione sismica del proprio territorio. Questo strumento normativo ha portato a valutare la classificazione sismica del territorio secondo parametri sismologici svincolati dal solo criterio politico del limite amministrativo fin qui utilizzato.

La Regione Veneto, con D.C.R. 03 dicembre 2003, n. 67, ha provveduto all'aggiornamento della classificazione sismica dei Comuni. Secondo tale normativa, il territorio del comune di Portogruaro, ricade in Zona sismica 3, ovvero una zona con livello di pericolosità basso ($0.05 < a_g \leq 0.15$).

In seguito a tale classificazione, effettuata per ognuno dei comuni d'Italia, è stato emanato un nuovo provvedimento che prevede l'adozione delle stime di pericolosità sismica contenute nel Progetto S1 dell'INGV-DPC. Detto studio è stato condotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) che ha prodotto, per l'intera comunità nazionale, uno strumento scientificamente valido ed avanzato, nonché utilizzabile nell'immediato in provvedimenti normativi.

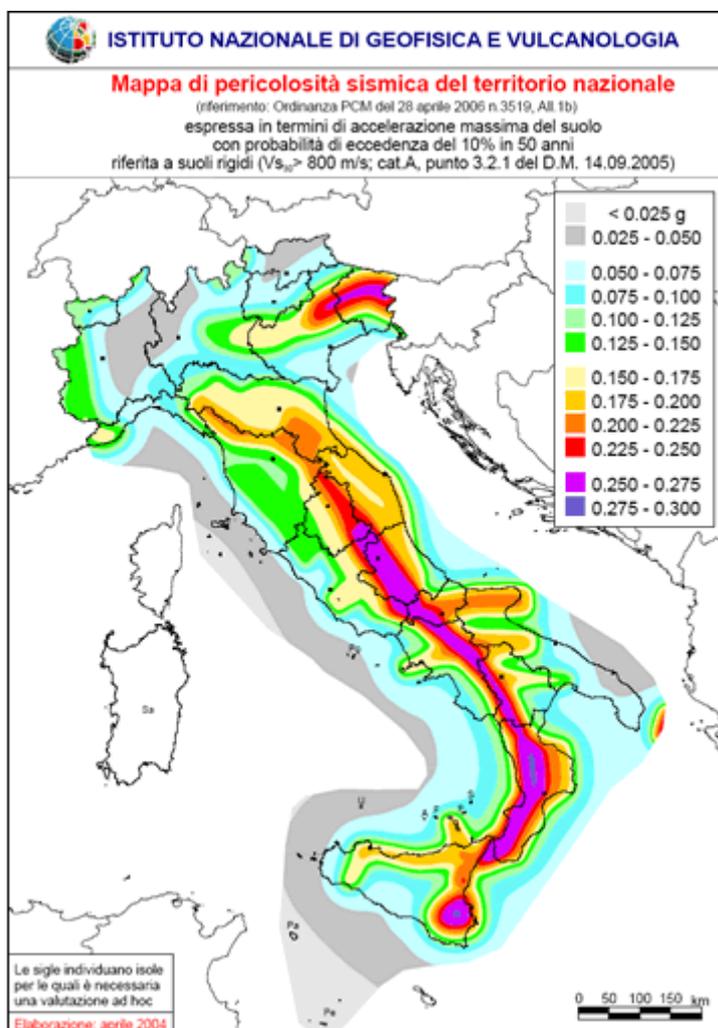


Figura 19 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (da Meletti & Montaldo 2007) contenuta nel Progetto S1 dell’INGV-DPC (<http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>).

In particolare, con tale provvedimento è stato superato il concetto di una classificazione sismica legata al singolo territorio comunale e si è posta nuova attenzione sul concetto di una pericolosità sismica uniforme a livello nazionale, stimata sulla base di quattro fondamentali zone sismiche. La vecchia classificazione sismica produceva, sovente, situazioni in cui un comune classificato sismico era fisicamente confinante con un comune non classificato e, pertanto, si assisteva ad un brusco cambiamento nei parametri sismici che avveniva in un breve arco di territorio.

Attualmente, la pericolosità sismica è stimata con una precisione maggiore e, di fatto, le variazioni tra le caratteristiche sismiche di aree adiacenti sono continue e graduali. Successivamente verrà mantenuta, infatti, la classificazione secondo la quale il territorio nazionale è suddivisibile in quattro differenti classi sismiche, ma a scopo esclusivamente amministrativo.

All’attuale stato delle conoscenze e del progresso scientifico è possibile, attraverso l’applicazione *WebGIS*, consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica. In particolare, per la zona interessata dalla tratta

ferroviaria progettuale nel comune di Portogruaro, i valori di accelerazione al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) sono compresi all'incirca nell'intervallo 0.100-0.125 a_g (accelerazione massima del suolo) (cfr. Figura 20).

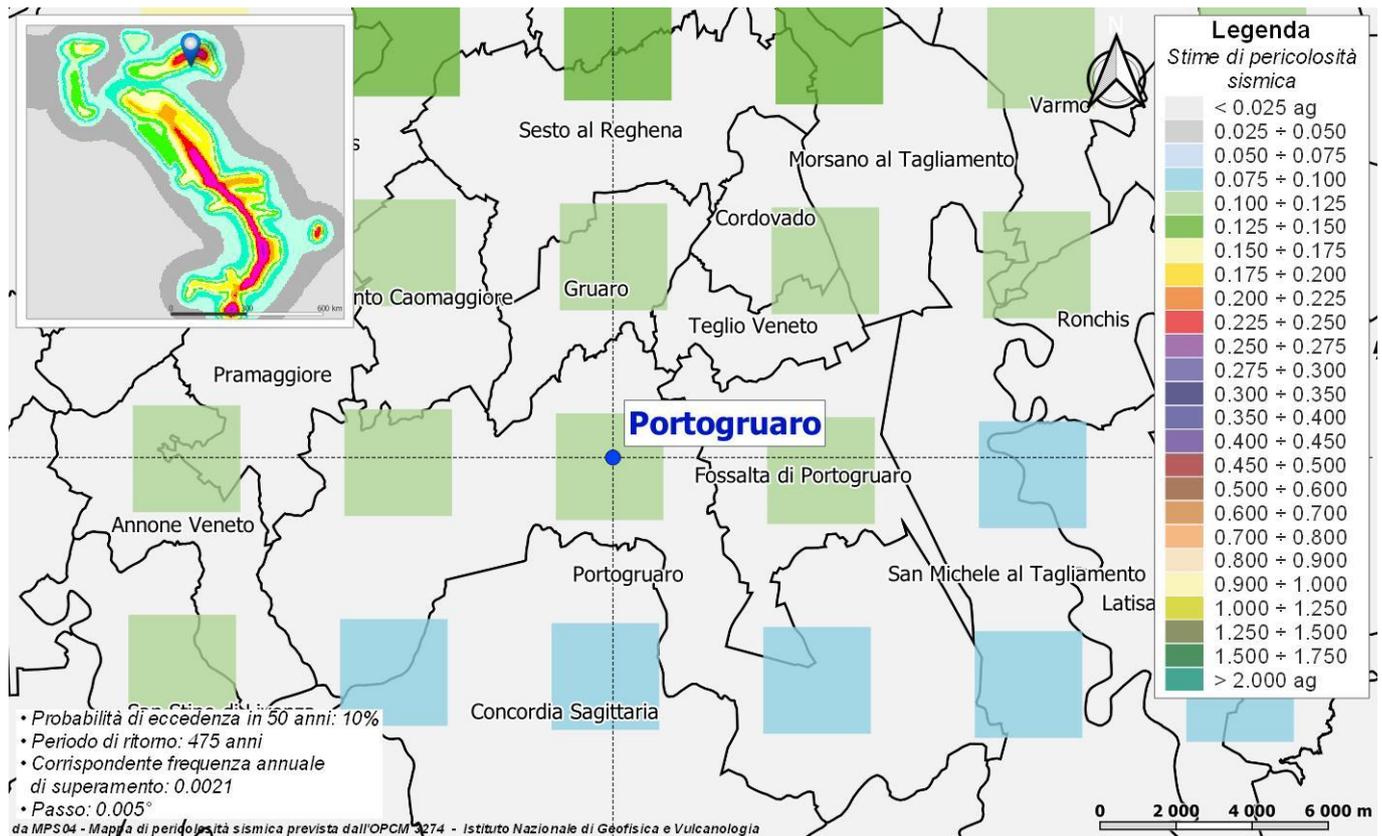


Figura 20 – Mappa di pericolosità sismica per l'area di Portogruaro; i colori della legenda indicano le diverse accelerazioni del suolo (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>).

Inoltre, il database del progetto ITHACA (*Italy Hazard from Capable faults*) mostra, nell'area progettuale, l'assenza di faglie capaci, definite come lineamenti tettonici attivi che potenzialmente possono creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche. Infatti, la faglia capace Palmanova (codice 77510) è presente a circa 32 km a nord-est del dell'opera in progetto Tale elemento, quindi, non interferisce direttamente con il tracciato di progetto, ma è comunque in grado di produrre eventi sismici di una certa importanza, con sicuro risentimento per le opere nei settori di stretto interesse progettuale.

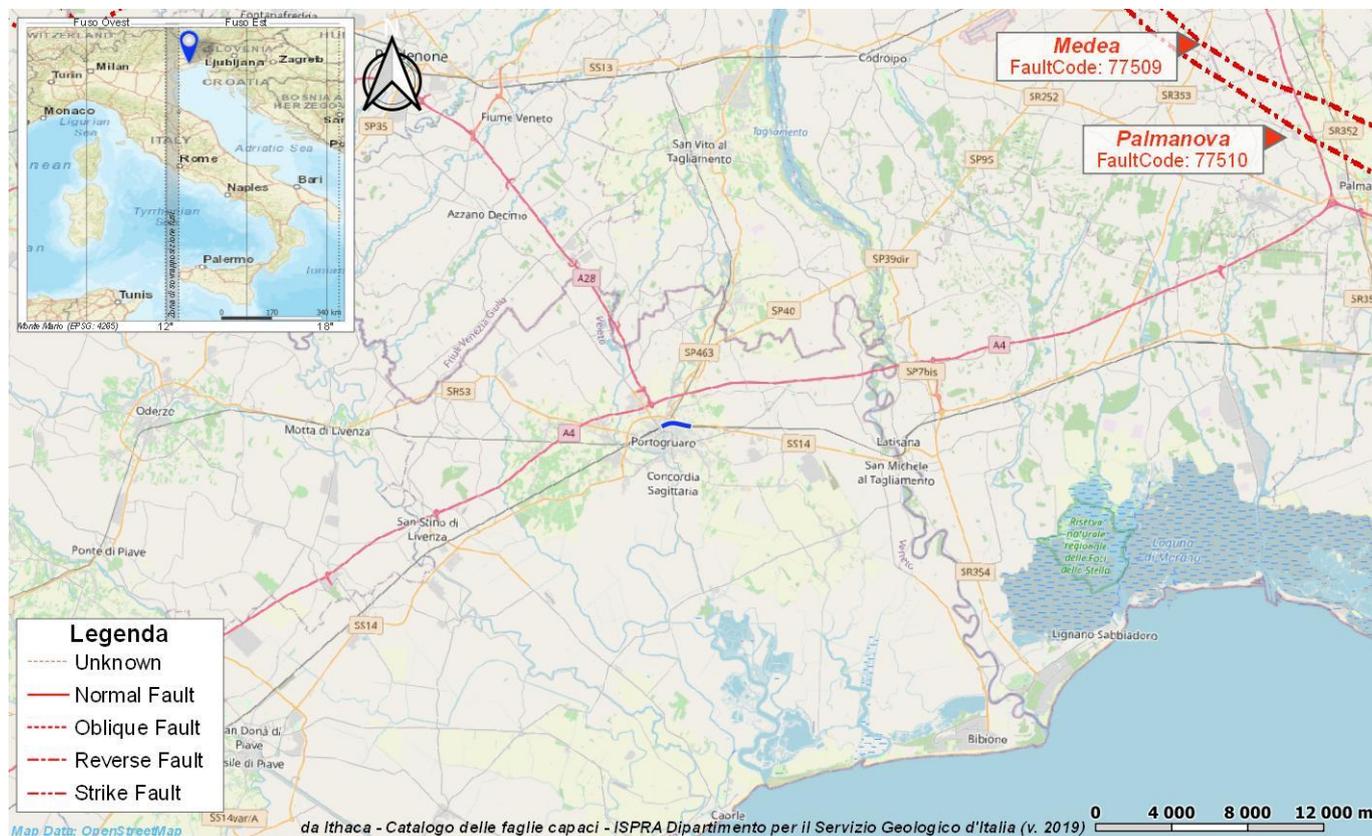


Figura 21 - Stralcio cartografico dell'area di interesse con individuazione dell'opera in progetto (blu) e delle faglie capaci (Ithaca 2019).

Per completezza nella Tabella 14 si riportano le caratteristiche della faglia Palmanova (codice 77510).

Faglia Monfalcone	
GENERAL IDENTIFICATION	
FAULT CODE	77510
FAULT NAME	Palmanova
REGION NAME	Friuli-Venezia Giulia
TECTONIC ENVIRONMENT	PLATE BOUNDARY
SYSTEM NAME	Trieste-Udine
SYNOPSIS	
RANK	Primary
GEOMETRY AND KINEMATICS	
SEGMENTATION	Single Segment
AVERAGE STRIKE (°)	120
DIP (°)	Undefined
DIP DIRECTION	NE

Faglia Monfalcone	
FAULT LENGTH (km)	29.5
MAPPING SCALE	1:100000
FAULT DEPTH (km)	
KINEMATICS	Reverse
ACTIVITY	
SURFACE EVIDENCE	ND
LAST ACTIVITY	Pleistocene generic
APPLIED TECHNIQUE	Field studies
SLIP PARAMETERS	
RECURRENCE INTERVAL (YR)	
SLIP RATE (MM/YR)	
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH (KM)	
MAX CREDIBLE SLIP (M)	
TIME SINCE LAST EVENT (YR)	
MAX KNOWN MAGNITUDE (MW)	
MAX KNOWN INTENSITY (MCS)	
KNOWN SEISMIC EVENTS	
FINAL REMARKS	
CAPABILITY CONSENSUS	Medium reliability
STUDY QUALITY	FAIR
NOTES	Poli 2008; Galadini 2005

Tabella 14 - Sintesi delle caratteristiche fisiche e geologiche della faglia potenzialmente attiva o capace, tratta da <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/SchedaFaglia.aspx?faultcode=77510>.

11.3 Pericolosità sismica

La pericolosità sismica di un territorio è funzione di un complesso insieme di parametri naturali e rappresenta la probabilità che un evento sismico di data intensità si manifesti in una certa area in un determinato intervallo di tempo. Diverso è, invece, il concetto di rischio sismico che è il risultato catastrofico dell'evento naturale sul sistema antropico.

Affinché si abbia rischio è necessario, pertanto, che uno o più degli elementi antropici esposti (vite umane, attività, beni) possieda un carattere di vulnerabilità tale da determinarne la perdita parziale o totale. La vulnerabilità, in tale accezione, è l'entità della perdita attesa derivante dal manifestarsi di un evento di data intensità nell'area in esame. Non potendo intervenire sulla pericolosità, che dipende esclusivamente da dinamiche naturali, si può intervenire sulla vulnerabilità degli elementi esposti al rischio e, quindi, sul rischio totale.

Oltre alla conoscenza della probabilità di accadimento di un evento sismico, delle caratteristiche della sorgente sismogenetica e delle modalità di propagazione della perturbazione, è necessario analizzare le caratteristiche locali

del sito di studio. Queste, infatti, condizionano la reazione del terreno all'input sismico in termini di variazione del contenuto in frequenza del segnale, amplificazione/smorzamento dell'onda e perdita o modificazione delle sue caratteristiche di resistenza e deformabilità.

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

Con riferimento al D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018, sono stati determinati i parametri sismici di progetto per la realizzazione delle opere previste. In particolare, sulla base delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 e dei dati relativi al progetto S1 dell'INGV-DPC, sono stati determinati i valori reticolari dei parametri di riferimento relativamente ad un suolo rigido, per un tempo di ritorno T_r pari a 475.

Per i valori di a_g , F_0 e T_c^* , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 (come previsto dalle NTC 2018 cfr. paragr. 3.2). I parametri forniti 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.

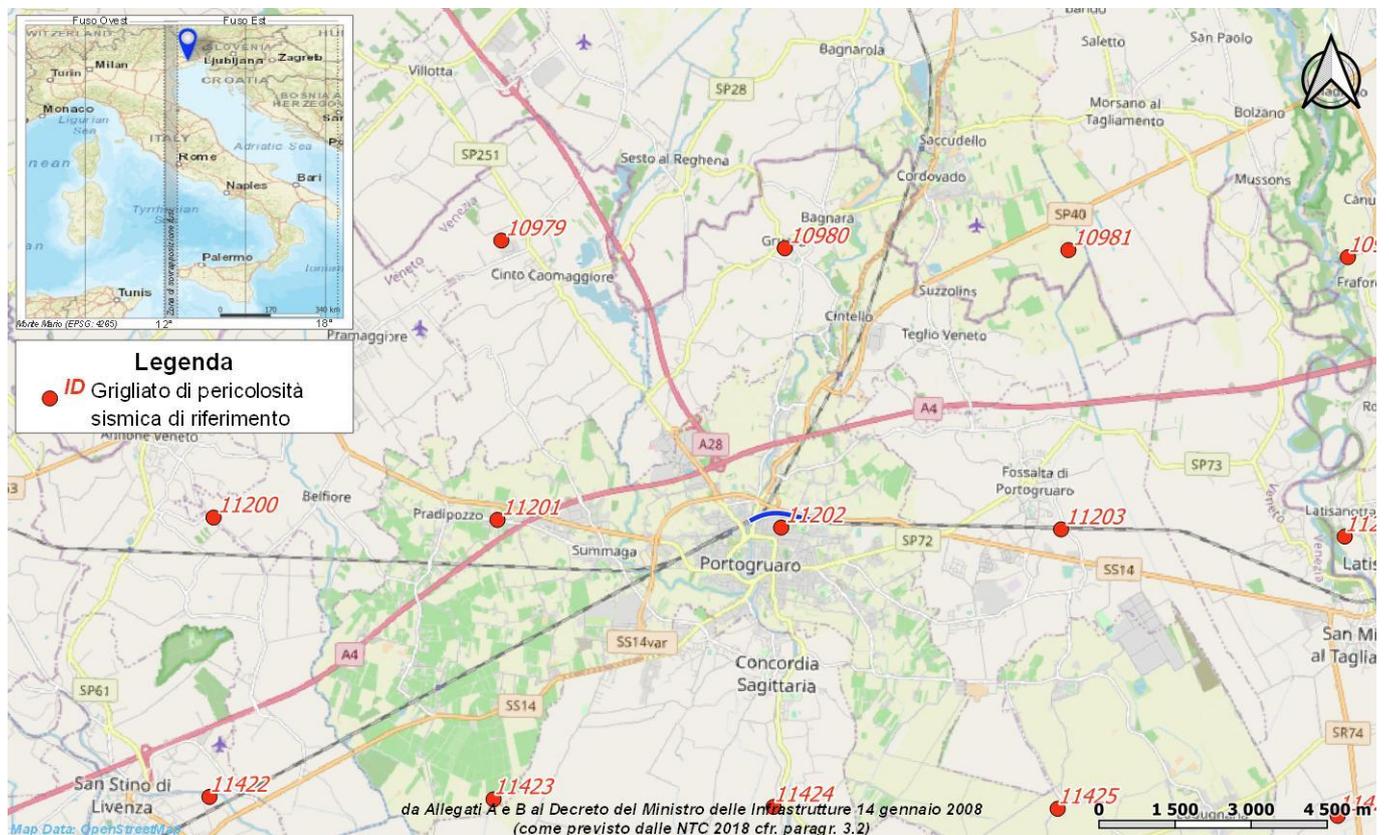


Figura 22 – Griglia di riferimento per il settore oggetto di studio, con individuazione dell'opera in progetto (linea blu) e dei punti del grigliato scelti (in rosso).



POTENZIAMENTO LINEA VENEZIA TRIESTE

Posti di Movimento e Varianti di Tracciato

LOTTO 3: Variante di tracciato a Portogruaro

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ04	30	R69RG	GE 00 01 001	A	45 di 57

ID	Longitudine	Latitudine	a_g	F_0	T_c
10979	12.773	45.833	1.249	2.49	0.36
10980	12.845	45.833	1.165	2.54	0.37
10981	12.917	45.834	1.107	2.58	0.37
11201	12.774	45.783	1.081	2.57	0.37
11202	12.846	45.783	1.036	2.58	0.37
11203	12.917	45.784	1.004	2.59	0.38

Tabella 15 - Parametri di riferimento del moto sismico su suolo rigido per un periodo di ritorno T_r pari a 475 anni, le coordinate sono espresse in gradi decimali (EPSG:4230).

11.4 Categoria di sottosuolo

I parametri forniti, in funzione di quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, 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. La normativa citata prevede, relativamente alla caratterizzazione sismica di un sito (D.M. 17/01/2018 – G.U. Serie Generale n. 42 del 20-2-2018), la determinazione dei valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s). Nel caso di depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m la velocità equivalente $V_{s,eq}$ corrisponde al parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

Si riportano nel seguito le categorie di sottosuolo previste dalla normativa vigente:

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

Nell'ambito del presente studio, le categorie di sottosuolo per l'area di intervento sono state definite in funzione delle n. 2 prove MASW e delle n. 2 prove Down-Hole realizzate nella zona di studio. In Tabella 16 e Tabella 17 si riporta una sintesi delle prove effettuate, contenente i valori di $V_{s,eq}$ determinati, la categoria di sottosuolo corrispondente e una sintesi dell'assetto litostratigrafico in corrispondenza della prova.

sigla	tipologia	Vs,eq m/s	categoria di sottosuolo	unità geologiche
MASW_BH6	masw	211	C	ba3/bb4/bb3/bt1/bt2/bt3/bt4/

Tabella 16 - Sintesi dei risultati della prova down-hole realizzata nell'ambito della campagna indagini Italferr 2018.

Il certificato della prova masw è riportato in appendice alla presente relazione. Il punto di ubicazione della stessa, invece, è riportato nell'allegato Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico in scala 1:5000-1:5000/500 (IZ04 30 R 69 L5 GE0001 001).

sigla	tipologia	Vs,eq m/s	categoria di sottosuolo	unità geologiche
VP1	Down-hole	211	C	h/ba2/bb4/bb3/bt1/bt3/bt4/
VP3	Down-hole	216	C	bb3/bb4/ bt1/bt3/bt4
MASW_VP1	masw	221	C	bb4/bb3/bb2/bt1/bt3/bt4/

Tabella 17 - Sintesi dei risultati delle prove sismiche realizzate nell'ambito della campagna indagini Italferr 2021

I certificati delle prospezioni sismiche sono riportati nello specifico elaborato (IZ04 30 R69 IG GE0005 001). I punti di ubicazione delle stesse, invece, sono riportati nell'allegato Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico in scala 1:5000-1:5000/500 (IZ04 30 R 69 L5 GE0001 001).

In relazione con quanto emerso dalle analisi geofisiche appositamente realizzate, i settori di studio sono caratterizzati da una categoria di sottosuolo di tipo **C** (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*). Invece, per quanto concerne la categoria topografica, per tutta l'area di studio si consiglia l'adozione di una categoria **T1** (*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$*).

11.5 Analisi del rischio di liquefazione

La liquefazione è un particolare processo che causa la temporanea perdita di resistenza di un sedimento che si trova al di sotto del livello di falda, portandolo a comportarsi come un fluido viscoso a causa di un aumento della pressione neutra e di una riduzione della pressione efficace (Riga 2007). Tale fenomeno avviene, cioè, quando la pressione dei pori aumenta fino ad eguagliare la pressione inter-granulare.

L'incremento di pressione neutra è causato, principalmente, dalla progressiva diminuzione di volume che si registra in un materiale granulare poco addensato soggetto alle azioni cicliche di un sisma. Ovviamente, per quanto detto in precedenza, sono suscettibili di liquefazione terreni granulari, da poco a mediamente addensati, aventi granulometria compresa tra le sabbie ed i limi, con contenuto in fine piuttosto basso. Tali terreni devono essere altresì posti al di sotto del livello di falda e a profondità relativamente basse, generalmente inferiori ai 15 m dal p.c..

Al fine di verificare la possibile suscettività a liquefazione dei terreni interessati dalle opere in progetto sono state condotte una serie di analisi qualitative basate sia sugli studi bibliografici di maggior rilievo a livello internazionale, e analisi semi-quantitative basate sulle procedure dettate dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018.

Al fine di verificare la possibile suscettività a liquefazione dei terreni interessati dalle opere in progetto sono state condotte una serie di analisi semi-quantitative basate sulle procedure dettate dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018. L'attuale normativa vigente in materia di costruzioni edilizie (NTC2018 - par. 7.11.3.4.2)

prevede che la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

- 1) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1 g;
- 2) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c., 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 $q_{cIN} > 180$, dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (*Standard Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{cIN} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (*Cone Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- 4) distribuzione granulometriche esterna ai fusi granulometrici indicati da normativa, distinti in funzione del coefficiente di uniformità U_c .

In particolare, se la condizione 1 non risulta soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4. Pertanto, in relazione a quanto previsto dall'NTC 2018, sono state condotte una serie di analisi puntuali volte a verificare tutte le condizioni predisponenti elencate in precedenza, al fine di determinare la possibile suscettività a liquefazione dei terreni interessati dalle opere in progetto.

Per quanto detto in precedenza, le verifiche sono state condotte unicamente per i terreni alluvionali posti a profondità inferiori ai 15-20 m dal p.c., in quanto al di sotto non è possibile che si verifichino tali fenomeni. Ovviamente le suddette analisi hanno un carattere generale e, pertanto, andranno puntualmente dettagliate attraverso verifiche geotecniche basate sulla resistenza dinamica e sull'effettivo stato di addensamento dei terreni investigati.

Le fonti bibliografiche a disposizione e lo studio relativo alla sismicità storica e alla pericolosità sismica condotto hanno evidenziato che, nell'area di intervento, si sono verificati diversi terremoti con magnitudo M superiore a 4. In particolare, il massimo terremoto atteso nell'area presenta una M pari a 6.60, in quanto riferibili alla **Zona 905** "Friuli-Veneto Orientale".

Le accelerazioni massime attese al piano campagna, in condizioni di campo libero, sono risultate essere generalmente superiori al limite definito da normativa, in quanto variabili tra 0.100-0.125 a_g (cfr. Figura 20). In relazione a quanto detto e considerata la presenza delle condizioni predisponenti espresse nel punto 1 dell'NTC 2018, si è quindi proceduto alla verifica dei punti 2, 3 e 4 del paragrafo "7.11.3.4.2 – Esclusione della verifica a liquefazione", in modo da rispondere puntualmente a tutti i quesiti posti da norma.

Per quanto concerne la falda, le misure ottenute tramite la campagna di monitoraggio e le prove CPTU (cfr. Tabella 8, Tabella 9) rimarkano un livello di falda posto tra 0.70 e 1.70 m da piano campagna. Tale falda risulta quindi al di sopra del limite di 15 m previsto da normativa per tutti i sondaggi presenti.

Dal punto di vista granulometrico e tessiturale, infine, i dati geologici a disposizione hanno mostrato la presenza di terreni con caratteristiche variabili ed eterogenee. In generale, i terreni attraversati sono caratterizzati da una granulometria torboso-limosa, limoso-argillosa, sabbioso-limosa e ghiaioso-sabbiosa. In termini qualitativi i depositi limoso-argillosi dei depositi alluvionali antichi (**bt3**; *Pleistocene superiore*), dei depositi alluvionali recenti (**bb3**; *Pleistocene superiore-Olocene*) e depositi alluvionali attuali (**ba3**; *Olocene-Attuale*) e i depositi torboso-limosi dei depositi alluvionali antichi (**bt4**; *Pleistocene superiore*) e dei depositi alluvionali recenti (**bb4**;

Pleistocene superiore-Olocene) non presentano suscettività alla liquefazione. Al contrario i depositi sabbioso-limosi dei depositi alluvionali attuali (**ba2**; *Olocene-Attuale*), dei depositi alluvionali recenti (**bb2**; *Pleistocene superiore-Olocene*) e dei depositi alluvionali antichi (**bt2**; *Pleistocene superiore*) presentano una suscettività variabile da moderata ad alta. Infine, i depositi ghiaioso-sabbiosi dei depositi alluvionali antichi (**bt1**; *Pleistocene superiore-Olocene*), presentano una moderata suscettività alla liquefazione.

Nella zona in esame i dati a disposizioni sono rappresentati da prove penetrometriche statiche, SPT e prove di laboratorio. Per quanto riguarda le prove penetrometriche statiche (CPT), sono stati determinati i valori della resistenza normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa sulla base della formula seguente (Seed & Idriss 1982; Skempton 1986; Robertson & Wride 1998; Riga 2007):

$$q_{c1N} = C_q \cdot \left(\frac{q_c}{p_a} \right)$$

$$C_q = \left(\frac{p_a}{\sigma'_v} \right)^n$$

dove p_a è la pressione atmosferica (100kPa).

Le profondità degli orizzonti esaminati sono state discriminate sulla base delle ricostruzioni litostratigrafiche del profilo geologico (IZ04 30 R 69 L5 GE0001 001) e in accordo con il grafico di classificazione dei terreni da prove CPT (Schmertmann 1978, e successive modifiche).

Di seguito vengono identificati le profondità degli orizzonti che secondo la classificazione di Schmertmann (1978) rientrano nella classe Terreni limo-sabbiosi, nella classe Sabbie argillose e limi e nella classe Sabbia.

Campagna indagini	Prova	Litologia da profilo	Profondità strato liquefacibile <i>m</i>
IF2021	CPTU_VP1A	bb2	5.1 - 6.8

Tabella 18 – Sintesi delle profondità degli orizzonti sabbioso-limosi individuati lungo ciascuna verticale, nella zona in esame.

Le prova eseguita alle profondità sopra esposta ha evidenziato la presenza di terreni caratterizzati da valori di resistenza penetrometrica piuttosto bassi e nettamente al di sotto del limite di (q_{c1N}) definito da normativa e calcolato secondo Robertson & Wride (1998), che confermano la presenza di orizzonti litologici potenzialmente suscettibili di liquefazione, come riportato nella tabella seguente.

Campagna indagini	Prova	Unità	Profondità prova <i>m</i>	q_c <i>MPa</i>	(q_{c1N}) <i>kPa</i>
IF2021	CPTU_VP1A	bb2	5.1 - 6.8	3.33	52

Tabella 19 - Parametri di sintesi dei valori di q_c e di resistenza normalizzata(q_{c1N}) relativi ai terreni interessati dalle analisi di suscettività a liquefazione; sono evidenziati gli orizzonti con $(q_{c1N}) < 180$.

I risultati delle prove penetrometriche statiche disponibili, evidenziano una alta probabilità di suscettibilità al fenomeno della liquefazione nel settore specifico relativamente agli orizzonti sabbioso limosi analizzati. I valori di q_{c1N} risultano tutti inferiori al valore di 180 previsto da normativa.

Relativamente alla resistenza penetrometrica dei terreni, le verifiche sono state condotte in relazione alle prove SPT realizzate nei fori di sondaggio durante le fasi di perforazione negli orizzonti torboso-limosi, limoso-argillosi, sabbioso-limosi e ghiaioso-sabbiosi dei depositi alluvionali. Sono stati quindi determinati i valori della resistenza

normalizzata sulla base della formula seguente (Seed & Idriss 1982; Skempton 1986; Robertson & Wride 1998; Riga 2007):

$$(N_1)_{60} = (N_{SPT} \cdot C_E \cdot C_B \cdot C_R \cdot C_S) \cdot C_N = (N)_{60} \cdot C_N$$

dove N_{SPT} è la misura della resistenza penetrometrica in sito, C_N il fattore per la normalizzazione alla pressione effettiva di 1 atmosfera, e C_E , C_B , C_R e C_S i fattori di correzione rispettivamente per il rapporto di energia, il diametro del foro, la lunghezza delle aste e i campioni.

campagna indagini	sondaggio	unità	profondità prova <i>m</i>	N_{SPT}	$(N_1)_{60}$
IZ0400R-2018	BH6	bt1	9.2	22	17
IZ0400R-2018	BH6	bt1	12.2	32	22
IF2021	VP1	ba2	2.2	7	6
IF2021	VP1	ba2	3.8	10	8
IF2021	VP1	bt1	11.2	35	23
IF2021	VP1	bt1	14.0	R	R
IF2021	VP3	bt1	8.1	R	R
IF2021	VP3	bt1	11.8	17	12

Tabella 20 - Parametri di sintesi dei valori di N_{SPT} e di resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60}$ relativi ai terreni interessati dalle analisi di suscettività a liquefazione, in arancione sono segnalati gli orizzonti con $(N_1)_{60} < 30$.

Tale prova ha evidenziato, in particolare, la presenza di terreni caratterizzati da valori di resistenza penetrometrica localmente al di sotto del limite di $(N_1)_{60}$ definito da normativa (cfr. Tabella 20).

Di seguito si riportano le curve granulometriche dei campioni di terreno disponibili ed analizzati, ricadenti negli orizzonti torboso-limosi delle unità **bt4** e **bb4**, negli orizzonti argilloso-limosi delle unità **bb3** e **bt3**, negli orizzonti sabbioso-limosi delle unità **ba2** e **bt2** e negli orizzonti ghiaioso-sabbiosi dell'unità **bt1**, nonché la rappresentazione schematica dei fusi critici indicati da normativa.

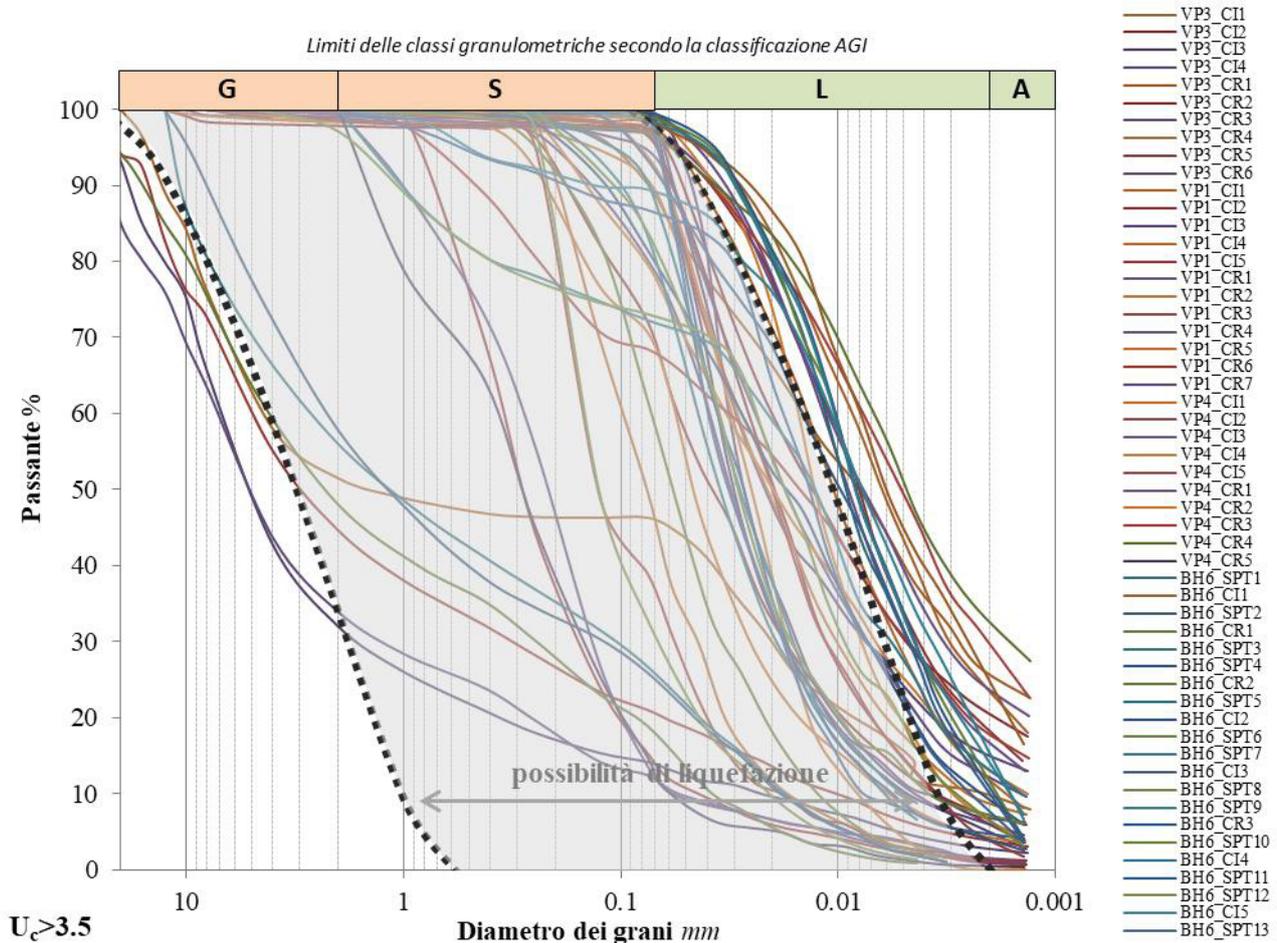


Figura 23 - Curve granulometriche dei campioni disponibili. In nero, a tratteggio, è riportato il fuso granulometrico critico per suoli - $U_c > 3.5$ (NTC 2018).

Le curve granulometriche dei campioni di terreno disponibili ed analizzati ricadenti nelle unità **bt4**, **bb4**, **bb3**, **bt3**, **ba2**, **bt2** e **bt1**, nonché la rappresentazione schematica dei fusi critici indicati da normativa sono riportate in Figura 23. A tal riguardo, si sottolinea che i limiti dimensionali delle varie classi granulometriche, riportati nella parte alta di ogni grafico, sono indicati seguendo gli *standard* metodologici proposti dall'Associazione Geotecnica Italiana (AGI).

Le verifiche condotte hanno evidenziato, che per la maggior parte dei campioni, le curve granulometriche ricadono fuori dal fuso granulometrico critico indicato da normativa, e quindi non sono stati considerati potenzialmente suscettibili di liquefazione. Tali campioni, infatti, presentano un contenuto piuttosto elevato in limi, argille o ghiaie. Al contrario, i campioni **CI4**, **CI5** e **CR7** del sondaggio VP1 e il campione **CI2** del sondaggio VP4, ricadono parzialmente all'interno del fuso granulometrico critico indicato da normativa. In particolare, nonostante le curve non ricadano interamente all'interno dal fuso e quindi non siano potenzialmente suscettibili di liquefazione i campioni sono stati cautelativamente considerati suscettibili di liquefazione, in quanto solo una percentuale di passante inferiore al 5% ricade fuori dal fuso critico. Infine, i campioni **CI1** e **CR5** del sondaggio VP4 e i campioni **SPT3**, **SPT4**, **SPT5**, **SPT7** e **SPT12** del sondaggio BH6, ricadono totalmente all'interno del fuso granulometrico critico indicato da normativa. Tali campioni, infatti, presentano un contenuto elevato in sabbia e in limo.

In conclusione, i risultati delle analisi di suscettività a liquefazione appositamente condotte hanno evidenziato che i terreni impegnati dalla realizzazione delle opere in progetto possono essere localmente suscettibili a fenomeni di liquefazione dinamica a seguito dei terremoti attesi. Si sottolinea che gli orizzonti sabbioso-limosi e ghiaioso sabbiosi presenti all'interno dei depositi alluvionali sono da ritenersi suscettibili di liquefazione. Ad ogni modo dovranno essere condotte specifiche analisi geotecniche al fine di definire in maniera quantitativa i possibili effetti di eventuali fenomeni di liquefazione sulle opere in progetto. Per tali analisi si rimanda all'elaborato "Relazione Geotecnica Generale".



POTENZIAMENTO LINEA VENEZIA TRIESTE

Posti di Movimento e Varianti di Tracciato

LOTTO 3: Variante di tracciato a Portogruaro

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ04	30	R69RG	GE 00 01 001	A	52 di 57

12 CONCLUSIONI

La presente relazione è stata redatta nell'ambito dell'esecuzione del progetto di fattibilità tecnica ed economica del progetto per il " *Potenziamento linea Venezia Trieste: Posti di movimento e varianti di tracciato – Lotto 3: Variante di tracciato a Portogruaro* ". In particolare, sono stati effettuati i rilievi e gli approfondimenti propedeutici alla redazione degli elaborati di sintesi previsti dal progetto stesso. Nel dettaglio, il presente studio è relativo al progetto di fattibilità tecnica ed economica per l'intervento per la variante di tracciato di Portogruaro, lungo la linea Venezia-Trieste, in corrispondenza del Comune di Portogruaro (VE).

L'area di studio si colloca nella porzione sud-orientale della regione Veneto, nel territorio comunale di Portogruaro (VE). Dal punto di vista morfologico l'area di studio si colloca in un territorio sub-pianeggiante della Bassa Pianura Veneta. Si tratta di un territorio caratterizzato da depositi alluvionali e che presenta una debole pendenza (valori dell'ordine dell'1-3 ‰, ad eccezione del settore nord-orientale), generalmente orientata da NNW verso SSE. L'orografia dell'area, tipica di un settore pianeggiante, è molto regolare e poco articolata, con una quota minima di circa 1 m s.l.m. nel settore centrale e una quota massima di circa 10 m s.l.m. in corrispondenza di alcuni rilevati stradali. Il settore nord-orientale dell'area di studio è caratterizzato dalla presenza di un terrazzo fluviale, bordato da una blanda scarpata fluviale inattiva con andamento circa NNW-SSE, e rialzato di circa 3 metri rispetto al settore centrale. Inoltre, l'area di studio, specialmente nel settore centro-occidentale e lungo il tracciato ferroviario, è caratterizzata da numerose forme antropiche come rilevati stradali, rilevati ferroviari e canali.

L'idrografia è contraddistinta dalla presenza di un'asta fluviale principale rappresentata dal Fiume Lèmene, che nasce in corrispondenza della fascia delle risorgive ad est di Casarsa e con andamento generale N-S, sfocia nel Mar Adriatico a nord di Caorle. In prossimità dell'area di studio confluiscono in sponda occidentale del Fiume Lèmene la Roggia Versiola e il Fiume Règhena. La rete idrografica superficiale è inoltre rappresentata da canali sia naturali che artificiali, che svolgono importanti funzioni irrigue e di scolo, sviluppando una notevole ramificazione e gerarchizzazione anche a livello capillare.

Gli approfondimenti condotti dallo scrivente hanno consentito di definire i principali aspetti geologici, geomorfologici e idrogeologici dell'area il tutto in misura commisurata alla loro incidenza specifica sul terreno e sul contesto ambientale complessivo.

Dal punto di vista geologico, il territorio comunale è caratterizzato dai terreni torboso-limosi, limoso-argillosi, sabbioso-limosi e ghiaioso-sabbiosi dei Depositi alluvionali antichi (Pleistocene Superiore), con uno spessore massimo superiore a 45 m. Tali depositi, tramite superficie erosiva, sono ricoperti nel settore centro-orientale dai terreni torboso-limosi, limoso-argillosi e sabbioso-limosi dei Depositi alluvionali recenti (Pleistocene Superiore-Olocene), con uno spessore massimo di 8 m. Questi ultimi a loro volta, sempre tramite superficie erosiva, sono ricoperti nel settore centro-occidentale, dai terreni limoso-argillosi e sabbioso-limosi dei Depositi alluvionali attuali (Olocene-Attuale), con uno spessore massimo di circa 4 m. La successione dei depositi alluvionali è ricoperta in superficie da coltri di riporto con uno spessore massimo di circa 1.5 m. Sotto il profilo idrogeologico il monitoraggio piezometrico evidenzia una profondità minima della falda di 0.93 m da piano campagna, mentre le prove CPTU evidenziano una profondità minima della falda di 0.7 m da piano campagna.

In relazione agli esiti dello studio condotto dallo scrivente, l'area oggetto di studi risulta priva di elementi di pericolosità geologica e geomorfologica, potenziali o in atto, che possano determinare condizioni di rischio imminente ed interferenze dirette o indirette con le opere in progetto, a meno della specifica suscettività al fenomeno di liquefazione, trattato nel capitolo 11.5, "Analisi del rischio di liquefazione". Le analisi condotte sulla

scorta dei dati disponibili evidenziano che gli orizzonti sabbioso-limosi e ghiaioso sabbiosi presenti all'interno dei depositi alluvionali sono da ritenersi suscettibili di liquefazione.

Dal punto di vista sismico, invece, il livello di pericolosità risulta basso. Per una trattazione completa della tematica si rimanda allo specifico capitolo 11 - Sismicità dell'area.

13 BIBLIOGRAFIA

Ambrosetti P., Bosi C., Carraro F., Ciaranfi N., Panizza M., Papani G., Vezzani L., Zanferrari A., 1987. Neotectonic Map of Italy, scale 1:500000. C.N.R.-P.F.G., Sottoprogetto Neotettonica: Fogli 1-6.

Associazione Geotecnica Italiana, 1997. Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche. Servizi Grafici Editoriali, Padova.

Atkinson J., 1997. Geotecnica. Meccanica delle terre e fondazioni. McGraw-Hill, Milano.

Aurighi M., Zangheri P., 2001. La Rete di monitoraggio delle acque sotterranee in Provincia di Venezia.

Basili R., Valensise G., Vannoli P., Burrato P., Fracassi U., Mariano S., Tiberti M.M., Boschi E., 2008. The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology. Tectonophysics.

Bigi S., Cosentino D., Parotto M., Sartori R., Scandone P., 1992. Structural model of Italy. Scale 1:500000 (fogli 1-6). CNR - Progetto Finalizzato Geodinamica 114.

Bondesan A., Calderoni G., Mozzi P., 2002. L'assetto geomorfologico della pianura veneta centro-orientale: stato delle conoscenze e nuovi dati. In: VAROTTO M. & ZUNICA M. (a cura di) – Scritti in ricordo di Giovanna Brunetta: 19-38.

Bondesan A., Meneghel M., Rosselli R., Vitturi A., 2004. Carta geomorfologica della provincia di Venezia, scala 1:50000 (con edizione digitale alla scala 1:20000). LAC, Firenze.

Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Valensise L., Gasperini P., 2000. Catalogue of strong Italian Earthquakes from 461 B.C. to 1997. Annali di Geofisica 43: 609-868.

Bosellini A., Mutti E., Ricci Lucchi F., 1989. Rocce e successioni sedimentarie. Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino.

Bruschi A., 2010. Prove geotecniche in situ. Guida alla stima delle proprietà geotecniche e alla loro applicazione alle fondazioni. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Butler B.C.M., Bell J.D., 1996. Lettura e interpretazione delle carte geologiche. Zanichelli Editore, Bologna.

Carraro F., 2012. Geologia del Quaternario. L'evoluzione geologica degli ambienti superficiali. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Casadio M., Elmi C., 1999. Il manuale del geologo. Pitagora Editrice, Bologna.

Casati P., 1991. Scienze della terra. Città Studi Edizioni.

Castellarin A., Nicolich R., Fantoni R., Cantelli L., Sella M., Selli L., 2006. Structure of the lithosphere beneath the Eastern Alps (southern sector of the TRANSALP transect). Tectonophysics 414 (1-4): 259-282.

Castiglioni G.B., 1991. Geomorfologia (seconda edizione). Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino.

Castiglioni G.B., Ajassa R., Baroni C., Biancotti A., Bondesan A., Bondesan M., Cortemiglia F., 1991. Carta Geomorfologica della Pianura Padana, scala 1:250000. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia: 503-505.

Cavallin A., Lauzi S., Marchetti M., Padovan N., 1987. Carta geomorfologica della pianura friulana ad est del F. Tagliamento e a sud dell'anfiteatro morenico. Atti della riunione dei ricercatori di geologia 9: 1-12.

Celico P., 1986. Prospezioni idrogeologiche. Liguori Editore, Napoli.

Cestari F., 1996. Prove geotecniche in sito. Italgrafica Segale, Segrate.

CNR-PFG, 1985. Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980. In: Postpischl D. (ed), CNR-PFG V. 2B, Bologna.

Colombo P., Colleselli F., 1996. Elementi di geotecnica (seconda edizione). Zanichelli Editore, Bologna.

Comune di Portogruaro, 2012. Piano di Assetto del Territorio del comune di Portogruaro. Comune di Portogruaro.

Crevaschi M., 1987. Loess deposits of the plain of the Po and of the adjoining adriatic basin (Northern Italy). In: Loess and Periglacial Phenomena. Budapest.X / [a cura di] Pecs M., French H.S.: 125-140.

Cremonini G., 1994. Rilevamento geologico. Realizzazione e interpretazione delle carte geologiche. Pitagora Editrice, Bologna.

Dal Prà A., Gobbo L., Vitturi A., Zangheri P., 2000. Indagine idrogeologica del territorio provinciale di Venezia. Provincia di Venezia, Settore Tutela e Valorizzazione del Territorio, Ufficio Difesa del Suolo.

DISS Working Group, 2018. Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1.: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Dramis F., Bisci C., 1997. Cartografia geomorfologica. Pitagora Editrice, Bologna.

Fantoni R., Catellani D., Merlini S., Rogledi S., Venturini S., 2002. La registrazione degli eventi deformativi cenozoici nell'avampese Veneto-Friulano. Memorie della Società Geologica Italiana 57: 301-313.

Fontana A., 2006. Evoluzione geomorfologica della bassa pianura friulana e sue relazioni con dinamiche insediative antiche. Monografie Museo Friulano Storia Naturale 47: 288.

Fontana A., Bondesan A., Meneghel M., Toffoletto F., Vitturi A., Bassan V., 2011. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:50000. Foglio 107, Portogruaro. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma.

Fontana A., Mozzi P., Bondesan A., 2008. Alluvial megafans in the Veneto-Friuli Plain: evidence of aggrading and erosive phases during Late Pleistocene and Holocene. Quaternary International 189: 71-89.

Galadini F., Poli M.E., Zanferrari A., 2005. Seismogenic sources potentially responsible for earthquakes with M >=6 in the eastern Southern Alps (Thiene-Udine sector, NE Italy). Geophysical journal international 161: 739-762.

Garbellini A., Zangheri P., 2001. Indagine sulle acque sotterranee del Portogruarese (con "sintesi divulgativa"). Consorzio di Bonifica "Pianura Veneta tra Livenza e Tagliamento" in collaborazione con la Provincia di Venezia.

Hallam A., 1985. Interpretazione delle facies e stratigrafia. Pitagora Editrice, Bologna.

ITHACA Working Group, 2019. ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faulting), A database of active capable faults of the Italian territory. Version December 2019. Web Portal <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Mappatura.aspx>. ISPRA Geological Survey of Italy.

Lambe T.W., Whitman R.V., 1997. Meccanica dei terreni. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Lancellotta R., 2004. Geotecnica (terza edizione). Zanichelli Editore, Bologna.

Lindeburg M.R., 1989. Civil Engineering Reference Manual. Belmont: Professional Publications.

Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Antonucci A., 2021. Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Marchetti M., 1990. Hydrological evolution of the north-central Po Plain: the underfit streams of the Minco, Oglio and Adda rivers. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*: 53-62.

Massari F., Grandesso P., Stefani C., Jobstraibizer P., 1986. A small polyhistory foreland basin evolving in a context of oblique convergence: the Venetian basin (Chattian to Recent, Southern Alps, Italy). *Foreland basins*. Oxford: Blackwell Scientific: 141-168.

Massari F., Grandesso P., Stefani C., Zanferrari A., 1986. The Oligo-Miocene Molasse of the Veneto-Friuli region, Southern Alps. *Giornale di Geologia* 48(1-2): 235-255.

Meletti C., Montaldo V., 2007. Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag. Progetto DPC-INGV S1.

Meletti C., Valensise G., 2004. Zonazione sismogenetica ZS9 - App.2 al Rapporto Conclusivo. Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Ogniben L., 1973. Carta del modello strutturale d'Italia. Fogli Sud n. 1-2, scala 1:1000000, Roma.

Parotto M., Praturlon A., 1975. Geological summary of Central Apennines. In: Ogniben L., Parotto M., Praturlon A. (eds), *Structural Model of Italy*. Quaderni della Ricerca Scientifica 90: 257-306.

Pasquarè G., Abbate E., Castiglioni G.B., Merenda M., Mutti E., Ortolani F., Parotto M., Pignone R., Polino R., Sassi F.P., 1992. Carta geologica d'Italia 1:50000, Guida al Rilevamento. Quaderni serie III 1: 203.

Piano Provinciale di Emergenza della Città Metropolitana di Venezia, 2007. Carta della subsidenza- Rilevanza del fenomeno. Provincia di Venezia.

Poulos H.G., Davis E.H., 1974. Elastic solutions for soil and rock mechanics. John Wiley and Sons, New York.

Provincia di Venezia, 2008. Le unità geologiche della provincia di Venezia. Provincia di Venezia.

Rauch A.F., 1998. Evaluating Cyclic Liquefaction Potential Using Cone Penetration Test. *Canadian Geotechnical Journal* 35: 442-459.

Ricci Lucchi F., 1980. Sedimentologia. Cooperativa Libreria Universitaria Editrice, Bologna.

Riga G., 2007. La liquefazione dei terreni. Analisi, valutazione, calcolo. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Robertson P.K., 1990. Soil classification using CPT. Canadian Geotechnical Journal 27(1): 151-158.

Robertson P.K., Wride C.E., 1998. Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test. Canadian Geotechnical Journal 35: 442-459.

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., Antonucci A., 2021. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Scesi L., Papini M., Gattinoni P., 2003. Geologia applicata. Casa Editrice Ambrosiana, Milano.

Schmertmann J.H., 1978. Guidelines for cone tests, performance and design. Federal Highway Administration.

Schmid S.M., Fugenschuh B., Kissling E., Schuster R., 2004. Tectonic map and overall architecture of the Alpine orogen. Eclogae Geologicae Helvetiae 97: 93-117.

Seed H.B., Idriss I.M., 1982. Ground motions and soil liquefaction during earthquakes. Earthquake Engineering Research Institute, Oakland.

Skempton A.W., 1986. Standard penetration test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, aging and overconsolidation. Géotechnique 36: 425-447.

Stefanini S., Cucchi F., 1977. Le ghiaie nel sottosuolo della pianura veneta ad oriente del F. Piave. Quaderni IRSA.

Stucchi M., Meletti C., Montaldo V., Akinci A., Faccioli E., Gasperini P., Malagnini L., Valensise G., 2004. Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale MPS04 [Data set]. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Sugan M., Peruzza L., 2011. Distretti sismici del Veneto. Bolettino di geofisica teorica ed applicata 52: 3-90.

Tanzini M., 2002. L'indagine geotecnica. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Terzaghi K., 1943. Theoretical soil mechanics. John Wiley and Sons, New York.

Tosi L., Rizzetto F., Bonardi M., Donnici S., Serandrei Barbero R., Toffoletto F., 2007. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:50000. Foglio 148-149, Chioggia-Malamocco. APAT - Regione Veneto.

Zanferrari A., Avigliano R., Monegato G., Paiero G., Poli M.E., 2008. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000. Foglio 066, Udine. Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici.

Zangheri P., Bassan V., Vitturi A., Da Villa E., 2008. Indagine idrogeologica sull'area di Porto Marghera. Provincia di Venezia - Regione del Veneto.