



# SMART GAS Monfalcone, Italia

## Distribuzione GNL in Regione Friuli-Venezia Giulia

### Componente geologica e acque interne

Doc. No. P0030812-1-H28 Rev. 0 – Febbraio 2023

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
0	Prima Emissione	R. Pedone	R. Pedone	A. Lo Nigro	Febbraio 2023

Tutti i diritti, traduzione inclusa, sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere divulgata a terzi, per scopi diversi da quelli originali, senza il permesso scritto di RINA Consulting S.p.A.

## INDICE

	Pag.
<b>LISTA DELLE FIGURE</b>	<b>2</b>
<b>1 INTRODUZIONE</b>	<b>3</b>
<b>2 INTEGRAZIONE IN RISPOSTA AL MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA</b>	<b>4</b>
2.1 INTEGRAZIONE N.11 A	4
INQUADRAMENTO GEOLOGICO	4
SORGENTI SIMOGENETICHE	5
INQUADRAMENTO TETTONICO	6
INQUADRAMENTO SISMICITA'	7
CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA STRATIGRAFICA DELL'AREA DI PROGETTO	10
CONDIZIONI DI POSSIBILE LIQUEFAZIONE DEI TERRENI DELL'AREA DI PROGETTO	14
2.2 INTEGRAZIONE N.11 B	15
<b>REFERENZE</b>	<b>17</b>

## LISTA DELLE FIGURE

Figura 2.1:	Inquadramento geologico strutturale della Pianura Veneto-Friulana (Provincia di Venezia, Università di Padova, 2008) (Area progetto cerchiata in rosso)	4
Figura 2.2:	Stralcio Carta Geologica d'Italia 1:100.000 (Foglio 40 "Gorizia") (Area progetto cerchiata in rosso)	5
Figura 2.3:	Mappa delle Sorgenti Sismogenetiche nell'intorno dell'area di progetto (Diss Working Group, 2021) (📍 Area di progetto)	6
Figura 2.4:	Mappa delle faglie 'Capaci' nell'Area circostante il sito (SGI - ISPRA, 2019) (📍 Sito)	7
Figura 2.5:	Magnitudo dei Terremoti estratti dal database Iside (INGV) (📍 Sito)	7
Figura 2.6:	Intensità massima risentita dei Terremoti in un raggio pari a 50 km dal sito, estratti dal CPT115 (📍 Sito)	8
Figura 2.7:	Intensità massime dei Terremoti Risentiti a Monfalcone, estratte dal CPT115	9
Figura 2.8:	Carta delle Accelerazioni Massime del Suolo (Sito INGV) (📍 Sito)	9
Figura 2.9:	Analisi di disaggregazione per definizione terremoto dominante dell'area	10
Figura 2.10:	Stralcio carta PRGT di Monfalcone (o area di progetto)	10
Figura 2.11:	Stralcio Sezione 8 (sezione in basso) con indicazione posizione dell'area di progetto (Freccia rossa)	11
Figura 2.12:	Estratto del Catasto regionale dei pozzi del Friuli Venezia Giulia con indicazione del pozzo n. 7 (Cerchiato in rosso)	11
Figura 2.13:	Stratigrafia pozzo n. 7 presso l'area di progetto	12
Figura 2.14:	Stratigrafia pozzo n. 10 presso l'area di progetto	12
Figura 2.15:	Stratigrafia sondaggio nella parte nord dell'area di progetto	13
Figura 2.16:	Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione	14
Figura 2.17:	Sviluppo della linea delle risorgive (pallini celesti)	15
Figura 2.18:	Mappa dei 'Fiumi di risorgiva' (tracce azzurre scuro) (nel cerchio rosso Area Risorgiva Schiavetti e area di progetto della banchina Molino Casillo)	15
Figura 2.19:	Area Risorgiva Schiavetti e area di progetto della banchina Molino Casillo	16

## 1 INTRODUZIONE

In relazione alla sottomissione del progetto “Distribuzione GNL in Regione Friuli Venezia Giulia” da parte del proponente Smart Gas S.p.A. a procedura di Assoggettabilità a VIA Nazionale, sono pervenute richieste di integrazioni da parte del Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica e dei relativi Enti territorialmente competenti, tramite Nota Prot. N.0009132 del 23 Novembre 2022.

Lo scopo del seguente documento è quello di fornire risposta alla richiesta di integrazione da parte del Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica per quanto riguarda i seguenti aspetti:

*“Per la componente Geologia e acque interne*

*a) Compiere un approfondimento delle caratteristiche geologico-strutturali di sito, relativamente alla Banchina Molino Casillo, considerata la prossimità di linee tettoniche attive e capaci e la corrispondenza di sorgenti sismogenetiche potenzialmente in grado di generare sismi di magnitudo  $M \geq 6$ , sufficientemente energetici per indurre fenomeni di liquefazione, attesa la presenza di strati alternati di limo e sabbia con argilla subordinata, secondo il PRGC, sotto falda.*

*b) Quanto al punto precedente inoltre, al fine di valutare gli effetti attesi sulle opere previste, incluse quelle di fondazione e altre opere civili da descriversi adeguatamente, approfondendo il quadro delle possibili interferenze indotte dalle opere sul regime idrogeologico, considerata pure la prossimità della linea delle risorgive.”*

Il riscontro a tali richieste è fornito nelle sezioni successive del presente report.

## 2 INTEGRAZIONE IN RISPOSTA AL MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

### 2.1 INTEGRAZIONE N.11 A

Vengono approfonditi, sulla base della bibliografia esistente:

- ✓ le caratteristiche geologico-strutturali, tettoniche, sismogenetiche e di sismicità dell'area di progetto;
- ✓ le caratteristiche stratigrafiche e litologiche del sito;
- ✓ le condizioni di possibile liquefazione dei terreni del sito.

#### INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'inquadramento geologico schematico della pianura Veneto-Friulana sotto riportato (Provincia di Venezia, Università di Padova, 2008) mostra che il sito di Progetto ricade al margine orientale della pianura veneto friulana caratterizzata da una spessa sequenza di depositi sedimentari Plio-Quaternari che si estendono dalle alpi fino all'Adriatico con uno spessore stimato fino a 500m nella zona di Monfalcone.

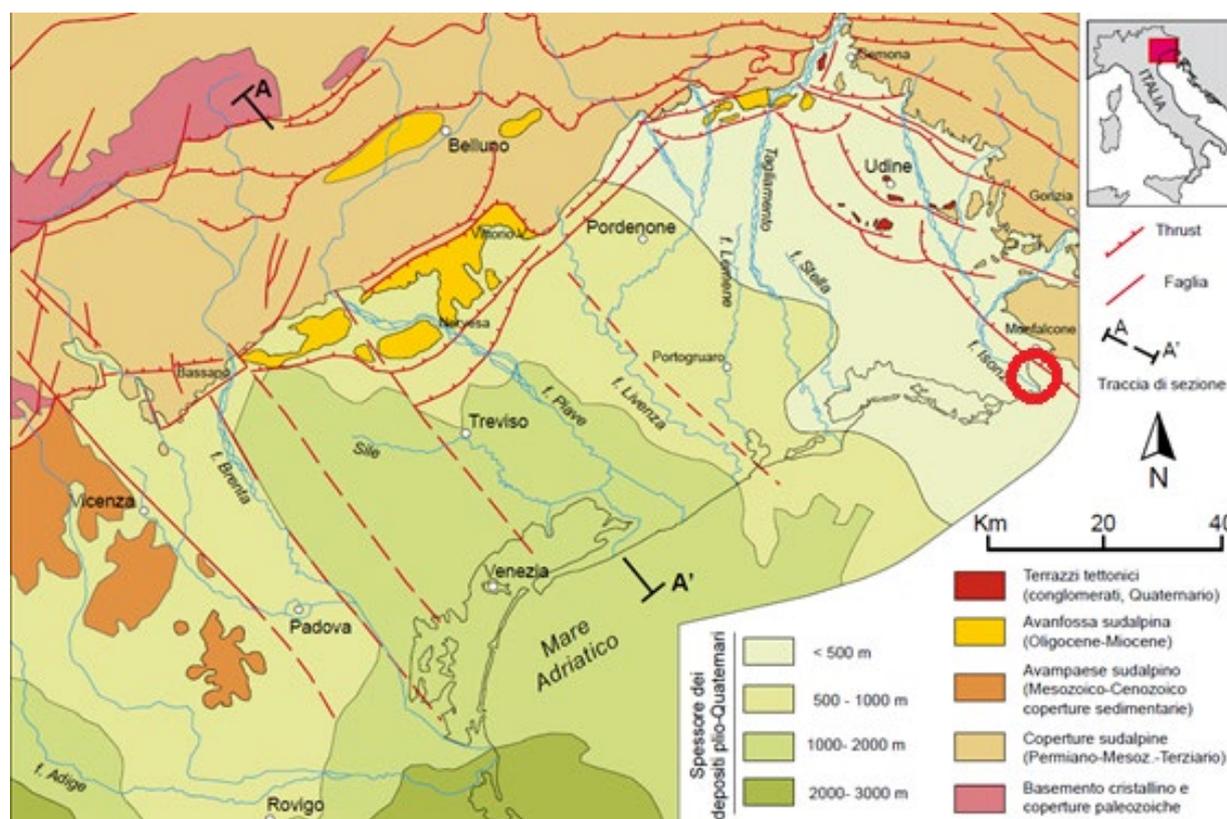


Figura 2.1: Inquadramento geologico strutturale della Pianura Veneto-Friulana (Provincia di Venezia, Università di Padova, 2008) (Area progetto cerchiata in rosso)

Il Foglio 40 "Gorizia" della carta geologica d'Italia 1:100000 (IGM, 1951)<sup>1</sup>, Figura 2.2, indica che l'area di progetto ricade su **Alluvioni sabbiose ed argillose recenti ed attuali**.

\*\*\*\*\*

<sup>1</sup> L'area in esame non ricade negli inquadramenti della Carta Geologica D'Italia alla scala 1: 50.000 (Progetto CARG)

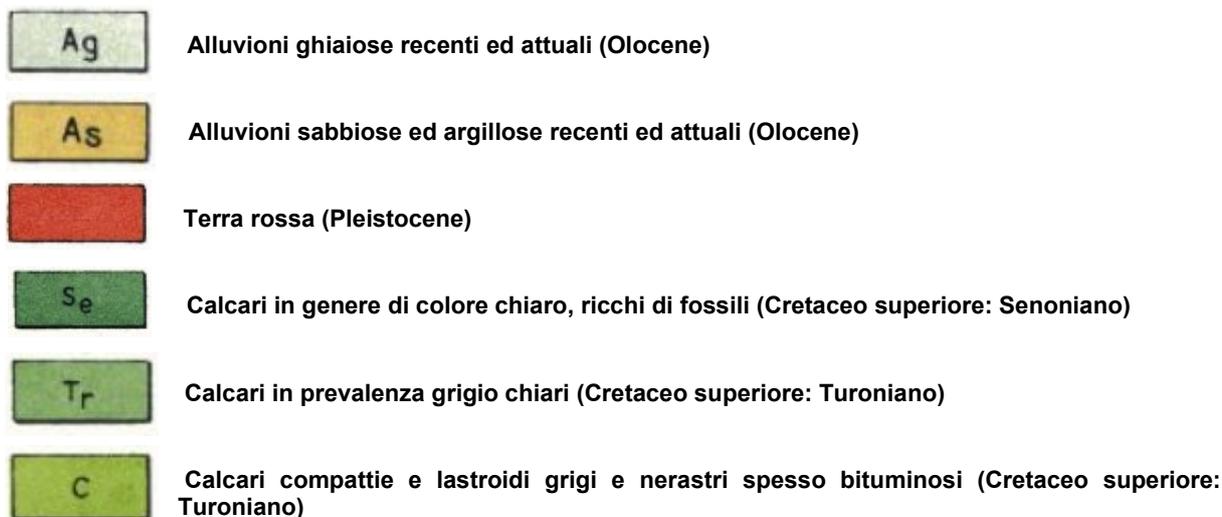


Figura 2.2: Stralcio Carta Geologica d'Italia 1:100.000 (Foglio 40 "Gorizia") (Area progetto cerchiata in rosso)

#### SORGENTI SIMOGENETICHE

Dal catalogo delle sorgenti sismogenetiche italiane (Database of Individual Seismogenic Sources, DISS Version 3.3.0; <https://diss.ingv.it/diss330/dissmap.html>) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), l'area di studio ricade in prossimità di due strutture sismogenetiche composite (CSS): la più vicina, poche centinaia di metri ad est, la 'Northern Trieste Gulf', e la seconda, circa 3 km a sud-est, la 'Southern Trieste Gulf' (DISS Working Group, 2021) (Figura 2.3).

La struttura sismogenetica più prossima all'area di è la CSS classificata come ITCS100 "Northern Trieste Gulf". Questa Sorgente rappresenta una faglia attiva orientata NW-SE al largo della costa del Golfo di Trieste. La

profondità minima (1km) e massima (10km) è stata dedotta dalle osservazioni geologiche e geofisiche regionali e dai dati sui terremoti. La direzione (N 320-350°) si basa su dati geologici e strutturali che definiscono l'orientamento medio dei fronti di spinta, l'inclinazione (50-60°) è stata derivata da dati strutturali e sismotettonici regionali, e da profili sismici e considerazioni sismotettoniche regionali, mentre il tasso di scorrimento (0.03-0,27 mm/anno) è stato dedotto dalla modellazione agli elementi finiti e da considerazioni geodinamiche. **Come terremoto massimo per questa sorgente sismogenetica è stata stimata una magnitudo di Mw 6.9.**

La struttura sismogenetica a circa 3km sud est ('Southern Trieste Gulf') rappresenta anch'essa una faglia attiva orientata NW-SE offshore nel Golfo di Trieste centrale e parzialmente onshore al di sotto della pianura friulana alla sua estremità NW e della parte slovena della penisola istriana alla sua estremità SE. La profondità minima (1.5km) e massima (8km) sono state dedotte dalle osservazioni geologiche e geofisiche regionali e dai dati sui terremoti. La direzione (N 290-330°) si basa su dati geologici e strutturali che definiscono l'orientamento medio dei fronti di spinta. L'inclinazione (30-45°) è stata derivato da dati strutturali e sismotettonici regionali, e da profili sismici e considerazioni sismotettoniche regionali, mentre il tasso di scorrimento (0.02-0,23 mm/anno) è stato dedotto dalla modellazione agli elementi finiti e da considerazioni geodinamiche. Come terremoto massimo per questa sorgente sismogenetica è stata stimata una magnitudo di Mw 6.5.

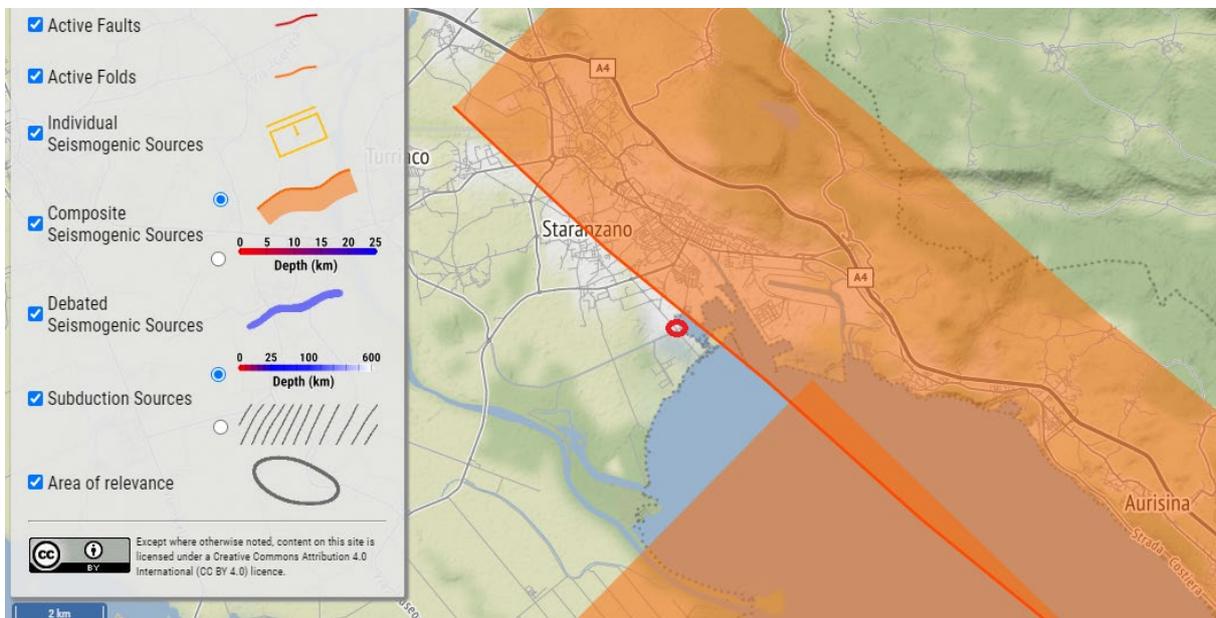


Figura 2.3: Mappa delle Sorgenti Sismogenetiche nell'intorno dell'area di progetto (Diss Working Group, 2021) (● Area di progetto)

#### INQUADRAMENTO TETTONICO

L'elenco delle faglie capaci del catalogo del Progetto Ithaca<sup>2</sup> in continuo aggiornamento da parte di SGI - ISPRA (<http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci>) (2019) **riporta una faglia capace a circa 500m ad ovest dell'area di progetto** (Figura 2.4). Come 'faglia capace' si indica il caso di faglia in grado di dislocare e/o deformare la superficie topografica, in occasione di eventi sismici di magnitudo, in genere, medio-elevata.

La faglia denominata con codice N. 77508 'Monfalcone' è classificata come faglia inversa ed è stata identificata sulla base di spostamenti rilevati all'interno di depositi del Pleistocene. La classificazione di questa faglia è definita di discreta qualità e media affidabilità.

\*\*\*\*\*

<sup>2</sup> ITHACA = ITaly HAZard from CAPable faults.



Figura 2.4: Mappa delle faglie 'Capaci' nell'Area circostante il sito (SGI - ISPRA, 2019) (📍 Sito)

#### INQUADRAMENTO SISMICITA'

Il catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPT115) in termini di Magnitudo (<https://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBMI15>) (Rovida et al., 2022) fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima risentita ( $I_{max} \geq 5$ ) o magnitudo momento ( $M_w \geq 4.0$ ) d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2021. Il catalogo non evidenzia una particolare sismicità nell'area circostante il sito in esame (Figura 2.5).

Il terremoto più prossimo all'area di progetto, datato 11 Ottobre 1904, è localizzato a circa 8 km ad est, nel Carso, ed è classificato di magnitudo  $M_w$  pari a 4.16. Un terremoto storico del 6 Settembre 1403 di magnitudo  $M_w$  pari a 5.56 è avvenuto a Cividale del Friuli, a circa 30 km a nord del sito.

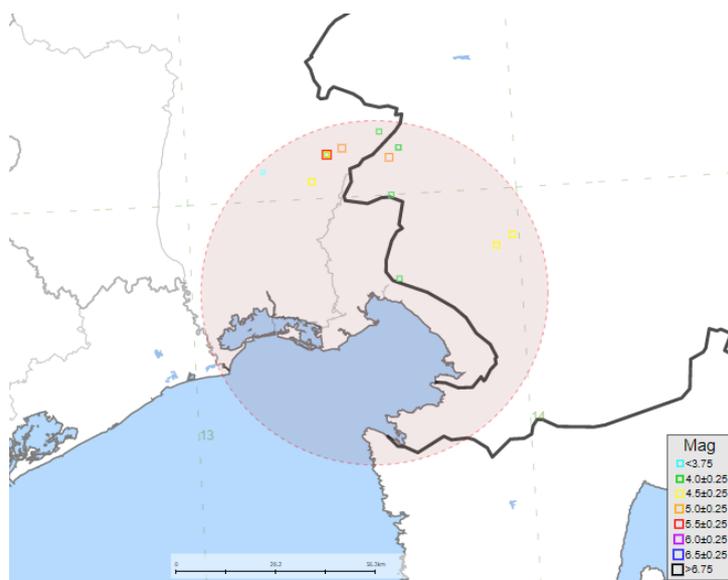


Figura 2.5: Magnitudo dei Terremoti estratti dal database Iside (INGV) (📍 Sito)

La figura seguente (Figura 2.6) riporta la sismicità in un cerchio di 40 km di raggio da Monfalcone dal catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPTI15) in termini di intensità massima risentita (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>). Il CPTI15 fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima risentita ( $I_{max} \geq 5$  o magnitudo momento ( $M_w \geq 4.0$  d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014.

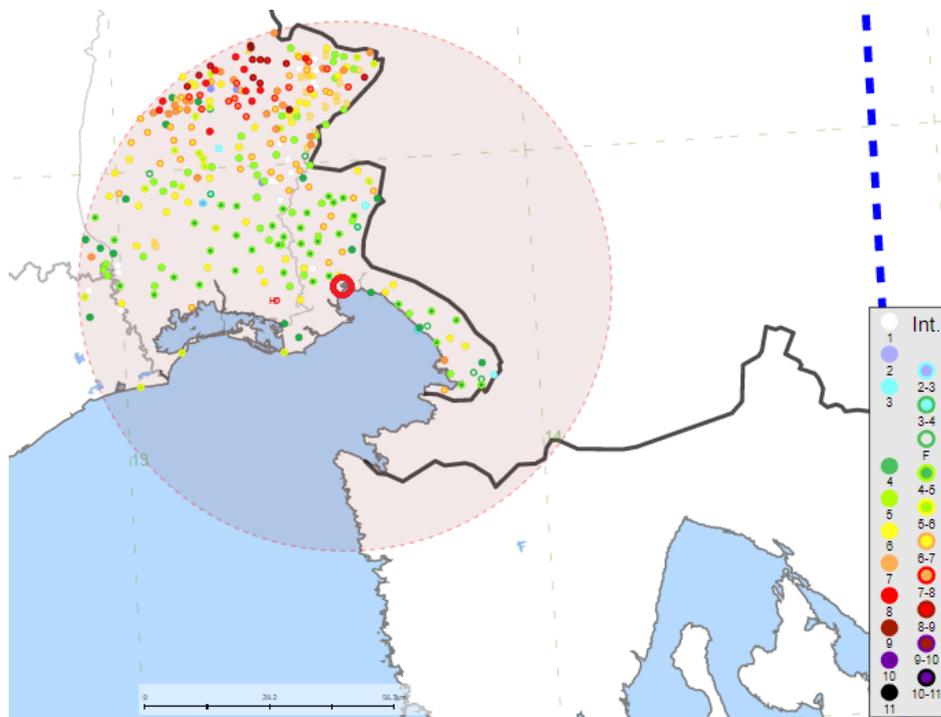


Figura 2.6: Intensità massima risentita dei Terremoti in un raggio pari a 50 km dal sito, estratti dal CPTI15 (Sito)

Per i soli eventi relativi a Monfalcone (numero di terremoti risentiti EQs = 19) estratti da CPTI15, la intensità massima ( $I_{max}$ ) è pari a 6 come visibile dalla sequenza temporale delle massime intensità riportata nel grafico sottostante (Figura 2.7).

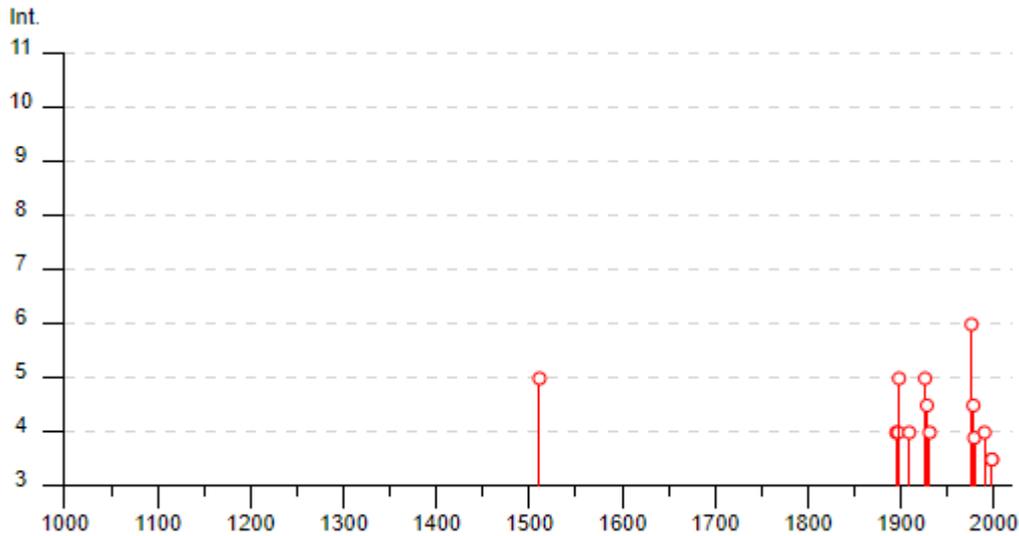


Figura 2.7: Intensità massime dei Terremoti Risentiti a Monfalcone, estratte dal CPTI15

Riguardo la pericolosità sismica, l'area di progetto ricade nel comune di Venezia caratterizzato da pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti. Il comune di Monfalcone è classificato in Zona Sismica 3 ( $0,05 < a_g < 0,15g$ ). Nell'area di progetto, la carta INGV mostra valori di accelerazione ( $a_g$ ) tra **0.125 e 0.150 g espressi con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni** riferiti al substrato rigido caratterizzato da  $V_s > 800m/s$  (Figura 2.8).

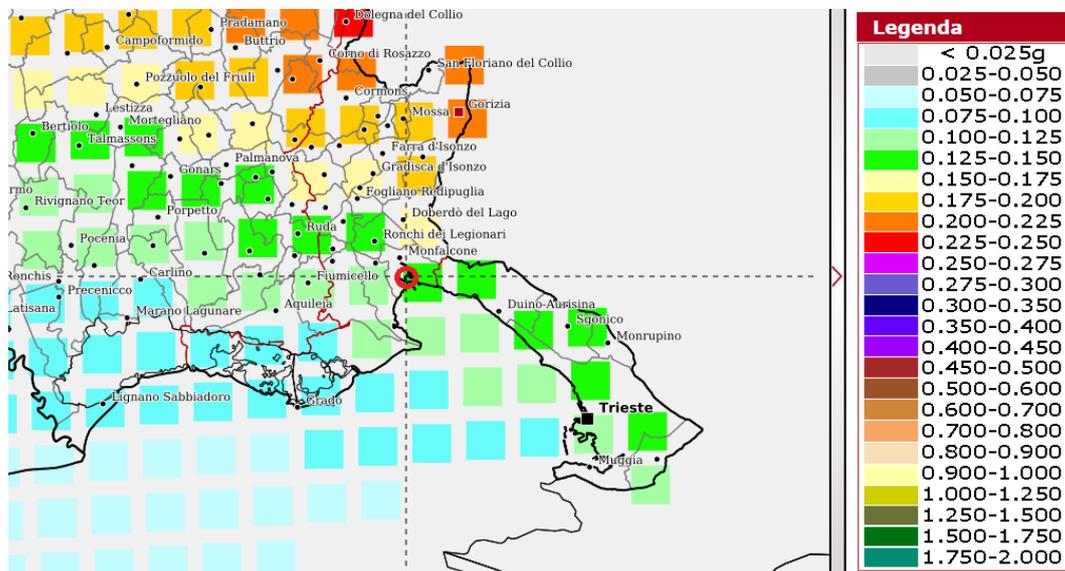


Figura 2.8: Carta delle Accelerazioni Massime del Suolo (Sito INGV) (● Sito)

L'analisi di disaggregazione derivata dall' INGV (2008) ha permesso di identificare come terremoto dominante lo scenario di pericolosità sismica dell'area un sisma di Magnitudo 5,34 ad una distanza di 22,7 km (Figura 2.9).

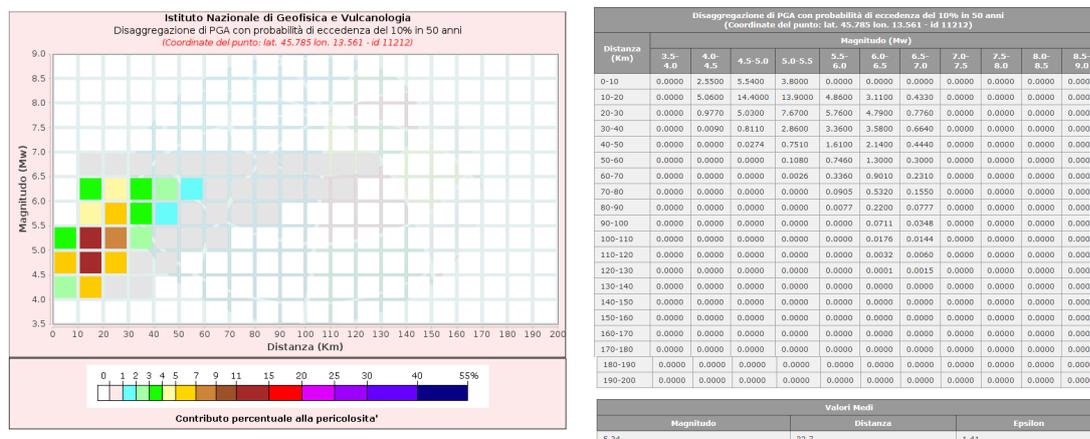


Figura 2.9: Analisi di disaggregazione per definizione terremoto dominante dell'area

### CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA STRATIGRAFICA DELL'AREA DI PROGETTO

La carta del PRGC (Comune di Monfalcone, 2006) indica per l'area di progetto la presenza di spessori superficiali tra 2.5m e 7.5 m di strati alternati di limo e sabbia con argilla subordinata su substrato ghiaioso (Figura 2.10).

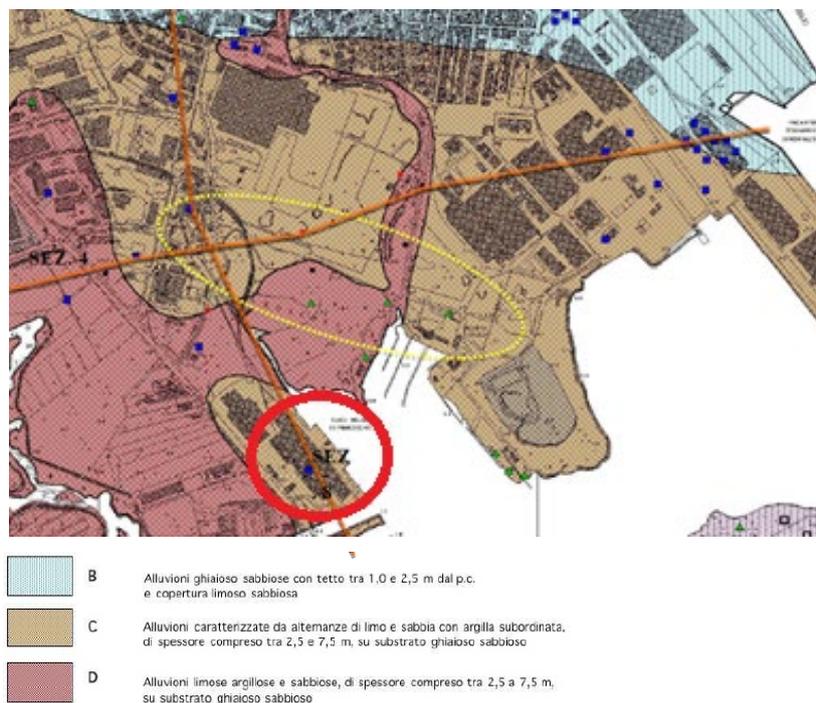


Figura 2.10: Stralcio carta PRGT di Monfalcone (o area di progetto)

La 'carta geolitologica' del PRGT (PRGC, 2006) indica per l'area di progetto la presenza di spessori superficiali tra 2.5m e 7.5 m di strati alternati di limo e sabbia con argilla subordinata su substrato ghiaioso (Figura 2.11). Tuttavia, la Sez. 8 che transita dall'area di progetto mostra una stratigrafia con prevalente componente ghiaiosa nei primi 10m del sottosuolo:

Lo sviluppo in verticale delle classi litologiche è sintetizzato nelle sezioni litologiche della fig. 7, tratte dallo studio geologico per il PRGC 1995.

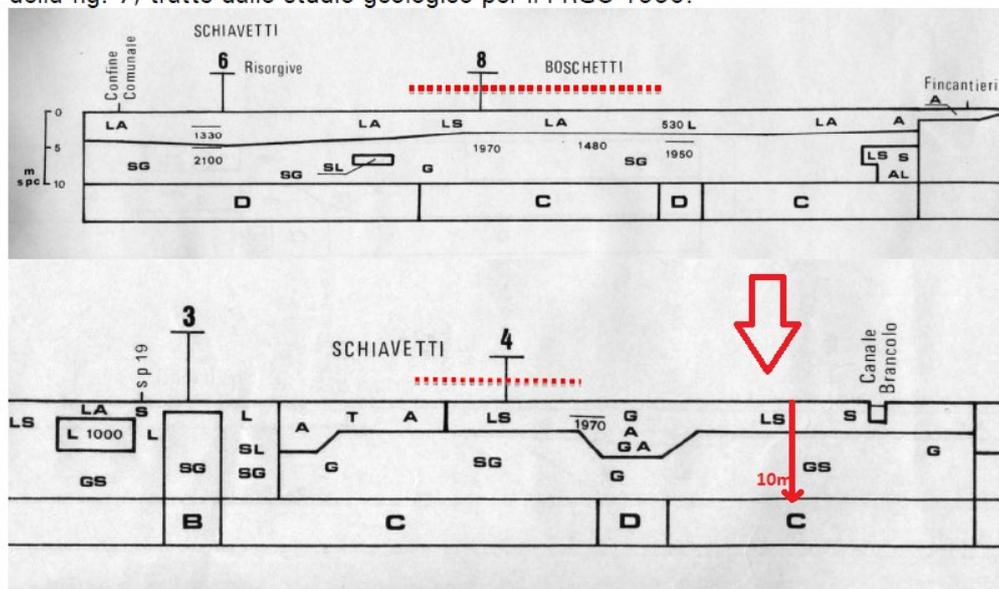


Figura 2.11: Stralcio Sezione 8 (sezione in basso) con indicazione posizione dell'area di progetto (Freccia rossa)

In particolare, la stratigrafia del sondaggio/pozzo n 7 indicato nel 'Catasto regionale dei pozzi del Friuli Venezia Giulia' (Regione Friuli Venezia Giulia, 1990), che ricade esattamente al centro dell'area di progetto (Figura 2.12), presenta una stratigrafia con ghiaie comprese tra 2,5m e 21,2m (Figura 2.13).

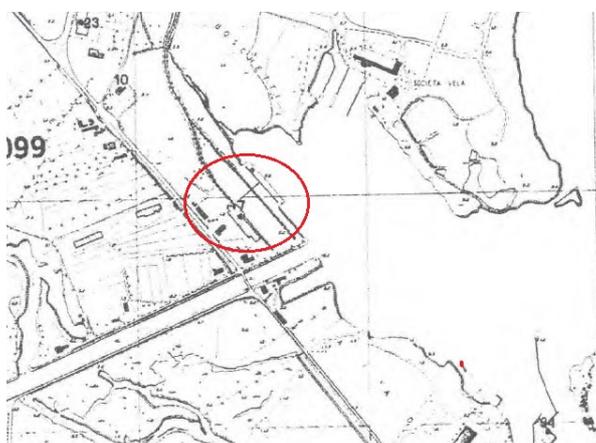


Figura 2.12: Estratto del Catasto regionale dei pozzi del Friuli Venezia Giulia con indicazione del pozzo n. 7 (Cerchiato in rosso)

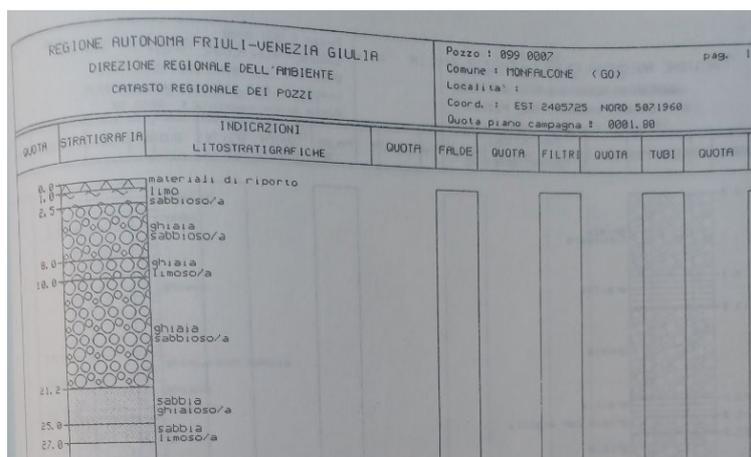


Figura 2.13: Stratigrafia pozzo n. 7 presso l'area di progetto

Altre stratigrafie (es Pozzo n. 10 'Catasto regionale dei pozzi del Friuli Venezia Giulia' (Figura 2.14), sondaggi palazzina presso via Bagni, parte nord della banchina Molino-Casillo (Figura 2.15), etc) **nell' immediato intorno dell'area di progetto riportano litologie a prevalente componente ghiaiose nei primi 20m di profondità del suolo.**

Sondaggio	Coordinate	Quota p.c.	Litologia
Sondaggio 10	E2405965 N5071740	2,2 m s.l.m.m.	
		0,0 - 1,0m	ghiaia
		1,0 - 3,5	argilla
		3,5 - 4,5	ghiaia
		4,5 - 5,5	argilla
		5,5 - 16,0	ghiaia
		16,0 - 17,0	argilla
		17,0 - 22,0	ghiaia
		22,0 - 25,0	argilla
		25,0 - 28,0	conglomerato
		28,0 - 30,5	ghiaia

Figura 2.14: Stratigrafia pozzo n. 10 presso l'area di progetto

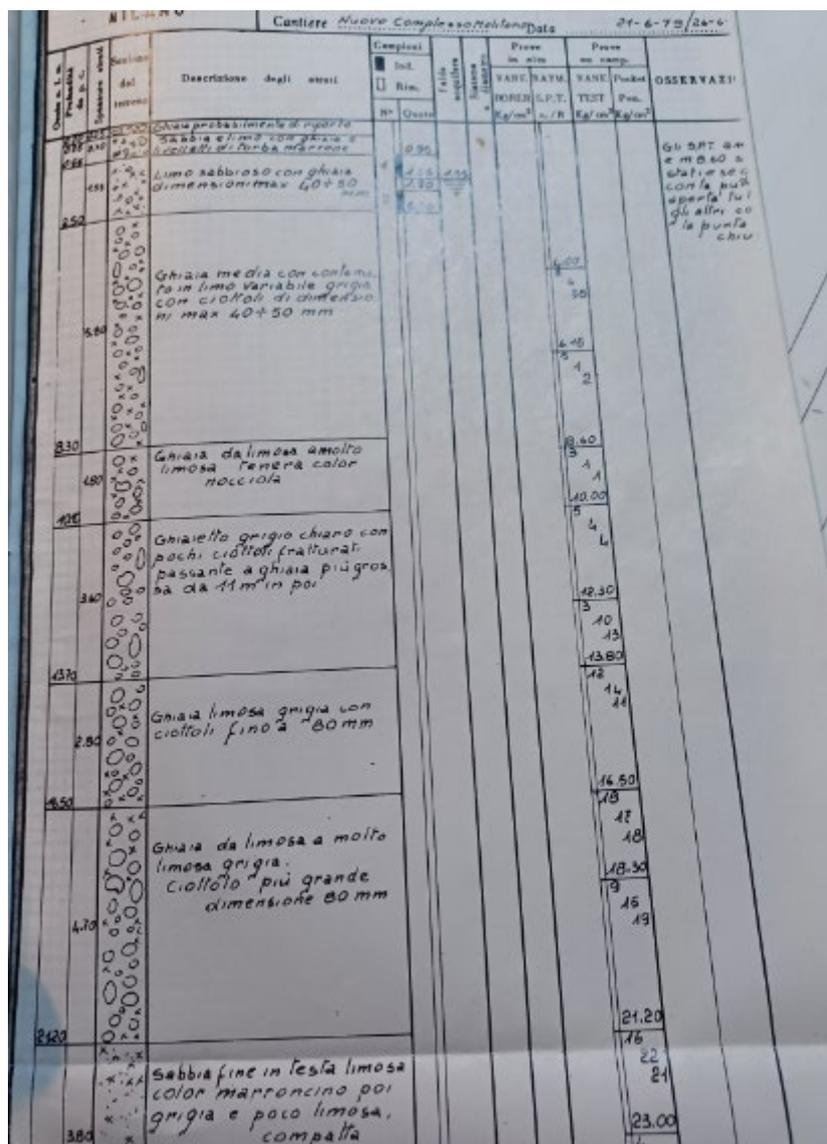


Figura 2.15: Stratigrafia sondaggio nella parte nord dell'area di progetto

CONDIZIONI DI POSSIBILE LIQUEFAZIONE DEI TERRENI DELL'AREA DI PROGETTO

Le NTC 2018 definiscono le seguenti circostanze di esclusione dalla verifica alla liquefazione, verificando che almeno una di loro sia manifestabile:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 2.16(a sopra) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in 2.16 (b sotto) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$  (Figura 2.16).

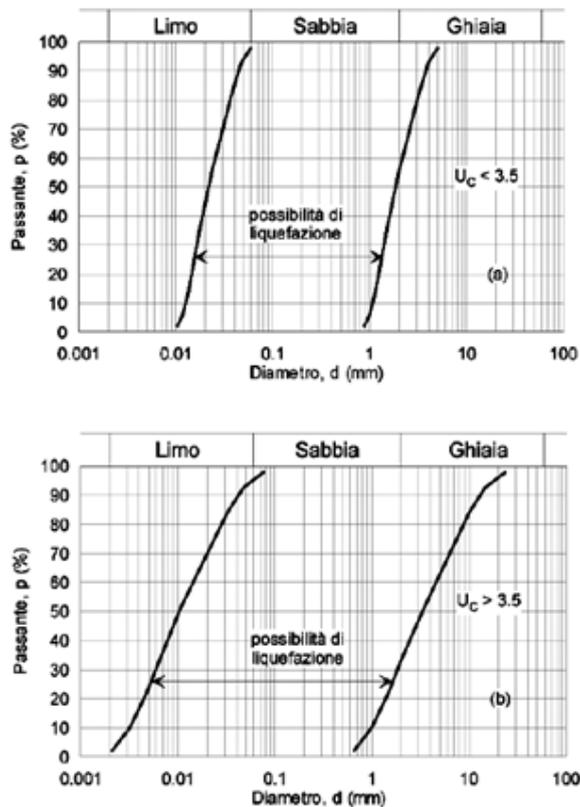


Figura 2.16: Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Nel caso in esame solo la circostanza n. 4 sopra elencate risulta soddisfatta, tenuto conto che la granulometria dei terreni dell'area di progetto (prevalentemente ghiaiosa e limo-sabbiosa con argilla in superficie) risulterebbe esterna alle zone indicate nella Fig. 2.16 (sopra) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 2.14 (sotto) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ , pertanto si escluderebbe la necessità della verifica di liquefazione.

## 2.2 INTEGRAZIONE N.11 B

L'area di progetto ricade al margine est della 'Linea delle risorgive' (Figura 2.17), ciò significa che nell'area di progetto della banchina Molino Casillo la falda risulta a piano campagna, pochi metri sopra il livello del mare.

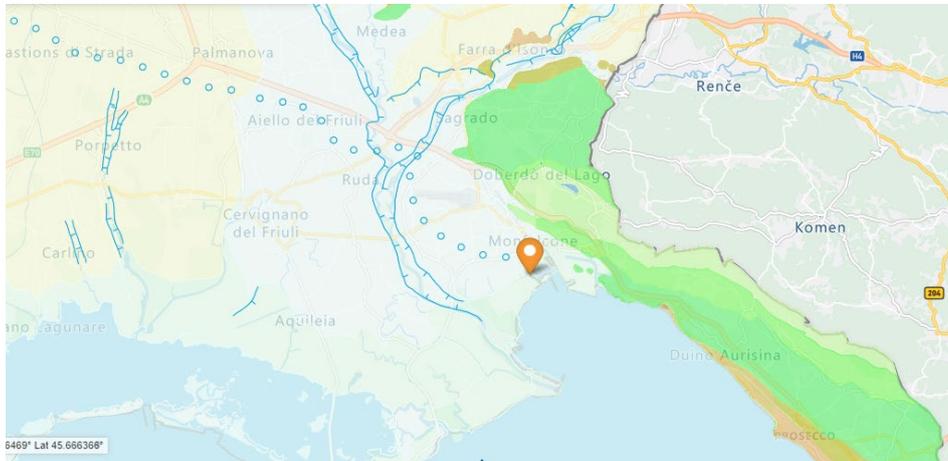


Figura 2.17: Sviluppo della linea delle risorgive (pallini celesti)

L'Alta e Bassa pianura friulana sono infatti separate dalla 'linea delle risorgive che si sviluppa lungo una direttrice Est-Ovest e rappresenta il limite dove una parte cospicua dell'acqua contenuta nella falda freatica indifferenziata dell'Alta pianura friulana risale in superficie, a causa della diminuzione della permeabilità dei litotipi costituenti il sottosuolo, dando origine a numerosi corsi d'acqua (Fiumi di risorgiva). La seguente figura (Figura 2.18) mostra la mappa dei 'Fiumi di Risorgiva' nella pianura Veneta- Friulana

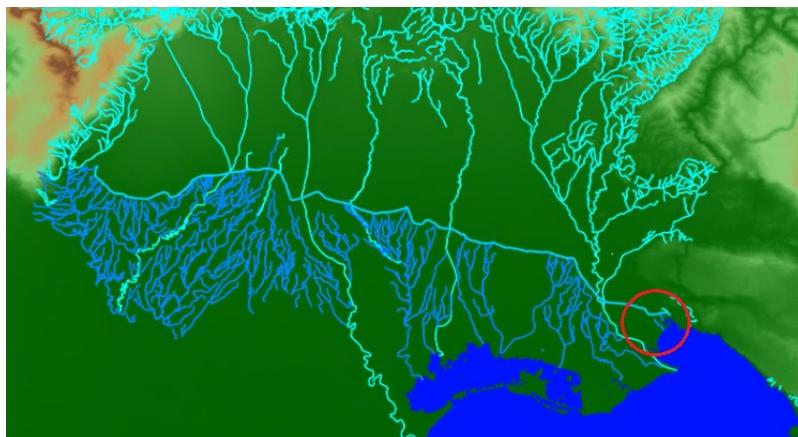


Figura 2.18: Mappa dei 'Fiumi di risorgiva' (tracce azzurre scuro) (nel cerchio rosso Area Risorgiva Schiavetti e area di progetto della banchina Molino Casillo)

Nel cerchio è indicata la zona delle risorgive 'Schiavetti' ad ovest dell'area di progetto, attraversata dal 'Fiume di risorgiva' Cavana e drenata in senso est-ovest dal canale di bonifica 'Canale Brancolo' (Figura 2.19)



**Figura 2.19: Area Risorgiva Schiavetti e area di progetto della banchina Molino Casillo**

Fino agli anni Cinquanta del Novecento, nella zona della bassa pianura si estendeva una larga area di risorgive, sorgenti di acqua nitida e fresca che sgorgano dal terreno lungo la fascia detta "linea delle risorgive" che attraversa l'intera pianura padano-veneta. Tutt'attorno terreni paludosi, zone torbose, prati umidi ed asciutti e boschetti planiziali. Questo territorio, così composto, ricopriva una superficie che è andata quasi scomparendo con le opere di bonifica ma alcuni lembi di questo paesaggio sono sopravvissuti, come quello in località Schiavetti, considerata l'area umida di origine sorgentizia collocata nel punto più settentrionale del bacino del Mediterraneo

In profondità, la falda freatica presente nell'Alta pianura si stratifica al passaggio della Bassa Pianura in una serie di acquiferi semi-confinati, confinati e artesiani, tra i quali si possono distinguere diversi acquiferi profondi.

**La falda freatica superficiale, come le falde confinate dei acquiferi profondi presentano uno scorrimento delle acque da Nord Verso Sud.**

---

## REFERENZE

Provincia di Venezia, Università di Padova, 2008, Le unità Geologiche della Provincia di Venezia. Volume 15 di Collana degli Studi geologici e di difesa del suolo della Provincia di Venezia. 184 pp. A cura di Aldino Bondesan. <https://www.politicheambientali.cittametropolitana.ve.it/pubblicazioni/le-unita-geologiche-della-provincia-di-venez> ).

ISPRA-SGI, 1951, Carta Geologica d'Italia, Foglio 40 "Gorizia" Sc. 1:100:000.

DISS Working Group, 2021, 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; doi:10.6092/INGV.IT-DISS3.2.1.

ISPRA, 2019, Working Group, Progetto ITHACA: Catalogo delle Faglie Capaci.

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016, CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>.

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), 2008, 'Mappe interattive di Pericolosità Sismica' (Progetto DPC-INGV-S1)

Regione Friuli Venezia Giulia, 1990, Catasto regionale dei pozzi del Friuli Venezia Giulia

Comune di Monfalcone, 2006, Piano Regolatore Generale Comunale



**RINA Consulting S.p.A.** | Società soggetta a direzione e coordinamento amministrativo e finanziario del socio unico RINA S.p.A.  
Via Cecchi, 6 - 16129 GENOVA | P. +39 010 31961 | [rinaconsulting@rina.org](mailto:rinaconsulting@rina.org) | [www.rina.org](http://www.rina.org)  
C.F./P. IVA/R.I. Genova N. 03476550102 | Cap. Soc. € 20.000.000,00 i.v.