COMMITTENTE:

RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

PROGETTAZIONE:

ITALFERR
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

CUP J84H20002450001

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

PROGETTO DEFINITIVO

LUNETTA DI GORIZIA

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

SCALA: -

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
IZ19	00	D	69	RG	GE0001	001	A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	F. Bianchi	Luglio 2021	F. D'Alessandro	Luglio 2021	S. Lo Presti	Luglio 2021	M. Comedini Luglio 2021

ITALFERR
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Dott. Geol. Massimo Comedini
Ordine dei Geologi del Lazio
n° 2103

File: IZ1900D69RGGE0001001A		n. Elab.:

Informazione pubblica - Public information

INDICE

1 PREMESSA 4

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 6

2.1 DOCUMENTI REFERENZIATI 7

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO 8

3.1 INQUADRAMENTO TETTONICO-STRUTTURALE 8

3.2 LINEAMENTI GEOLOGICI GENERALI 10

3.2.1 Inquadramento geologico di dettaglio 13

3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO 14

4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO 15

5 CARTOGRAFIA DEL RISCHIO E VINCOLI TERRITORIALI 18

5.1 RISCHIO IDROGEOLOGICO ED IDRAULICO 18

6 INDAGINI GEOGNOSTICHE 21

6.1 PREMESSA 21

6.2 CAMPAGNA INDAGINI ITALFERR 21

6.2.1 Indagini in sito 21

6.2.2 Prove di laboratorio 23

7 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO 24

7.1 UNITÀ STRATIGRAFICHE, ASSETTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO 24

7.2 LIVELLI PIEZOMETRICI 25

8 SISMICITÀ DELL'AREA 26

8.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE 26

8.2 SISMICITÀ STORICA 30

8.3 SORGENTI SISMOGENETICHE 33

8.4 MAGNITUDO DI RIFERIMENTO 38

8.5 PARAMETRI PER LA DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO 40

8.5.1 Categoria di sottosuolo e frequenza propria di sito 40

8.5.2 Condizioni topografiche 40

8.5.3 Parametri sismici di progetto 40

8.6 ANALISI DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE 41

8.6.1 Premessa 41

9 SINTESI E CONCLUSIONI 46

10 BIBLIOGRAFIA 47

1 PREMESSA

La presente relazione illustra e riassume i risultati dello studio geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico eseguito a supporto della progettazione definitiva della Lunetta di Gorizia nel Comune di Gorizia (GO).

L'area d'interesse si sviluppa interamente nel comune di Gorizia. L'inizio dell'intervento è localizzato alla pk 1+725,86 della LS Gorizia C.le-Nova Gorica e si conclude alla pk 35+232,60 della LS Trieste-Gorizia.

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo tratto ferroviario che eviti l'inversione di banco nella stazione di Gorizia Centrale dei mezzi che transitano in direzione Nova Gorica partendo da Trieste.



Figura 1-1. Ubicazione dell'area di intervento (scala grafica, da Google Earth). In giallo è indicata l'area di studio.

Il lavoro è stato sviluppato a partire dalle indagini eseguite da Italferr S.p.A. nella campagna del 2021 e dai dati bibliografici a disposizione, con particolare riferimento alla documentazione disponibile nel PRG del Comune di Gorizia.

Nel presente studio sono stati sviluppati i seguenti punti:

- inquadramento geologico, geomorfologico generale dell'area;
- redazione di una cartografia geologica e geomorfologica di riferimento;

- interpretazione ed elaborazione delle indagini geognostiche e geofisiche disponibili al fine della ricostruzione del profilo in asse al tracciato di progetto e della individuazione delle unità stratigrafiche di riferimento;
- sismicità dell'area;
- interpretazione ed elaborazione delle prove in sito per fornire la caratterizzazione geologico-tecnica delle unità stratigrafiche incontrate.

Con il presente studio viene fornito un quadro d'insieme geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico adeguato al presente livello progettuale, con l'individuazione delle eventuali criticità osservate. Le informazioni di carattere geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area indagata sono state sintetizzate negli elaborati di progetto riportati nel Paragrafo 2.1.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- UNI EN 1997-1 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- UNI EN 1997-2 - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo.
- O.P.C.M. n.3274 del 20/03/2003 e s.m.i., “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e successive modifiche ed integrazioni.
- O.P.C.M. n.3519 del 28/04/2006, "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".
- D.M. 14/01/2008, “Norme tecniche per le costruzioni”.
- D.M. 06/05/2008, integrazione al D.M. 14/01/2008.
- Circ. Min. II.TT. 02/02/2009, n.617, “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14/01/2008”.
- Circ. Min. II.TT. 05/08/2009, “Nuove norme tecniche per le costruzioni approvate con decreto del Ministro delle infrastrutture 14 gennaio 2008 - Cessazione del regime transitorio di cui all'articolo 20, comma 1, del decreto-legge 31 dicembre 2007, n.248”.
- D.G.R. 26/05/2014, n.421 - Aggiornamento dell'allegato 1 (elenco dei comuni) e dell'allegato 2 (mappa) della deliberazione GRT n.878 dell'8 ottobre 2012, recante "Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14.01.2008 - Revoca della DGRT 431/2006" e cessazione di efficacia dell'elenco dei Comuni a Maggior Rischio Sismico della Toscana (DGRT 841/2007).
- D.M. 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.
- Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Sez. 3 – Rilievi geologici e indagini geognostiche;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili – Parte II – Sezione 7 – Geologia;

2.1 Documenti Referenziati

Nella presente relazione si è fatto riferimento ai seguenti studi e documenti:

ELABORATI DI RIFERIMENTO

Id	Scala	Codifiche
Indagini geognostiche	-	IZ1900D69SGGE0000501A
Indagini geofisiche	-	IZ1900D69IGGE0000501A
Prove geotecniche di laboratorio	-	IZ1900D69PRGE0000501A
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	-	IZ1900D69RGGE0000101A

TAVOLE DI RIFERIMENTO

ID	Scala	Codifiche
Planimetria con ubicazione delle indagini	1:2.000	IZ1900D69P6GE0000501A
Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico	1:2.000/200	IZ1900D69L6GE0000101A
Carta idrogeologica e profilo idrogeologico	1:2.000/200	IZ1900D69L6GE0000201A

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

3.1 Inquadramento tettonico-strutturale

Dal punto di vista tettonico e strutturale, la pianura veneto-friulana (alta e bassa pianura) è parte del più ampio avampaese compreso tra il settore orientale delle Alpi meridionali e la porzione orientale dell'Appennino settentrionale, entrambe catene a pieghe e falde di ricoprimento.

Esso è ricoperto 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 trastensionale 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 pedalpina, mentre ad est alcuni dei sovrascorrimenti più esterni, affioranti parzialmente nel mezzo della pianura friulana, danno luogo a terrazzi tettonici sollevati di pochi metri rispetto alle aree limitrofe (Fontana, 2006). Dal Serravalliano 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 "bulge" periferico che investe l'attuale area lagunare, in seguito sommersa. È molto probabile, inoltre, che oltre la metà del dislivello prodotto a causa dell'abbassamento relativo registratosi nell'area lagunare durante il Pleistocene, sia stato indotto dal carico tettonico dell'Appennino settentrionale (Barbieri et al., 2004). I tassi di subsidenza media annua, calcolati sugli ultimi 125.000 anni, infatti, indicano che l'intera pianura costiera veneta sta attualmente subducendo. In particolare, il tasso di subsidenza della porzione della bassa pianura compresa tra il Fiume Tagliamento ed il Fiume Livenza è stato stimato di circa 0,45 mm/a (Ferranti et al., 2006; Cuffaro et al., 2009).

In particolare l'area è interessata da un generale abbassamento, che si manifesta in modo più accentuato lungo la linea di Caorle, determinando un basculamento in direzione SW.

Riscontri dell'evoluzione recente e attuale delle Alpi Meridionali, che durante il Quaternario si è spostata dai rilievi delle Prealpi verso la pianura veneto-friulana, sono testimoniati dalla serie di piccole colline e ondulazioni della superficie tardo-pleistocenica della pianura che sorgono isolate al margine o nel mezzo della pianura stessa. Tali piccoli rilievi rappresentano la parte sommitale di scaglie di rocce pre-quaternarie che stanno emergendo dalla pianura.

I rilievi ancora più modesti nei pressi di Udine, Orgnano, Variano, Carpeneto e Pozzuolo documentano l'effetto superficiale del sollevamento e del piegamento dell'unità tettonica più esterna, trasportata verso sud dal sistema arcuato di accavallamenti di Udine ancora sepolti nella pianura.

L'età quaternaria delle deformazioni del fronte delle Alpi Meridionali orientali è attestata dall'esistenza di lembi di terreni pleistocenici, che ricoprono in discordanza scaglie di rocce mioceniche, dislocati e fagliati.

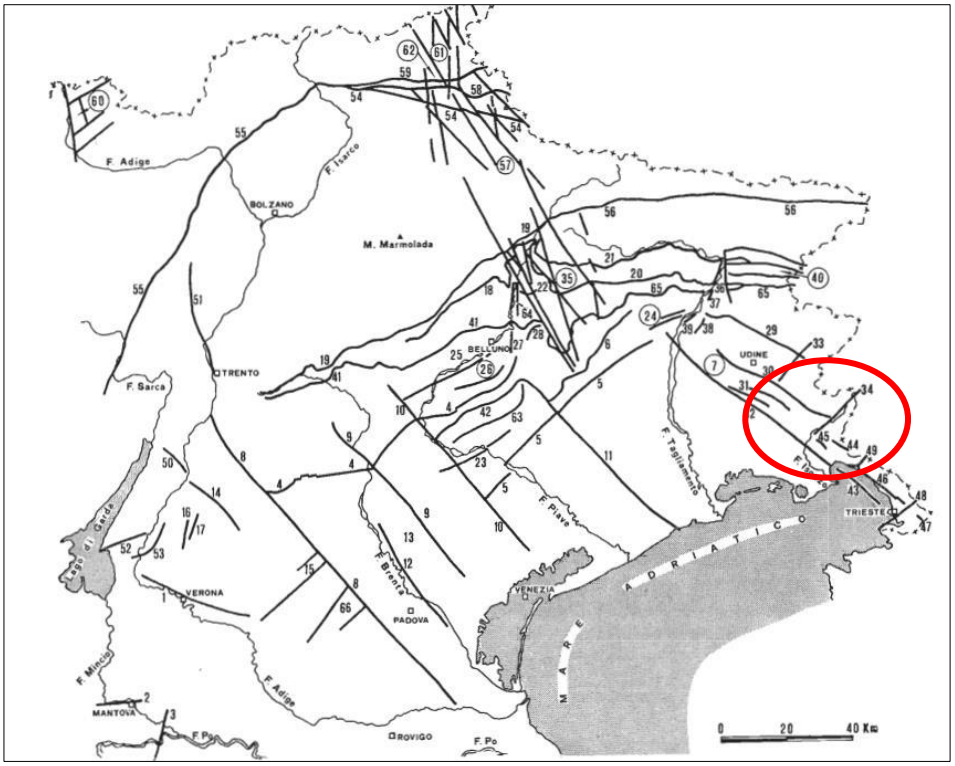


Figura 3-1 Strutture tettoniche della pianura veneto-friulana: 7) fascio di faglie dinariche a sud di Udine; 29) faglia Buja-Tricesimo; 30) faglia Udine-Buttrio; 31) faglia di Terenzano; 32) faglia di Palmanova; 33 e 34) faglie NE-SW fra Cividale e Gorizia; 37) faglia di Osoppo; 38) faglia di Majano; 39) faglia di Ragogna; 40) sistemi di sovrascorrimenti delle Prealpi friulane centro-orientali; 41) linea di Belluno; 42) faglia di Longhere; 43) faglia Trieste-Golfo di Panzano; 44) linea del Colle Nero; 45) linea di Monfalcone; 46) linea di Contovello; 49) faglia del Golfo di Sistiana; 65) sovrascorrimento periadriatico. In rosso l'area di interesse.

Per quanto riguarda il Carso, dal punto di vista strutturale appartiene alla cosiddetta "Komen Plate" o "Piattaforma di Comeno" (Placer, 1981), tale unità si estende dalla sinistra orografica della valle del fiume Vipacco al Golfo di Trieste e dalla pianura isontina alla zona di Ilirska Bistrica (Villa del Nevoso) in territorio sloveno.

Le principali strutture tettoniche appartenenti alla “Komen Plate” hanno orientamento dinarico. L’area in esame infatti fa parte della Catena delle Dinaridi Esterne, in particolare del settore di catena ad W della Faglia di Idrija, imponente lineamento a cinematica trascorrente che rappresenta l’attuale “binario” orientale di scorrimento della Placca Adria nel suo moto traslatorio verso Nord e N-W. Il Carso si situa ad Ovest dei fronti delle principali falde di ricoprimento ed è caratterizzato prevalentemente da strutture a thrust tipiche dei settori più esterni delle catene di collisione. La tettonica a thrust si presenta evoluta e complicata, soprattutto nella zona del Carso Triestino.

L’area è caratterizzata da due motivi strutturali principali e da altri non meno importanti dal punto di vista dell’evoluzione tettonica, ma riconoscibili solo in aree specifiche, ed essi sono: il thrust del Carso, che porta l’intera successione cretaceo-eocenica a sovrascorrere sul Flysch e i thrust minori che interessano la zona di flysch su cui sorge Trieste per poi prolungarsi sul versante costiero.

L’assetto tettonico dell’altopiano carsico è complicato da una serie di faglie, le maggiori orientate NW-SE a carattere misto (inverso e debolmente trascorrente) e la Faglia di Divaca (struttura che attraversa l’area centrale del carso). Strutture minori sono presenti sul carso isontino e sul carso triestino.

3.2 Lineamenti geologici generali

L’evoluzione geologica, subita dall’area di interesse, ben si inquadra nel contesto evolutivo geologico e geomorfologico vissuto nel complesso dell’intera area pianeggiante dell’Italia nord-orientale durante il Pleistocene superiore-Olocene.

Nella letteratura scientifica ufficiale i modelli geologici schematici proposti ben evidenziano gli elementi geologici e geomorfologici presenti sul terreno a testimonianza del succedersi degli eventi deposizionali ed erosivi che hanno interessato l’area a partire dal Pleistocene superiore fino all’Attuale.

Dal punto di vista geologico è possibile individuare diverse zone o unità orografiche:

La zona del Carso goriziano e triestino;

La zona dell’alta pianura;

La zona della bassa pianura.

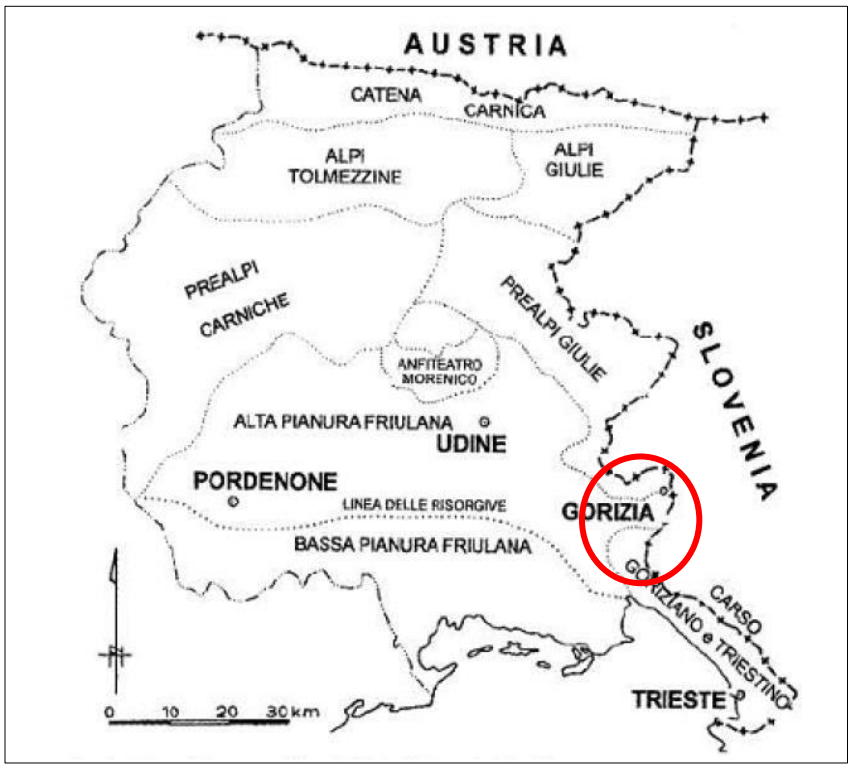


Figura 3-2 Unità orografiche del Friuli Venezia Giulia – (da G.B. Carulli, 2007). In rosso l'area di intervento.

La "**zona dell'alta pianura**" comprende la porzione centrale dell'Alta Pianura Friulana che occupa il settore meridionale del territorio della Regione Friuli Venezia Giulia.

L'Alta pianura, delimitata verso Sud dalla fascia delle Risorgive e verso Nord dai rilievi dell'Anfiteatro morenico e dai rilievi pedemontani delle Prealpi Carniche, è costituita dagli apporti fluvioglaciali e alluvionali dei principali corsi d'acqua della regione. Prevalgono depositi eminentemente grossolani, corrispondenti alle parti apicali e mediane dei conoidi di deiezione dei diversi corsi d'acqua, che dai rilievi sboccavano in pianura. In essi si incuneano sedimenti fluvioglaciali meno grossolani legati agli scaricatori degli apparati morenici terminali. Si tratta di sedimenti prevalentemente ghiaiosi, talvolta ghiaiosi-sabbiosi, più o meno cementati.

In sinistra Tagliamento, nella provincia di Udine, essi formano un potente materasso frutto di successive azioni di deposito dei fiumi Tagliamento, Torre, Natisone e dei corsi minori.

Talora, si rinvengono a breve profondità, conglomerati attribuibili al fluvio-glaciale wurmiano che costituiscono un orizzonte abbastanza continuo, potente anche un centinaio di metri, su cui giacciono depositi sciolti (ghiaie e sabbie).

Tutti questi depositi sono sede di una falda freatica superficiale continua e di alcune altre falde profonde a debole artesianità.

La "**zona della bassa pianura**" si considera tutta la vasta area planiziale posta a valle della fascia della Risorgive. Qui si sviluppano sia arealmente che in senso verticale, depositi prevalentemente fini (argillo-limosi), con intercalazioni di lenti e orizzonti ghiaiosi e sabbioso-ghiaiosi, sede di acquiferi artesiani.

In questa area, come sopra detto, si sviluppano i potenti depositi della "bassa friulana" che, procedendo da nord verso sud, in sinistra Tagliamento presentano, tanto orizzontalmente quanto verticalmente, una diminuzione della frazione grossolana. Diminuiscono gli orizzonti ghiaioso-sabbiosi a favore dei depositi a granulometria decisamente fine (sabbie, lime e argille).

Orizzonti ghiaiosi, relativamente grossolani e permeabili, presenti nel sottosuolo nella zona a oriente di Cervignano del Friuli, sono dovuti alla dispersione delle antiche alluvioni dell'Isonzo e del Natisone. Il paleoalveo dell'Isonzo risulta essersi, nel suo tratto in pianura, inizialmente impostato più a ovest del tratto attuale, tanto da sfociare in prossimità di Belvedere e di Grado.

La "**zona del carso goriziano e triestino**" appartiene alla piattaforma carbonatica carsico-friulana, propaggine settentrionale della "Placca Adria". La piattaforma consiste in una potente successione di rocce carbonatiche, di età da triassica nella zona di radice, a eocenica al tetto della serie, sovrastata dal Flysch, una successione marnoso arenacea torbiditica. Nel Carso affiorano litotipi carbonatici (calcari e, subordinatamente, dolomie) di età compresa tra il Cretacico superiore e l'Eocene inferiore (Cucchi et al., 2000).

L'area del Carso è l'area per eccellenza ove affiorano calcari molto carsificabili e carsificati che danno luogo a tutte le forme carsiche epigee ed ipogee possibili, sempre con densità, ampiezza e tipologia tali da aver fatto dell'area il simbolo universale delle fenomenologie carsiche (Cucchi et al., 2009).

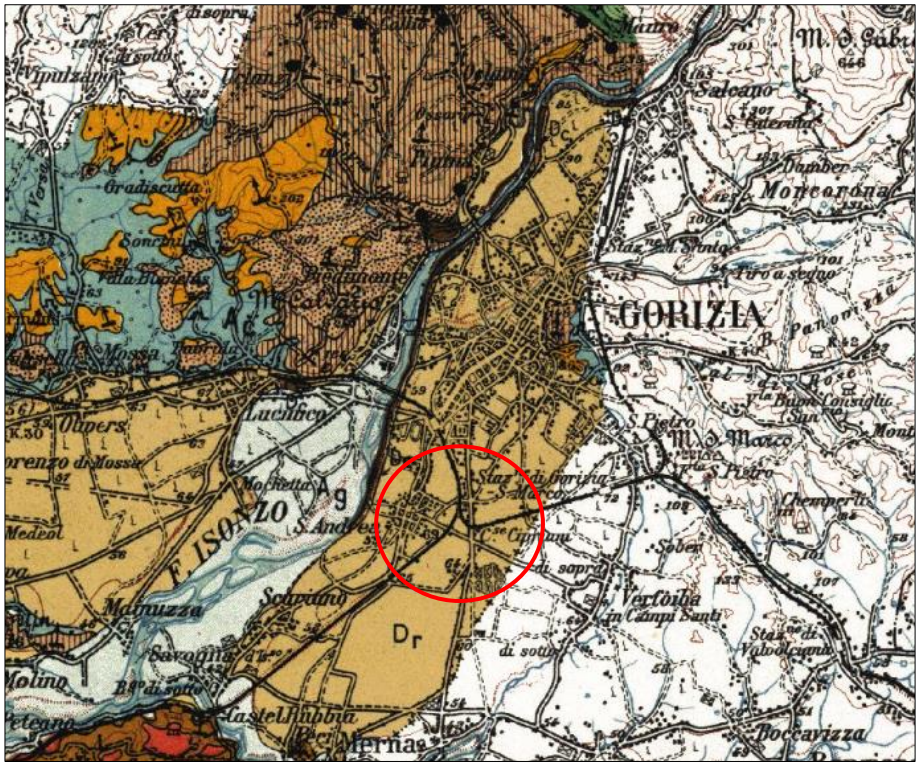
Le morfologie carsiche superficiali, così come oggi si possono osservare, sono il risultato predominante dei condizionamenti litologici ed in parte minore di quelli tettonico-strutturali, infatti la massima pendenza della stratificazione e le intersezioni dei "piani aperti" per cause tettoniche, non sembrano avere risultanze morfologiche superficiali, mentre ne hanno su quelle ipogee.

L 'area oggetto del presente intervento si sviluppa nella propaggine più meridionale della zona orografica dell'alta pianura friulana, al confine con le propaggini più settentrionali della zona del carso goriziano e triestino.

3.2.1 Inquadramento geologico di dettaglio

L'area oggetto del presente progetto è caratterizzata da depositi di natura alluvionale a granulometria grossolana.

In particolare, i depositi alluvionali a granulometria grossolana, attuali, sono costituiti da ghiaie grossolane subarrotondate-arrotondate, a stratificazione orizzontale e incrociata con matrice sabbiosa debolmente limosa e con tessitura da clasto-sostenuta a matrice sostenuta e con livelli, lenti e lingue di sabbia passanti, nella parte distale dei corpi alluvionali, a sabbie e ghiaie con limi sabbiosi e limi (Figura 3-3).



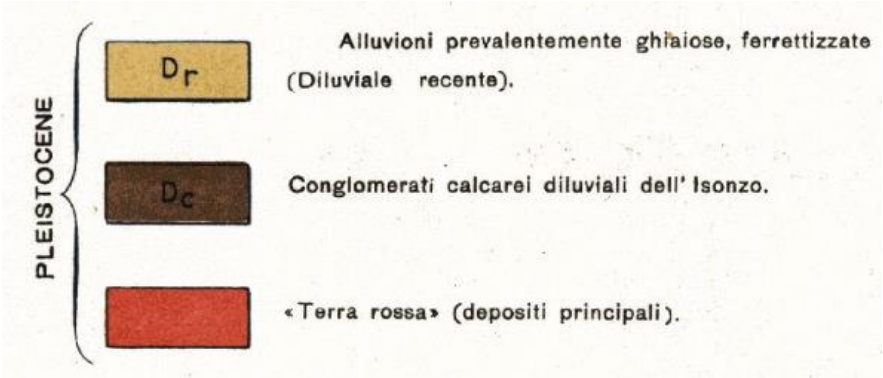


Figura 3-3 Stralcio della Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000 – Foglio 40 "Gorizia". In rosso l'area di progetto.

3.3 Inquadramento geomorfologico di dettaglio

Dal punto di vista geomorfologico la pianura goriziana fa parte dell'altra Pianura Friulana, modellata da una coltre di depositi terziari e quaternari di natura prevalentemente clastica. Questi depositi presentano in alcuni punti della pianura, potenze di oltre 700 m e contengono dei serbatoi idrici.
La pianura friulana si raccorda con le Prealpi Carniche e le prealpi Giulie che la limitano rispettivamente a nord-ovest e nord-est.
Durante il quaternario, la zona fu interessata da numerose fasi glaciali fra le quali la più riconoscibile è quella wurmiana. In questa fase, imponenti masse di ghiaccio hanno occupato le vallate alpine spingendosi a volte anche in pianura.
Dai ghiacciai wurmiani si originarono corsi d'acqua che, divagando sulla pianura antistante depositarono materiali grossolani verso monte ed i più fini verso valle. Questa situazione determinò la principale differenziazione della pianura in una parte pedemontana, costituita da depositi grossolani ghiaiosi e in una parte più a valle costituita prevalentemente da sabbie e argille.
Perciò l'attuale pianura veneto-friulana è costituita da una potente coltre di sedimenti clastici depostati da numerosi corsi d'acqua in forma di bassi ed ampi conoidi di deiezione.
La pianura è distinguibile in due zone, l'lata e la bassa pianura, separate dalla linea delle risorgive.
L'alta pianura è formata essenzialmente da sedimenti ghiaiosi, grossolani, molto permeabili che costituiscono la parte dei conoidi di deiezione; la bassa pianura presenta invece sedimenti più fini, sabbiosi ed argillosi, risultato della deposizione da monte a valle da parte dei corsi d'acqua di sedimenti via via più minuti del naturale processo di gradazione longitudinale.
Ove i materiali prevalentemente ghiaiosi s'innestano verso valle in quelli più fini è ubicata la linea delle risorgive, lungo la quale fuoriesce una quantità notevole d'acqua che proviene dall'alta pianura.
Tali acque incontrano la resistenza alla percolazione da monte verso valle da parte dei materiali sempre più minuti, innalzando il loro livello freatico fino al raggiungimento della superficie topografica.
A valle della line delle risorgive i sedimenti diventano via via più fini, procedendo sia verso sud sia verso ovest.

4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Sulla base dei dati bibliografici sono state individuate le principali direzioni di flusso della falda, la soggiacenza della falda freatica, l'individuazione di falde confinate, i principali assi di drenaggio corrispondenti alle zone di maggiore permeabilità, le zone di alimentazione coincidenti con gli spartiacque sotterranei, i rapporti esistenti tra falda e corsi d'acqua, i travasi sotterranei che avvengono tra acquiferi diversi, i fattori che regolano la fuoriuscita di acqua sotterranea per intercettazione della piezometrica da parte della superficie topografica (risorgive e polle).

In generale, il territorio del Friuli Venezia Giulia presenta, dal punto di vista morfologico ed idrogeologico, forme e comportamenti molto diversi che influenzano sensibilmente la circolazione sia delle acque superficiali e sia di quelle sotterranee. Pertanto, la regione può essere divisa in tre fasce principali:

La zona del Carso goriziano e triestino ("Carso classico");

La zona dell'alta pianura, determinata per lo più da ampi conoidi fluviali;

La zona della bassa pianura, caratterizzata dall'alternanza di sedimenti fluviali, lagunari e marittimi.

Il Carso classico è una vasta unità morfocarsica che presenta confini determinati da situazioni geologiche che permettono di identificarlo come l'area delimitata a nord e nord-est dalla sinclinale di Vipava/Vipacco, a sud e sud-est dalla sinclinale della Val Rosandra e del Reka (Timavo superiore), a sud-ovest dal Golfo di Trieste e dalla Formazione del Flysch ed a nord-ovest dalla pianura alluvionale del Fiume Isonzo.

Il Carso appartiene, per quanto attiene l'evoluzione geologica in senso lato, alla "piattaforma carbonatica carsico-friulana", propaggine settentrionale della "placca Adria".

L'aspetto di questa regione è il risultato di una lenta ma continua evoluzione morfologica che ha interessato le rocce carbonatiche che la costituiscono e che a sua volta è conseguente all'origine ed alla composizione delle rocce stesse, ed alle vicissitudini geologiche che queste hanno subito nel corso del tempo. Il Carso triestino è costituito da rocce sedimentarie carbonatiche (prevalentemente calcari, calcari dolomitici e dolomie) di origine marina, derivate in massima parte dall'accumulo di resti scheletrici di organismi marini o da prodotti della loro attività biologica, depositatisi in un mare poco profondo nel tra il Cretaceo inferiore e l'Eocene medio.

La superficie piezometrica in ambito carsico non è riconducibile ad un'uniforme superficie di equilibrio, limite di separazione tra un livello litoide saturo d'acqua, a permeare tutti i canali e le fratture beanti presenti nel massiccio, ed il sovrastante complesso insaturo, costituito dalla fascia areata priva di interferenze idriche. Ciò avviene solo in alcune parti del massiccio calcareo in occasione delle fasi di magra della circolazione idrica sotterranea, diversamente, durante gli episodi di piena, si instaurano fenomeni di turbolenza connessi alle differenti sezioni degli emissari sotterranei, più o meno capaci di assorbire e quindi smaltire gli apporti idrici di piena, determinando locali innalzamenti nei reticoli ipogei, differenziati per intensità e persistenza. Secondo Galli (2000):

- l'infiltrazione primaria che alimenta l'acquifero carsico e quindi il reticolo sotterraneo è determinata dalle acque di precipitazione meteorica, sotto forma di veloce percolazione in occasione delle maggiori precipitazioni e di lento stillicidio quando le stesse si manifestano in forma più modesta e persistente;
- l'infiltrazione secondaria viene determinata dagli apporti fluviali esterni, sia diretti (Reka) sia indiretti (la Ressa, il sistema idrografico della conca di Pastumia e soprattutto l'Isonzo per le perdite di sub-alveo in direzione del Carso isontino, più modestamente i contributi di acque del Vipacco); tutte le acque di alimentazione primaria e secondaria drenante dal Carso isontino, dal Carso sloveno e dal

Carso triestino, dirigono verso il complesso sorgentifero del Timavo, secondo percorsi più o meno interdipendenti, di diversa ampiezza e a diversa profondità

Quindi, il modello idrogeologico corrispondente riconosce in linea di massima tre settori idrogeologicamente significativi: uno in cui le acque passano da epigee (in quanto defluenti in valli non carsiche) a ipogee (in quanto inghiottite in profondità) e vanno ad alimentare le acque di fondo carsiche; uno (in pratica l'altopiano carsico) in cui queste acque scorrono in profondità con articolati percorsi lungo le vie di drenaggio e sono ulteriormente incrementate dal percolìo legato all'alimentazione superficiale dipendente dalle precipitazioni; uno più prettamente sorgentifero in cui le acque vengono alla luce e/o defluiscono in mare.

Il Carso classico sul suo bordo settentrionale ed orientale viene alimentato da sistemi di inghiottitoi che si possono suddividere dal punto di vista idrodinamico in due sottosettori, quello sud-orientale ad inghiottitoio "puntuale" di San Canziano (un areale di pochi km^2 in Slovenia) e quello nord-occidentale ad assorbimento "lineare" lungo il bordo settentrionale del Carso isontino, al contatto con i fiumi Isonzo e Vipacco.

Il primo sottosettore è alimentato dalle acque competenti al bacino idrografico del Fiume Reka (Timavo superiore) che ha un'estensione di circa 440 km^2. Il valore medio di portata del Fiume Timavo, 8 km a monte dell'inghiottitoio è pari a circa 8,30 m^3s^{-1}. Il secondo sottosettore è alimentato dalle acque raccolte nei bacini montani dei fiumi Isonzo e Vipacco entrambi in territorio sloveno. Il bacino del Fiume Isonzo è molto esteso (circa 1800 km^2 in Slovenia) ed articolato (asta principale ha un'estensione di circa 100 km) con acque molto abbondanti in considerazione dell'alta piovosità (valori che hanno raggiunto anche i 2500 m^3s^{-1}). Quello del Fiume Vipacco è meno esteso (circa 500 km^2) ha un apporto idrico minore ed è in gran parte alimentato a sua volta da sorgenti carsiche.

Tra la zona dell'alta pianura e quella della bassa pianura si interpone la fascia delle risorgive.

Le falde del Friuli Venezia Giulia sono contenute nei depositi quaternari e pleistocenici della pianura, divisibile in due zone: l'alta pianura, che ospita alcuni grandi conoidi di materiale grossolano estremamente permeabile, dove l'acqua va a costituire un'ampia e potente falda freatica e la bassa pianura, che dalla linea delle risorgive si estende sino al mare. A causa della ridotta permeabilità del mezzo filtrante e per la presenza in profondità di orizzonti sabbioso-argillosi, nell'area a sud di tale linea le acque della falda freatica dell'Alta pianura alimentano numerosi fiumi di risorgiva ed una decina di falde artesiane più o meno profonde.

L'apporto idrico della falda freatica nell'alta pianura è dato, oltre che dalle precipitazioni, dalle perdite sub-alveo dei corsi d'acqua principali nonché di alcuni corsi minori, pedemontani ed a carattere torrentizio.

L'alta pianura è caratterizzata dalla presenza di una falda freatica praticamente continua che si trova mediamente fra i 60 ed i 150 metri dal piano campagna in prossimità delle colline ed a profondità via via minori sino all'emersione, in corrispondenza della fascia delle risorgive. Questa si sviluppa lungo tutta la pianura con andamento ovest-est, a quote che vanno dai 50 m.s.l.m. di Pordenone, ai 20 m.s.l.m. di Palmanova ed ai pochi metri di Monfalcone.

La bassa pianura, invece, vede la presenza di limitate zone con una falda freatica poco potente e contenuta in sedimenti superficiali da grossolani a fini, ma soprattutto lo sviluppo di più acquiferi artesiani articolati, riconoscibili a seconda dell'intervallo di profondità e degli orizzonti interessati.

Sulla base delle caratteristiche idrogeologiche e chimico-fisiche si possono distinguere diverse "province idrogeologiche" ossia:

- Alta pianura centro-orientale, compresa tra il Torrente Corno ed il Fiume Torre. Qui il maggiore apporto per la falda freatica è dato dalla percolazione meteorica e dalle perdite sub-alveo in destra del Fiume Torre;
- Alta e Bassa pianura in destra e sinistra idrografica del Fiume Tagliamento, una zona in cui è prevalente l'influenza delle acque disperse dal Fiume Tagliamento che rimpinguano direttamente sia la falda freatica sia le falde in pressione. La dispersione si verifica in maniera più accentuata in sinistra idrografica del Fiume Tagliamento (fino alla zona ad ovest di Gonars) che in destra (fino ad est di Fiume Veneto), essenzialmente perché le acque sotterranee del Fiume Tagliamento sono bloccate ad ovest dalle acque disperse nel conoide Cellina-Meduna;
- Bassa pianura centro-orientale, dai dintorni di Talmassons verso Ruda, espandendosi verso sud fino ad Aquileia, si definisce un areale che risente dell'alimentazione proveniente dall'Alta pianura centro-orientale e dalla diminuzione del deflusso sotterraneo del Fiume Tagliamento;
- Fascia dei conoidi dei fiumi Torre, Natisone, Isonzo, area caratterizzata dal deflusso sotterraneo delle acque freatiche ed artesiane provenienti dal sistema Torre-Natisone-Isonzo.

Il comune di Gorizia, e quindi anche l'area di progetto, si trova a nord della linea delle risorgive (Alta Pianura Friulana). In base ai dati idrogeologici reperiti è stato possibile ricostruire seppur con dei limiti, l'andamento dello specchio freatico.

L'andamento dello specchio freatico fornisce i criteri generali per la determinazione della circolazione delle acque, in quanto è stato possibile riconoscere che i deflussi idrici principali avvengono in direzione SW con alcune eccezioni.

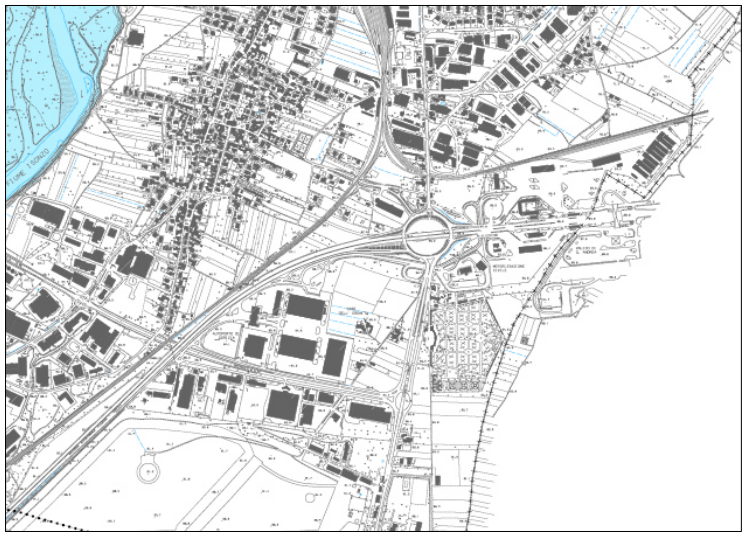
A sud di Gorizia, i deflussi sono condizionati dalla presenza di una soglia rocciosa con direzione SW-NE che unisce il Colle di Medea con le propaggini delle Prealpi Giulie.

Il Comune di Gorizia si trova a ridosso dei rilievi delle Prealpi Giulie; nel sottosuolo delle aree pianeggianti è presente una falda di tipo freatico. Il serbatoio naturale in cui è contenuta la risorsa idrica è formato da sedimenti ghiaiosi in matrice sabbiosa ed in conglomerati fratturati. Al di sotto di tali sedimenti, a profondità massime di 60-80 m si ha la formazione dei Flysch che praticamente costituisce un basamento impermeabile e limita inferiormente la falda freatica.

5 CARTOGRAFIA DEL RISCHIO E VINCOLI TERRITORIALI

5.1 Rischio idrogeologico ed idraulico

Come mostrato nello stralcio del PRG del Comune di Gorizia – Tavola A13 "Carta della pericolosità geologica Piano per l'assetto Idrogeologico del bacino idrografico del Fiume Isonzo" (



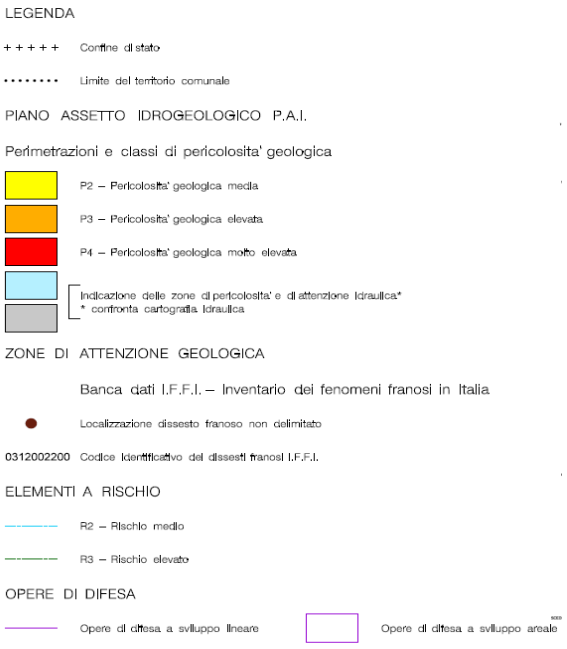


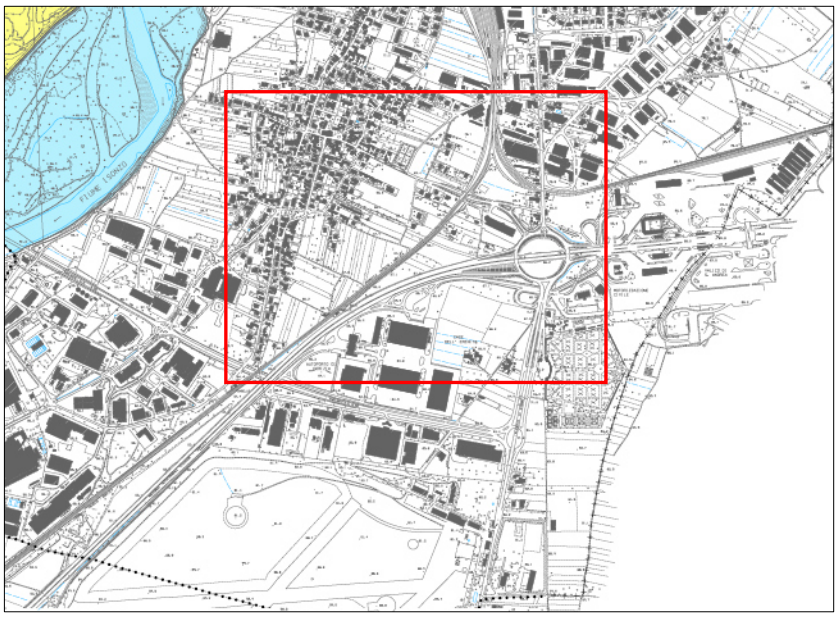


Figura 5-1), la totalità del tracciato non è soggetta a pericolosità geologica.

Figura 5-1 Stralcio della tavola A13"Carta della pericolosità geologica" (scala 1:10.000). In rosso è indicato il tratto di studio.

Come mostrato nello stralcio del PRG del Comune di Gorizia – Tavola A14 "Carta della pericolosità idraulica – Piano per l'assetto Idrogeologico del bacino idrografico del Fiume Isonzo" (

Figura 5-1), la totalità del tracciato non è soggetta a pericolosità idraulica.



LEGENDA

+ + + + + Confine di stato

• • • • • • • • Limite del territorio comunale

PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO P.A.I.

Perimetrazioni e classi di pericolosita' idraulica

F – Area Fluviale

P1 – Pericolosita' Idraulica moderata

P2 – Pericolosita' idraulica media

P3 – Pericolosita' Idraulica elevata

Indicazione delle zone di pericolosita' e di attenzione geologica*
* confronta cartografia geologica

ZONE DI ATTENZIONE IDRAULICA

– Studi ed elaborazioni recenti dell'Autorita' di Bacino

Figura 5-2 Stralcio della tavola A14"Carta della pericolosità idraulica" (scala 1:10.000). In rosso è indicato il tratto di studio.

6 INDAGINI GEOGNOSTICHE

6.1 Premessa

I dati geognostici a supporto del presente studio derivano dalle risultanze della campagna di indagini in sito realizzata nel 2021 e costituita da sondaggi con esecuzione di prove tipo SPT, prelievo di campioni da analizzare in laboratorio, prove di permeabilità tipo Lefranc; indagini sismiche tramite MASW, DownHole e HVSR per l'identificazione della categoria di sottosuolo.

Per l'ubicazione di tutte le indagini si rimanda al documento "Planimetria con ubicazione delle indagini" allegato al presente studio.

6.2 Campagna indagini Italferr

6.2.1 Indagini in sito

Durante la campagna di indagine in sito sono stati realizzati:

- n.5 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo (BH1, BH2, BH3, BH4 e BH5) spinti fino ad ina profondità massima di 50 metri dal piano di campagna. Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state inoltre effettuate le seguenti attività:
  - installazione di n.4 piezometri tipo Norton a tubo aperto nei fori BH1, BH2, BH4 e BH5;
  - installazione di n.1 tubazione in PVC per prova sismica tipo Down Hole nel foro BH3;
  - rilievo della stratigrafia con esecuzione di fotografie a colori del materiale depositato in cassetta;
  - esecuzione di prove di consistenza speditive (pocket penetrometer e vane test) nei livelli coesivi;
  - esecuzione di n.55 prove geotecniche in foro di tipo SPT;
  - prelievo di n.3 campioni indisturbati;
  - prelievo di n.46 campioni rimaneggiati;
  - prelievo di n.2 campioni litoidi;
  - esecuzione di n.10 prove di permeabilità Lefranc, due per ogni foro di sondaggio;
  - esecuzione di n.2 permeabilità in pozzetto nei pressi dei BH1 e BH3.
- n. 3 rilievi sismici per onde superficiali di tipo attivo MASW;
- n. 4 registrazioni di prove sismiche passive di tipo HVSR;
- n. 1 rilievo sismico di tipo Down Hole fino alla profondità di 50 m dal piano campagna nel foro di sondaggio BH3.

Nella Tabella 6-1 si riporta la descrizione delle indagini eseguite, con l'indicazione della tipologia di indagine, dell'ubicazione nel sistema di coordinate UTM WGS 84, della quota e della profondità raggiunta, nonché dell'eventuale strumentazione di monitoraggio installata.

Sigla	Tipologia prova	Coord. Gauss-Boaga		Quota [m slm]	Prof. [metri]	Prova in foto	Strumentazione di monitoraggio
		Nord	Est				
BH1	Sond. a carotaggio continuo	5085891.55	391921.38	69	30	n. 2 prove Lefranc	Piez. Norton da 3'' a 30 m
BH2	Sond. a carotaggio continuo	5086145.14	392218.04	69	42	n. 2 prove Lefranc	Piez. Norton da 3'' a 42 m
BH3	Sond. a carotaggio continuo	5086173.65	392242.98	69	50	n. 2 prove Lefranc	Tubazione PVC da 3'' per Down Hole
BH4	Sond. a carotaggio continuo	5086201.36	392474.28	72	50	n. 2 prove Lefranc	Piez. Norton da 3'' a 50 m
BH5	Sond. a carotaggio continuo	5086194.84	392798.67	69	30	n. 2 prove Lefranc	Piez. Norton da 3'' a 30 m

Tabella 6-1 Riepilogo delle indagini geognostiche eseguite nella campagna del 2021.

Per la relazione sulle indagini in sito si rimanda al documento IZ1900D69SGGE0005001A.

Nella Tabella 6-2 si riporta la descrizione delle indagini geofisiche eseguite, con l'indicazione della tipologia di indagine, dell'ubicazione nel sistema di coordinate UTM WGS 84 e informazioni varie.

Sigla	Tipologia prova	Coord. Gauss-Boaga		Lunghezza [m]
		Nord	Est	
MASW1	MASW	5085903.61	391959.23	60
MASW2	MASW	5086195.00	392546.00	60
MASW3	MASW	5086174.00	392819.00	60
Sigla	**Tipologia prova**	**Coord. Gauss-Boaga**		**Profondità indagine [m]**
		Nord	**Est**	
DOWNHOLE BH3	DOWNHOLE	5086174.00	392237.00	50
Sigla	**Tipologia prova**	**Coord. Gauss-Boaga**		
		Nord	**Est**	
HVSR 1	HVSR	5085889.00	391942.00	
HVSR 2	HVSR	5086146.00	392208.00	

HVSR 3	HVSR	5086198.00	392521.00
HVSR 4	HVSR	5086181.00	392811.00

Tabella 6-2 Riepilogo delle indagini geofisiche eseguite nella campagna del 2021.

Per la relazione sulle indagini geofisiche si rimanda al documento IZ1900D69IGGE0005001A.

6.2.2 Prove di laboratorio

Sui campioni rimaneggiati (CR) prelevati nei sondaggi stratigrafici descritti al paragrafo precedente, sono state eseguite le prove di laboratorio geotecnico. In particolare, oltre all'apertura ed alla descrizione dei campioni, sono state effettuate le seguenti prove:

- descrizione del campione;
- proprietà fisiche (γ, w_n);
- analisi granulometrica;
- prova di taglio diretto CD;
- point load test (PLT);

Nella Tabella 6-3 si riporta un riepilogo dei campioni prelevati, per il dettaglio delle prove effettuate si rimanda al documento IZ1900D69PRGE0005001A.

Sond	Camp	Prof. [da m ÷ a m]	Descriz. camp	Propr. fisiche	Analisi granul.	Taglio CD	PLT
BH4	CR1	1.70÷2.00	X	X	X	X	
BH4	CR2	4.70÷5.00	X	X	X		
BH4	CR5	14.70÷15.00	X	X	X		
BH4	CR8	28.00÷28.30	X	X	X		
BH4	CR9	32.50÷32.80	X	X	X		
BH4	CR10	39.00÷39.30	X	X			X
BH4	CR11	43.00÷43.30	X	X	X		

Tabella 6-3 Riepilogo delle prove di laboratorio geotecnico eseguite nella campagna 2021.

7 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

7.1 Unità stratigrafiche, assetto geologico ed idrogeologico

In riferimento alle condizioni geologiche dell'area, alle indagini geognostiche in sito ed alle prove di laboratorio geotecnico descritte in precedenza, è stato ricostruito il modello stratigrafico di riferimento, riportato nella tavola allegata "Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico"; esso prevede le seguenti unità stratigrafiche:

Depositi antropici

- **Unità R**: materiale rimaneggiato e/o di riporto antropico.

Depositi alluvionali

- **Unità LAG**: Limo argilloso ghiaioso di colore da marrone a grigio, con ciottoli centimetrici. Poco consistenti, plastico.
- **Unità SLG**: Sabbia limosa ghiaiosa di colore marrone-avana, con ciottoli subarrotondati poligenici, eterometrici. Mediamente addensata.
- **Unità GP**: Ghiaia poligenica, eterometrica e sabbia medio-grossa carbonatica debolmente limosa. Di colore da grigio chiaro a bianco sporco. I ciottoli sub arrotondati di dimensione da pochi centimetri a 10 - 15 cm sono immersi in una matrice sabbiosa. Da mediamente addensata ad addensata.
- **Unità CP**: Conglomerato poligenico eterometrico a cemento carbonatico. Fratturato.

In linea generale, a partire dal piano di campagna, è presente uno spessore di terreni di riporto eterogenei variabile tra 1-2 metri circa che ricoprono i depositi prevalentemente ghiaiosi di origine alluvionale (Unità GP). Questi depositi sono sviluppati sino a ad oltre 50 m da p.c. e spesso sono intercalati a strati plurimetrici di conglomerati cementati (CP), ed a meno frequenti limi argilloso-ghiaiosi (Unità LAG) e sabbie limoso ghiaiose (Unità SLG).

Dal punto di vista idrogeologico, nel corso della campagna di indagine sono state eseguite n. 2 prove di permeabilità in foro tipo Lefranc per ogni sondaggio e n.2 permeabilità in pozzetto nei pressi dei BH1 e BH3. Le profondità di esecuzione delle prove da p.c. sono indicate in Tabella 7-1. Le prove eseguite consentono di caratterizzare le unità R, GP ed LSG:

Sondaggio	Sigla prova	Profondità da m a m	Unità investigata	K (m/sec)
BH1	LE 1	1.5 – 2.0	GP	1.64 E-06
BH1	LE 2	7.0 – 8.0	GP	3.5 E-05
BH2	LE 1	3.0 – 3.3	GP	2.5 E-04
BH2	LE 2	9.7 – 10.0	GP	8.1 E-05
BH3	LE 1	1.5 – 1.8	GP	3.0 E-04
BH3	LE 2	7.0 – 7.2	GP	9.0 E-05

Sondaggio	Sigla prova	Profondità da m a m	Unità investigata	K (m/sec)
BH4	LE 1	1.5 – 2.0	LSG	6.3 E-08
BH4	LE 2	8.0 – 8.4	GP	6.4 E-05
BH5	LE 1	1.5 – 1.8	GP	2.1 E-05
BH1	P1-BH1	0.0 – 0.30	Terreno vegetale	6.14 E-05
BH3	P1-BH3	0.0 – 0.30	Terreno vegetale	3.88 E-05

Tabella 7-1 Risultati delle prove di permeabilità.

Il terreno vegetale presenta una permeabilità dell'ordine di 10^{-5} m/s, classificata come media dalla Figura 7-1 (Classificazione dei terreni secondo il valore di K, da "Elementi di Geotecnica", Colombo e Coleselli – 1996).

Alle Unità LSG e GP, caratterizzate rispettivamente da permeabilità di 10^{-8} e $10^{-4}/10^{-5}$ m/s, si possono assegnare una permeabilità molto bassa per la prima, media per la seconda.

Grado di permeabilità	*Valore di k* (m/s)
alto	superiore a 10^{-3}
medio	$10^{-3} \div 10^{-5}$
basso	$10^{-5} \div 10^{-7}$
molto basso	$10^{-7} \div 10^{-9}$
impermeabile	minore di 10^{-9}

Figura 7-1 Classificazione dei terreni secondo il valore di K (da "Elementi di Geotecnica", Colombo e Coleselli – 1996).

7.2 Livelli piezometrici

In Tabella 7-2 si riporta l'elenco dei valori registrati corso di perforazione.

Sondaggio	Data esecuzione indagine	Soggiacenza [m da p.c.]
BH1	24/02/2021	Non pervenuta
BH2	03/03/2021	36.00
BH3	20/02/2021	35.35
BH4	17/03/2021	39.60
BH5	11/01/2021	Non pervenuta

Tabella 7-2 Riepilogo dei livelli di falda registrati durante l'esecuzione delle indagini.

8 SISMICITÀ DELL'AREA

8.1 Classificazione sismica e pericolosità sismica di base

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

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

Per quanto concerne la classificazione sismica del territorio in esame, trova attuazione la classificazione sismica stabilita dall'Allegato 1, punto 3 dell'Ordinanza n.3274/2003, la quale ha introdotto una nuova classificazione sismica, suddividendo il territorio nazionale in quattro zone caratterizzate da diverso grado di sismicità e sottoposte alle normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Le zone sono definite rispettivamente ad alta sismicità la zona 1, a media sismicità la zona 2 e a bassa sismicità la zona 3, mentre nella zona 4 viene demandata alle regioni la facoltà di imporre o meno l'obbligo della normativa.

Il Comune di Gorizia risulta classificato in zona "2", come riportato in Figura 8-1.

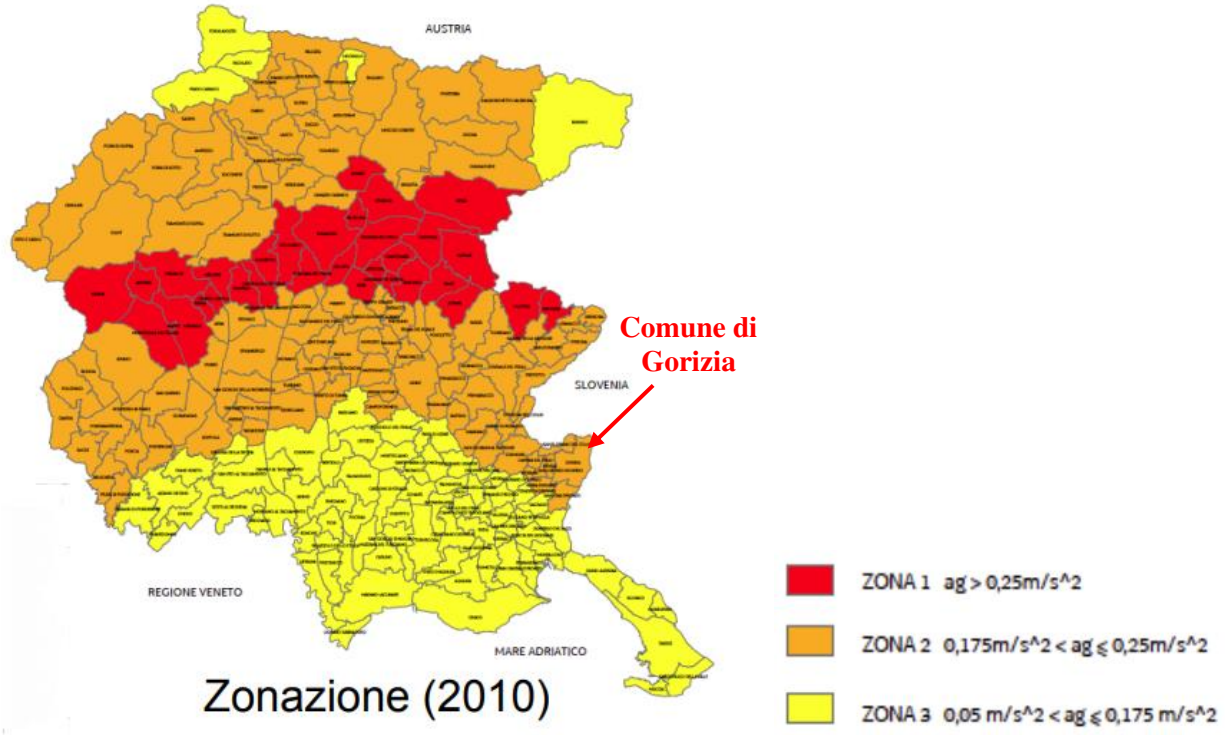


Figura 8-1. Classificazione sismica dei Comuni del Friuli Venezia Giulia.

Rispetto alla classificazione sismica del Comune di Gorizia ed in base alla mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (O.P.C.M. 28/04/2006 n.3519), il range di accelerazione massima del suolo, con probabile eccedenza del 10% in 50 anni, nell'area in studio è compresa tra 0.15 e 0.25 g (Tabella 8-1).

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

Tabella 8-1 Valori di accelerazione massima del suolo ag con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferito a suoli rigidi caratterizzati da Vs,30>800 m/s.

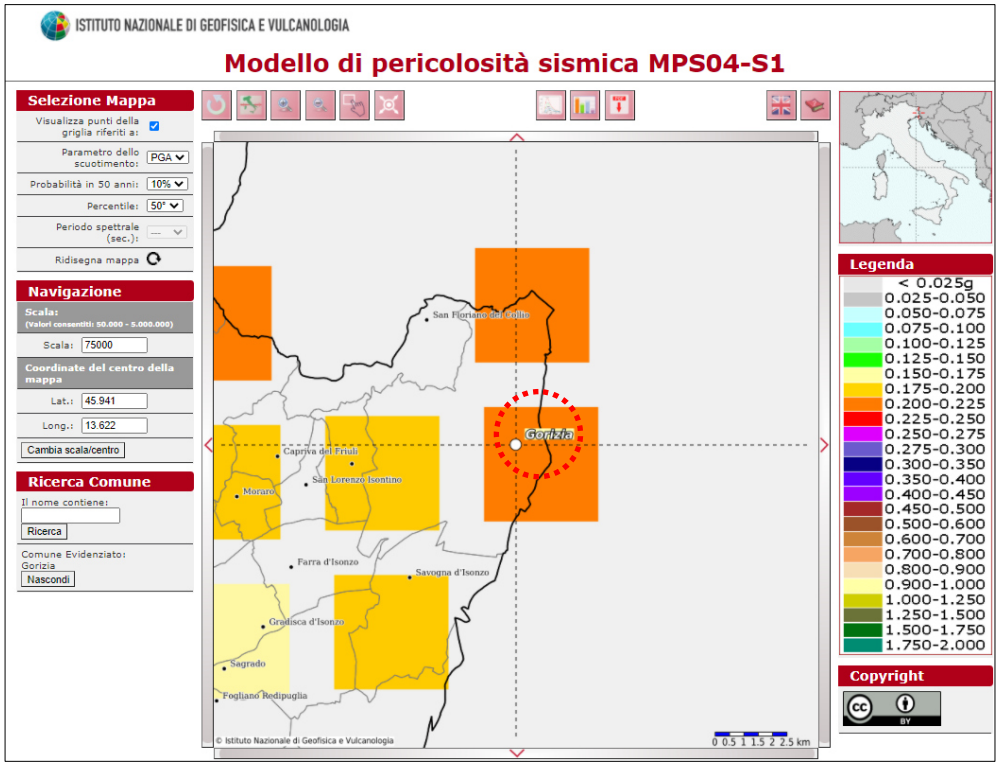


Figura 8-2. Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo (amax) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi (Vs30>800 m/s) – da INGV.

In Tabella 8-2 vengono forniti, per il Comune di Gorizia e per periodi di ritorno T_R di 30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni, 2475 anni, i valori dei parametri a_g, F_0 e T_{C^*} da utilizzare per definire l'azione sismica nei diversi stati limite considerati.

Nel dettaglio:

a_g = accelerazione orizzontale massima al sito su suolo tipo A;

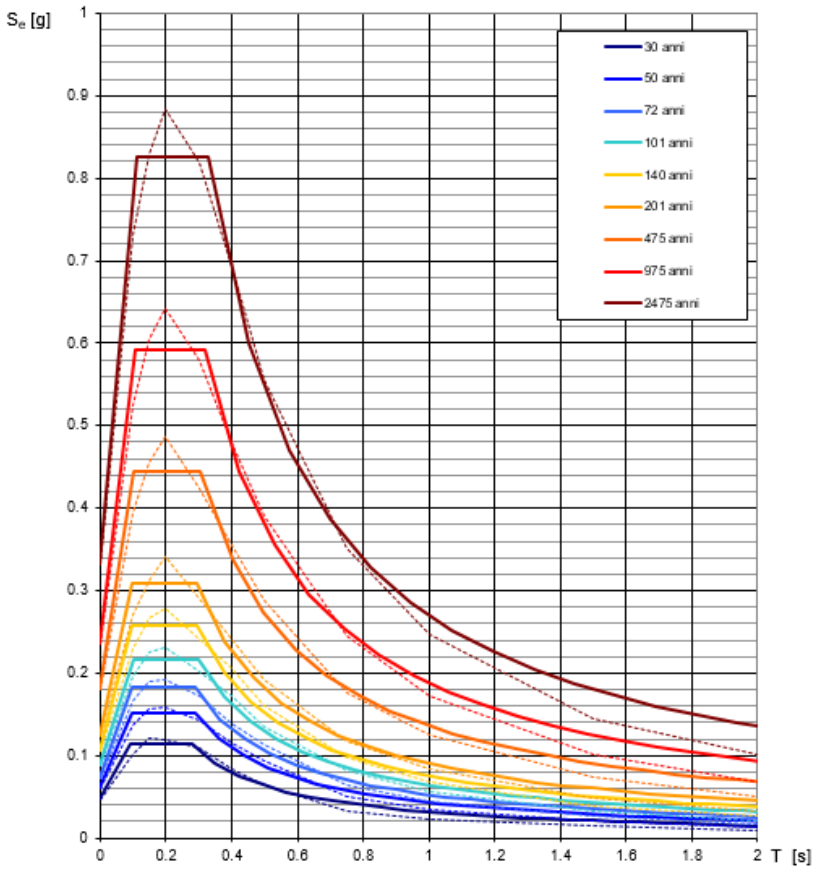
F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_{C^*} = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0.053	2.417	0.236
50	0.070	2.491	0.250
72	0.086	2.456	0.259
101	0.102	2.435	0.270
140	0.119	2.419	0.282
201	0.141	2.401	0.290
475	0.200	2.416	0.317
975	0.263	2.476	0.331
2475	0.370	2.487	0.357

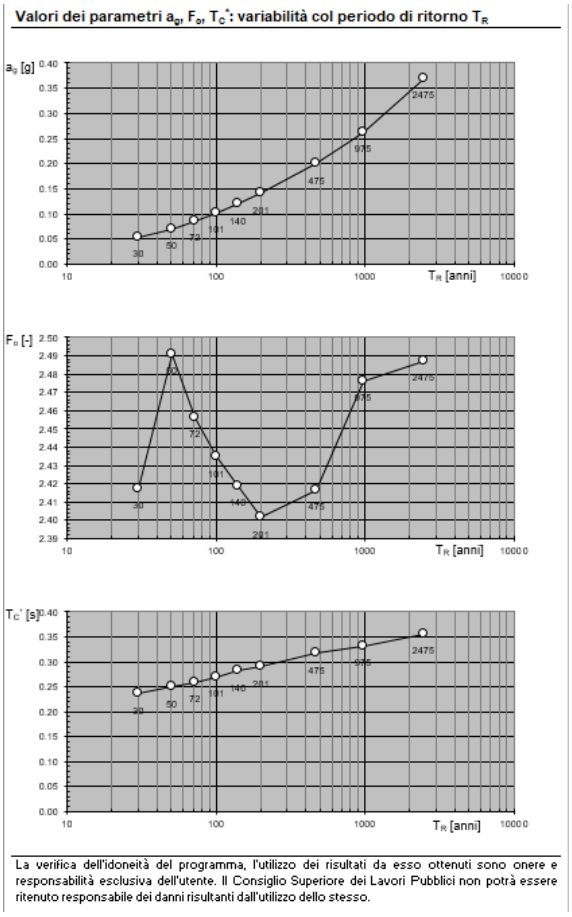
Tabella 8-2 Valori dei parametri di ag, F0, Tc* per i periodi di ritorno TR di riferimento.

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.



8.2 Sismicità storica

Al fine di inquadrare dal punto di vista della sismicità storica l'area in esame, si riporta di seguito un riepilogo delle osservazioni macrosismiche di terremoti al di sopra della soglia del danno che hanno interessato storicamente il Comune di Gorizia

Nello specifico, le informazioni riportate di seguito derivano dalla consultazione del DBMI15 (Locati et al., 2016), il database macrosismico utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 (Rovida et al., 2016, consultabile on-line al sito http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15).

Nella Tabella 8-3 sono indicati con i seguenti simboli:

Is = intensità in sito (MCS);

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

NMDP = numero di osservazioni macrosismiche del terremoto;

Io = intensità massima (MCS);

Mw = magnitudo momento.

Effetti	**In occasione del terremoto di:**				
Is	**Anno Me Gi Or**	**Area epicentrale**	**NMDP**	**Io**	**Mw**
6-7	1511 03 26 15 30	Friuli-Slovenia	120	9	6.32
3	1741 04 24 09 20	Fabrianese	135	9	6.17
5	1850 07 10 02 30	Slovenia nord-occidentale	9	5	4.64
F	1870 02 28 11 20	Rijeka	8	5	4.56
6	1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	197	9-10	6.29
4	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8	5.74
F	1879 06 22 04 15	Friuli	16	5-6	4.74
5-6	1895 04 14 20 17 30.00	Ljubljana	810	8-9	5.98
5	1897 07 15 05 53	Ljubljana	325	6-7	4.99
5	1898 02 20 04 57 26.00	Valli del Natisone	155	7	5.12
4	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
3-4	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
4	1924 12 12 03 29	Carnia	78	7	5.42
6	1926 01 01 18 04 03.00	Carniola interna	63	7-8	5.72
4	1928 03 27 08 32	Carnia	359	9	6.02
3	1929 10 03 17 05 14.00	Valli del Natisone	17	5	4.06
NF	1934 05 04 13 56	Carnia	80	6	4.69
4	1934 11 30 02 58 23.00	Adriatico settentrionale	51	5	5.3
5	1936 10 18 03 10	Alpago Cansiglio	269	9	6.06
2	1943 07 24 01 44	Feltrino	29	7	5.07

Effetti	In occasione del terremoto di:				
Is	**Anno Me Gi Or**	**Area epicentrale**	**NMDP**	**Io**	**Mw**
NF	1952 01 18 01 36	Pordenonese	108	5	4.44
NF	1954 04 25 22 17 19.00	Carnia	57	5-6	4.54
3	1959 04 26 14 45	Carnia	122	7-8	5.21
SF	1972 10 25 21 56 11.31	Appennino settentrionale	198	5	4.87
6-7	1976 05 06 20	Friuli	770	9-10	6.45
5	1976 09 11 16 35 02.44	Friuli	40	7-8	5.6
5-6	1976 09 15 09 21 19.01	Friuli	54	8-9	5.95
4	1977 04 03 03 18 14.07	Friuli	25	5	4.51
5	1977 09 16 23 48 07.64	Friuli	94	6-7	5.26
4	1978 12 12 15 14 49.22	Dolomiti Friulane	56	5-6	4.35
4	1979 04 18 15 19 19.28	Friuli	72	6-7	4.66
NF	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	850	6-7	5.04
2	1988 02 01 14 21 38.30	Friuli	273	6	4.62
4	1990 11 11 22 16 25.00	Slovenia occidentale	101	5-6	4.59
3	1991 10 05 05 14 58.10	Prealpi Giulie	186	5-6	4.51
3	1992 02 21 20 50 32.40	Costa croata settentrionale	29	5-6	4.31
3	1998 03 13 15 14 56.40	Carniola interna	46	9	4.25
4	1998 05 06 02 52 58.10	Slovenia nord-occidentale	25	9	4.3
3-4	1998 08 31 02 32 05.00	Slovenia centrale	77	5	4.31
4-5	2004 07 12 13 04 06.00	Slovenia nord-occidentale	353	5	5.12

Tabella 8-3 Storia sismica del Comune di Gorizia[45.946, 13.625].

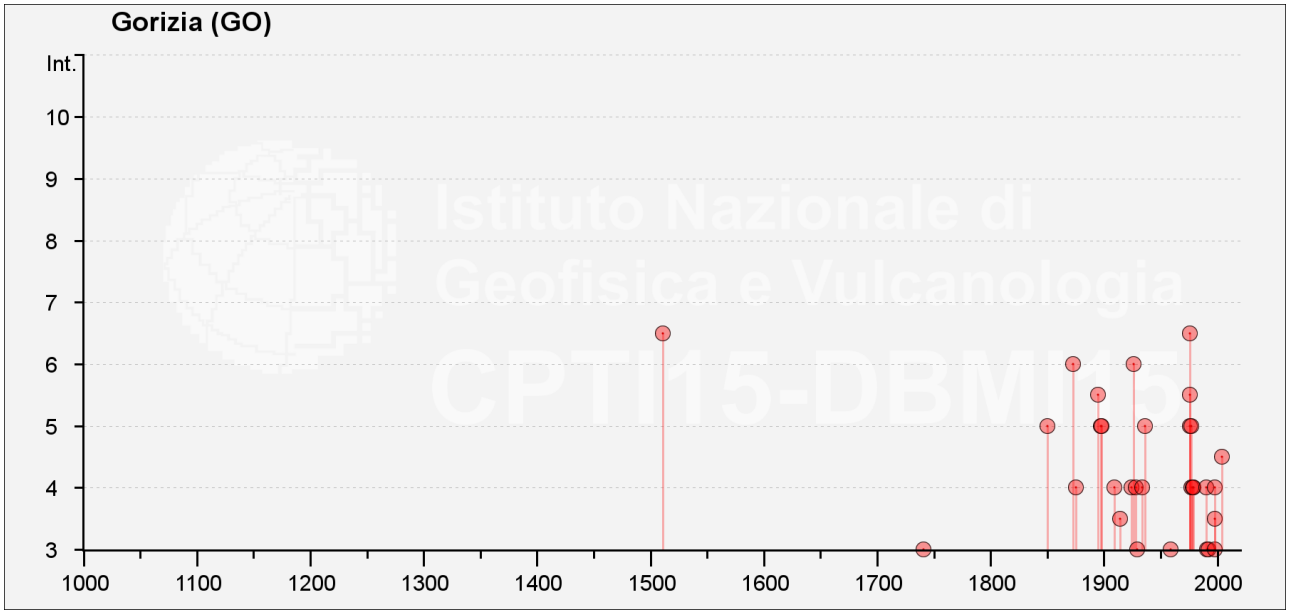


Figura 8-3. Storia sismica del Comune di Gorizia [45.946, 13.625].

8.3 Sorgenti sismogenetiche

Recentemente è stata presentata la nuova versione (vers. 3.2) del database "A compilation of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy and sur-rounding areas", inizialmente divulgato in forma preliminare nel luglio 2000 come versione 1.0 e quindi pubblicato nel 2001 come versione 2.0 (Valensise & Pantosti, 2001).

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

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

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

Dall'esame del Database, nei pressi del territorio di Gorizia sono presenti due sorgenti sismogenetiche composite (Figura 8-4): la sorgente Medea (ITCS065), la Northern Trieste Gulf (ITCS100) e la Cividale-Nova Gorica (SICS005). Le principali informazioni di riferimento per ciascuna sorgente sono riportate da Figura 8-5 a Figura 8-7.

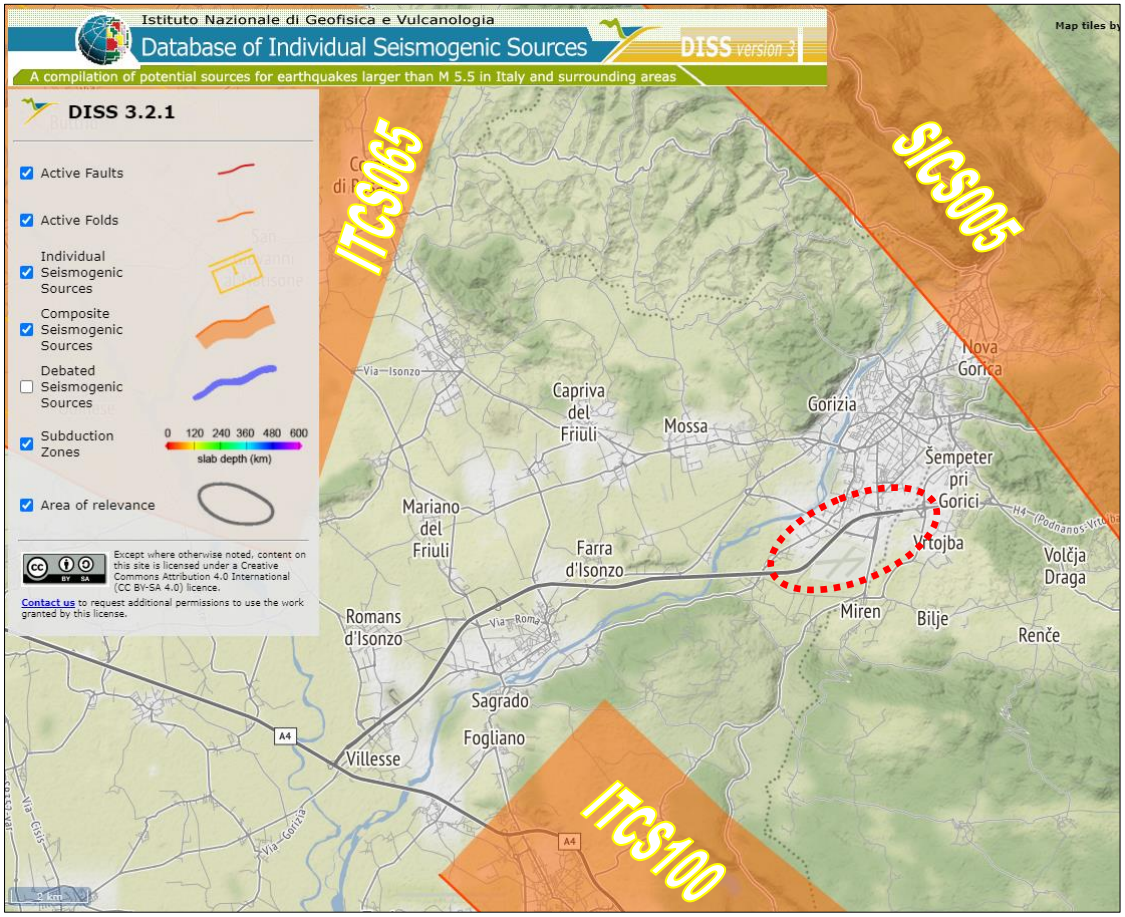


Figura 8-4. Sorgenti sismogenetiche contenute nella nuova versione del "Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy" per l'area in oggetto.

General Information

DISS–ID	ITCS065
Name	Medea
Compiler(s)	Burrato P.(1), Kastelic V.(1)
Contributor(s)	Burrato P.(1), Kastelic V.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	12-May-2011
Updated	20-May-2016
Display map ...	
Related sources	ITIS126

Parametric Information

Parameter		Quality	Evidence
Min depth [km]	1.0	LD	Based on various geological data (Nicolich et al., 2004; Ponton et al., 2010).
Max depth [km]	12.0	LD	Based on various geological data (Ponton et al., 2010; Bressan et al., 2016).
Strike [deg] min... max	290...330	LD	Based on geological data from Nicolich et al. (2004).
Dip [deg] min... max	30...50	LD	Based on geological data from Nicolich et al. (2004).
Rake [deg] min... max	110...130	EJ	Inferred from the regional stress orientation.
Slip Rate [mm/y] min... max	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.

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship;EJ=Expert Judgement;

Figura 8-5. Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composita sorgente Medea (ITCS065).

General Information

DISS-ID	ITCS100
Name	Northern Trieste Gulf
Compiler(s)	Kastelic V.(1), Burrato P.(1), Trincardi F.(2)
Contributor(s)	Kastelic V.(1), Burrato P.(1), Trincardi F.(2)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy 2) CNR; Istituto di Scienze Marine; Via Gobetti, 101, 40129 Bologna, Italy
Created	28-Apr-2011
Updated	20-May-2016
Display map ...	
Related sources	

Parametric Information

Parameter		Quality	Evidence
Min depth [km]	1.0	EJ	Inferred from regional geologic considerations.
Max depth [km]	10.0	EJ	Inferred from geological observations and regional earthquake data.
Strike [deg] min... max	320...350	LD	Based on geologic and structural data.
Dip [deg] min... max	50...60	LD	Based on seismic profile, geologic and structural data.
Rake [deg] min... max	130...160	EJ	Inferred from regional structural data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.03...0.27	OD	Calculated from displaced geological markers.
Max Magnitude [Mw]	6.5	EJ	Inferred from fault characteristics and seismological considerations.

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship;EJ=Expert Judgement;

Figura 8-6 Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composita Northern Trieste Gulf (ITCS100).

General Information

DISS-ID	SICS005
Name	Cividale-Nova Gorica
Compiler(s)	Kastelic V.(1), Burrato P.(1)
Contributor(s)	Kastelic V.(1), Burrato P.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	08-Jan-2005
Updated	29-Apr-2009
Display map ...	
Related sources	

Parametric Information

Parameter		Quality	Evidence
Min depth [km]	1.0	EJ	Inferred from geologic and regional structural setting.
Max depth [km]	9.0	EJ	Inferred from geologic and regional structural setting.
Strike [deg] min... max	300...335	OD	Based on geologic and geomorphological field data.
Dip [deg] min... max	40...85	OD	Based on geologic and structural field data and geomorphological observations.
Rake [deg] min... max	120...180	OD	Based on interpretation of microkinematic field data and seismological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...0.5	EJ	Inferred from geodetic and geodynamic data.
Max Magnitude [Mw]	5.5	EJ	Assumed from regional seismological data.

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship;EJ=Expert Judgement;

Figura 8-7 Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composita Cividale-Nova Gorica (SICS005).

8.4 Magnitudo di riferimento

Sulla base delle originali elaborazioni relative alla definizione delle sorgenti sismogenetiche (DISS2.0-2001) è stato elaborato un modello sintetico che descrive la localizzazione delle sorgenti di futuri terremoti, la magnitudo massima che questi potranno raggiungere ed i rate di sismicità attesa zona per zona. Questo modello, che si pone come base per la redazione della carta di pericolosità sismica (Figura 8-9) è rappresentato dalla mappa delle zone sismogenetiche ZS9 (Meletti & Valensise, 2004).

In base alla zonazione sismogenetica ZS9 del territorio nazionale, la sismicità in Italia può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una legge di ricorrenza della magnitudo, espressa in termini di magnitudo momento Mw.

Nel caso di siti che ricadono al di fuori di tali zone si dovrà eseguire un'analisi accoppiata magnitudo distanza per il calcolo del valore di magnitudo in relazione alla distanza minima di ogni sito dalle zone sismogenetiche circostanti.

Il territorio in oggetto ricade all'interno della zona sismogenetica 904 "Trieste – Monte Nevoso", caratterizzata da Mw=6.14 (Figura 8-8).

Nome ZS	Numero ZS	M_{wmax}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio – Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

Figura 8-8. Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9.

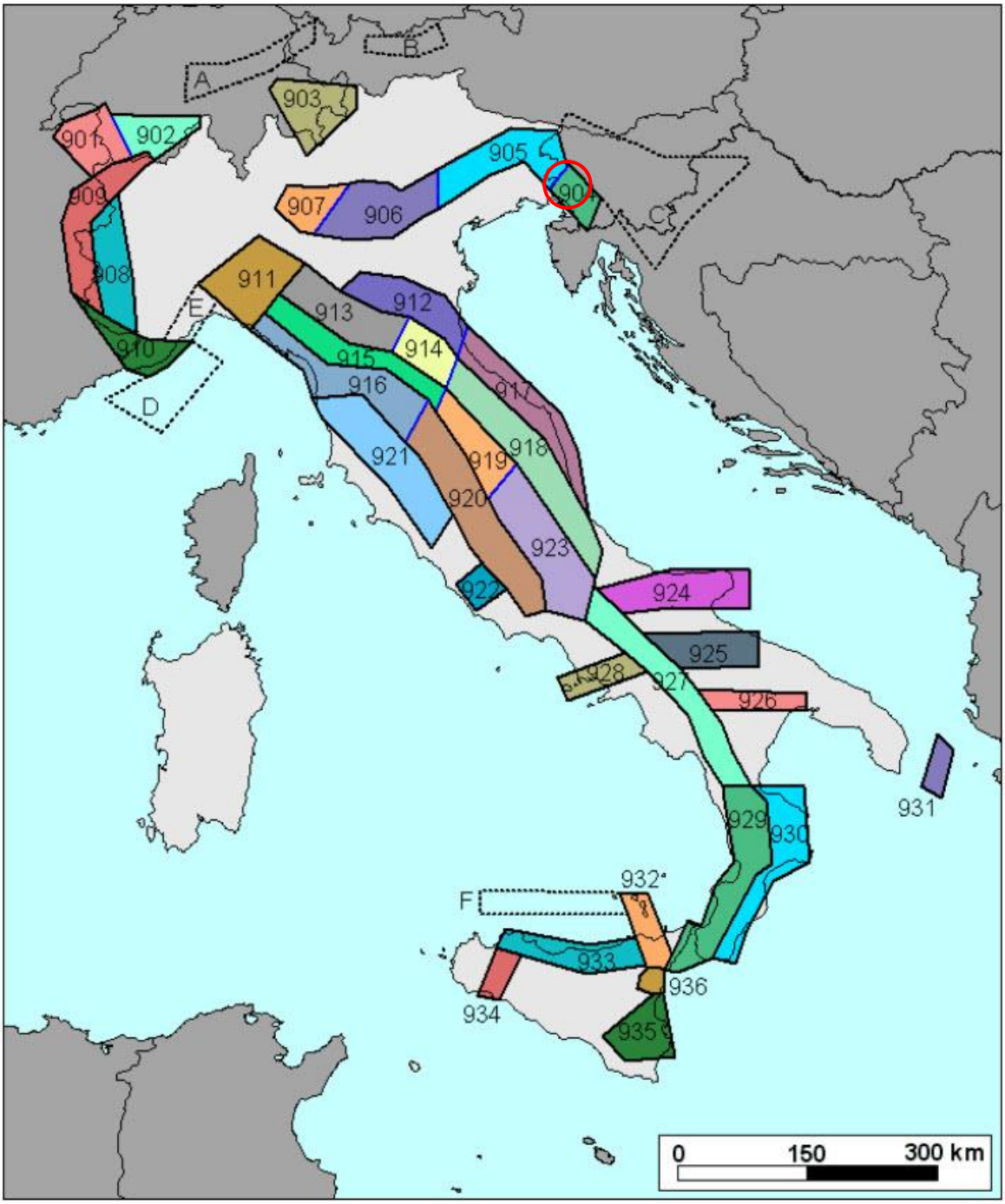


Figura 8-9. Zone sismogenetiche per la mappa di pericolosità sismica di base di riferimento.

8.5 Parametri per la determinazione dell'azione sismica di riferimento

Ai sensi del D.M. 17/01/2018, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e geomorfologiche locali, determinando quindi la corrispondente categoria (o tipo) di sottosuolo nonché le condizioni topografiche del sito di interesse.

8.5.1 Categoria di sottosuolo e frequenza propria di sito

La determinazione della classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ (in m/s).

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo H=30 m dall'espressione riportata di seguito e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

L'analisi dell'assetto stratigrafico e dei valori di V_S disponibili dalle prove sismiche disponibili (Tabella 8-4), ha permesso di definire in via cautelativa, la categoria di sottosuolo come "B", ovvero "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.".

Sigla prova	Tipo prova	$V_{s,eq}$ (m/s)
Masw 1	Masw	624
Masw 2	Masw	526
Masw 3	Masw	713
BH3	Down Hole	686

Tabella 8-4 Risultati delle prove sismiche in termini di Vs,eq.

8.5.2 Condizioni topografiche

Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, essendo le aree in oggetto localizzate in ambito di pianura e non essendovi particolari emergenze topografiche che possano dar luogo ad effetti di amplificazione sismica locale, le morfologie possono essere ricondotte ad una delle configurazioni superficiali semplici previste nel D.M. 14/01/2008 in Tabella 3.2.III.

In particolare, i siti in oggetto possono essere classificati di categoria T1, "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i≤15°", caratterizzata da un coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1,0$.

8.5.3 Parametri sismici di progetto

Di seguito si riportano i parametri sismici di progetto.

- Vita nominale $V_N = 75$ anni;

- Classe d'uso II ($C_u = 1.0$);
- Periodo di riferimento $V_R = 75$ anni.
- M=6.14

Tramite i quali si ricavano i seguenti parametri.

Stati limite	SLV
a_g	0.234 g
F_0	2.450
T_c	0.325 s
S_s	1.171
C_c	1.377
S_t	1.000
q	1.500

Tabella 8-5 Parametri sismici di progetto.

8.6 Analisi del rischio di liquefazione

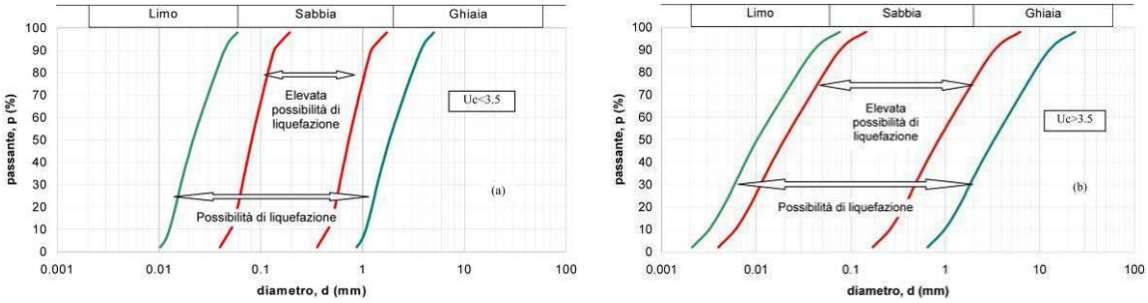
8.6.1 Premessa

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

In base ad D.M. 17/01/2018, la verifica di liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanza:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti minori di 0.1g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite, con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60}>30$ oppure $q_{c1N}>180$, dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza, determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT), normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa, e q_{c1N} è il valore della resistenza, determinata in prove penetrometriche statiche (CPT), normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nel grafico a), nel caso di terreni con coefficiente di uniformità U_c<3.5 e nel grafico b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità U_c>3.5.



a) b)

Per quanto concerne il punto n.1, i valori attesi di a max sono maggiori di 0.1 g.
Per ciò che riguarda la profondità della falda (punto n.2), le misurazioni piezometriche in corso di sondaggio hanno fornito valori abbondantemente maggiori di 15 m da p.c., compresi tra 30 e 40 m da p.c. circa.
Questa peculiarità idrogeologica dell'areale di progetto condurrebbe a declinare l'esecuzione di eventuali verifiche di liquefazione. La mancanza però di misurazioni piezometriche pluristagionali non consente, in ottica cautelativa, di omettere le verifiche di liquefazione solamente considerando la profondità della falda misurata durante le perforazioni.
Si è proceduto quindi all'approfondimento del punto n.3 dei criteri di esclusione; la Tabella 8-6 mostra infatti i valori di $N_{1(60)}$ calcolati per tutte le SPT eseguite. I valori sono stati ottenuti applicando i fattori di correzione di Skempton (C*e*, C*b*, C*s*, C*r,* 1986) ai valori di Nspt in modo tale da calcolare il valore di N a un'energia standardizzata del 60% (N_{60}). Il valore di N_{60} così ottenuto è stato normalizzato per la pressione litostatica efficace tramite in fattore di correzione C*n* (calcolato con la formula di Liao e Witman), ottenendo così la resistenza normalizzata $N_{1(60)}$.
Dalla Tabella 8-6 si nota che i valori di $N_{1(60)}$ sono abbondantemente maggiori di 30, se non per rari casi associati ad SPT eseguite a profondità variabile tra 24 e 48 m da p.c., in terreni prevalentemente ghiaiosi. Tali profondità di indagine sono superiori alla profondità critica, ovvero la profondità massima entro la quale può verificarsi la liquefazione, che di norma si assuma pari a 20 m.
Questo consente, con ragionevole certezza, il verificarsi del punto n.3 dei criteri di esclusione e quindi di poter escludere il rischio di liquefazione per i terreni di progetto.

Sondaggio	Prova	Unità stratigrafica	Da m	A m	N1	N2	N3	Nspt	N1(60)
BH1	SPT 1	GP	3.00	5.45	33	Rif	-	-	-
BH1	SPT 2	GP	6.00	6.45	22	31	Rif	-	-
BH1	SPT 3	GP	9.00	9.45	27	36	43	79.00	57.61
BH1	SPT 4	GP	12.00	12.45	35	Rif	-	-	-
BH1	SPT 5	GP	15.00	15.45	29	36	38	74.00	44.00
BH1	SPT 6	GP	18.00	18.45	31	39	42	81.00	43.96
BH1	SPT 7	GP	21.00	21.45	27	37	39	81.00	40.70
BH1	SPT 8	GP	24.00	24.45	31	42	39	47.00	22.09
BH1	SPT 9	LAG	28.00	28.45	10	22	25	47.00	20.45
BH2	SPT 1	GP	2.00	2.45	29	Rif	-	-	-
BH2	SPT 2	GP	6.00	6.45	19	28	30	58.00	46.35
BH2	SPT 3	GP	9.00	9.45	21	32	27	59.00	43.02
BH2	SPT 4	GP	12.00	12.45	23	34	37	71.00	47.20
BH2	SPT 5	GP	15.00	15.45	32	41	43	84.00	49.94
BH2	SPT 6	GP	18.00	18.45	36	Rif	-	-	-
BH2	SPT 7	GP	21.00	21.45	33	39	37	76.00	38.19
BH2	SPT 8	GP	24.00	24.45	25	41	42	83.00	39.01
BH2	SPT 9	GP	27.00	27.45	31	34	41	75.00	33.24
BH2	SPT 10	LAG	30.00	30.45	9	16	21	37.00	15.56
BH2	SPT 11	GP	33.00	33.45	26	29	35	64.00	25.65
BH3	SPT 1	GP	3.00	3.45	28	41	30	71.00	75.52
BH3	SPT 2	GP	6.00	6.45	25	34	37	71.00	56.73
BH3	SPT 3	GP	9.00	9.45	25	36	39	75.00	54.69

BH3	SPT 4	GP	12.00	12.45	25	35	37	72.00	47.86
BH3	SPT 5	GP	15.00	15.45	29	36	43	79.00	46.97
BH3	SPT 6	GP	18.00	18.45	35	41	45	86.00	46.68
BH3	SPT 7	GP	21.00	21.45	31	34	39	73.00	36.68
BH3	SPT 8	GP	24.00	24.45	29	42	38	80.00	37.60
BH3	SPT 9	GP	27.00	27.45	33	37	41	78.00	34.57
BH3	SPT 10	LAG	30.00	30.45	10	4	9	13.00	5.47
BH3	SPT 11	SLG	33.00	33.45	11	17	25	42.00	16.84
BH3	SPT 12	GP	42.00	42.45	27	39	37	76.00	28.31
BH3	SPT 13	GP	45.00	45.45	32	37	43	80.00	29.28
BH3	SPT 14	GP	48.40	48.85	30	31	29	60.00	21.54
BH4	SPT 1	GP	3.00	3.45	15	21	28	49.00	52.12
BH4	SPT 2	GP	6.00	6.45	13	29	25	54.00	43.15
BH4	SPT 3	GP	9.00	9.45	27	31	40	71.00	51.77
BH4	SPT 4	GP	12.00	12.45	28	35	35	70.00	46.53
BH4	SPT 5	GP	15.00	15.45	31	36	42	78.00	46.38
BH4	SPT 6	GP	18.00	18.45	29	31	42	73.00	39.62
BH4	SPT 7	GP	21.00	21.45	22	25	36	61.00	30.65
BH4	SPT 8	GP	24.00	24.45	39	Rif	-	-	-
BH4	SPT 9	GP	27.00	27.45	29	33	48	81.00	35.90
BH4	SPT 10	GP	33.00	33.45	18	25	27	52.00	20.84
BH4	SPT 11	GP	36.00	36.45	29	42	37	79.00	30.32
BH4	SPT 12	GP	42.00	42.45	33	35	41	76.00	27.54
BH4	SPT 13	GP	48.40	48.85	30	31	29	60.00	20.99

BH5	SPT 1	GP	3.00	3.45	37	Rif	-	-	-
BH5	SPT 2	GP	6.00	6.45	50	Rif	-	-	-
BH5	SPT 3	GP	9.55	10.00	22	31	39	70.00	49.55
BH5	SPT 4	GP	12.00	12.45	21	28	33	61.00	40.55
BH5	SPT 5	GP	15.00	15.45	28	37	Rif	-	-
BH5	SPT 6	GP	18.00	18.45	28	39	Rif	-	-
BH5	SPT 7	GP	21.00	21.45	23	38	42	80.00	40.20
BH5	SPT 8	GP	24.00	24.45	34	38	44	82.00	38.54
BH5	SPT 9	GP	27.00	27.45	23	27	31	58.00	25.70

Tabella 8-6 Valori di N1(60) per tutte le prove SPT eseguite nei fori di sondaggio.

9 SINTESI E CONCLUSIONI

La presente relazione illustra e riassume i risultati dello studio geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico eseguito a supporto della progettazione definitiva della Lunetta di Gorizia nel Comune di Gorizia (GO).

In particolare l'intervento si estende lungo la piana alluvionale del Fiume Isonzo, in un territorio che non evidenzia strutture geologiche di superficie e caratterizzato dalla presenza di depositi olocenici alluvionali prevalentemente incoerenti (sabbie e ghiaie) e raramente coesivi (limi e argille). Al di sotto di tali sedimenti, a profondità massime di 60-80 m si ha la formazione dei Flysch che praticamente costituisce un basamento impermeabile e limita inferiormente la falda freatica.

L'area si colloca nell'ambito geomorfologico di piana alluvionale, ad una quota comprese tra i 60 e 70 m s.l.m. e mostra una superficie topografica sub-pianeggiante; l'elemento morfologico più significativo è caratterizzato dal rilevato ferroviario, che risulta elevato di alcuni metri rispetto al piano campagna circostante.

Dal punto di vista idrologico nel sottosuolo delle aree pianeggianti è presente una falda di tipo freatico. Il serbatoio naturale in cui è contenuta la risorsa idrica è formato da sedimenti ghiaiosi in matrice sabbiosa ed in conglomerati fratturati. Al di sotto di tali sedimenti, a profondità massime di 60-80 m si ha la formazione dei Flysch che praticamente costituisce un basamento impermeabile e limita inferiormente la falda freatica.

Nei mesi di Febbraio e Marzo 2021 è stata realizzata una campagna di indagini geognostiche che ha visto la realizzazione di n.5 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo (tre dei quali attrezzati con piezometro), n.3 rilievi sismici per onde superficiali di tipo attivo MASW, n. 4 registrazione di prove sismiche passiva di tipo HVSR e n.1 rilievo sismico di tipo DownHole.

Sulla base di tali indagini è stato poi ricostruito il modello stratigrafico di riferimento caratterizzato da uno spessore di terreni di riporto eterogenei variabile tra 1-2 metri circa che ricoprono i depositi prevalentemente ghiaiosi di origine alluvionale (Unità GP). Questi depositi sono sviluppati sino a ad oltre 50 m da p.c. e spesso sono intercalati a strati plurimetrici di conglomerati cementati (CP), ed a meno frequenti limi argilloso-ghiaiosi (Unità LAG) e sabbie limoso ghiaiose (Unità SLG).

I livelli piezometrici disponibili (derivanti da monitoraggio piezometrico e da letture in corso di perforazione dei sondaggi) indicano valori di soggiacenza della falda, quando rilevata, tra i 30-40 m da p.c..

Per quanto concerne la classificazione sismica, il Comune di Gorizia risulta classificato in zona "2". In riferimento al D.M. 17/01/2018, sulla base delle prove sismiche effettuate, il tratto di studio è caratterizzato da una categoria di sottosuolo "B" e dalla categoria topografica "T1".

Le analisi di liquefazione effettuate sui valori della resistenza normalizzata $N_{1(60)}$ permettono di escludere il fenomeno di liquefazione, poiché questi, entro la profondità critica di 20 m, sono maggiori di 30 e adempiono il criterio n.3 riportato nel Paragrafo 8.6.1.

In conclusione, le opere in progetto non comporteranno significative variazioni alle attuali condizioni geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area in esame, in particolare esse non interferiranno con gli elementi idrografici superficiali e non comporteranno pericoli per le falde idriche profonde.

10 BIBLIOGRAFIA

- Carta Tecnica Regionale Regione Friuli Venezia giulia, scala 1:25.000.
- Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15.
- Martinis B.. Storia Geologica del Friuli Venezia Giulia.
- Meletti C. & Valensise G. (2004). Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20/03/2003 n.3274) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Zonazione sismogenetica ZS9, App.2 al Rapporto Conclusivo.
- Mosetti F (1983). Sintesi sull'idrogeologia del Friuli Venzia Giulia.
- Regione autonoma Friuli Venezia Giulia (1970). Catasto regionale dei pozzi per acqua e delle perforazioni eseguite nelle alluvioni quaternarie e nei depositi sciolti del Friuli Venezia Giulia. Direzione regionale ambiente, Trieste.
- Regione autonoma Friuli Venezia Giulia (1986. 87. 88, 89, 90, 91, 92). Piano regolatore per il risanamento delle acque allegati "3" e "5". Direzione regionale ambiente, Trieste.
- Regione autonoma Friuli Venezia Giulia (1999). Gli aspetti fisici del territorio regionale allegati "3" e "5". Direzione regionale ambiente, Trieste.
- Relazione geologica del PRG del Comune di Gorizia.
- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P.(2016). CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15.
- Servizio Geologico d'Italia (2006a). Foglio 40 "Gorizia" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100000. Serv. Geol. d'Italia - APAT, Roma.
- Valensise G. & Pantosti D. (2001). The investigation of potential earthquake sources in peninsular Italy: a review, J. Seismol., 5, 287-306.