

Committente:

**FERALPI Siderurgica S.p.A.**

Via Carlo Nicola Pasini, Lonato del Garda (BS)

**CO.ME.CA. Tecnologie S.p.A.**

Via Campagna Sopra, 4, 25017 Lonato BS

Progetto:

VARIANTE AL P.L. FERALPI - COMECA

Elaborato:

R1 – Relazione geologica ai sensi del D.M. 17.01.2018 NTC**R3 – Relazione geologica ai sensi della DGR IX/2616/2011**

N. COMMESSA:	DATA:	Documento:						
<table border="1"><tr><td>2</td><td>4</td><td>0</td><td>1</td><td>9</td></tr></table>	2	4	0	1	9	giugno 2026	UNICO	
2	4	0	1	9				
REDAZIONE:  Ing. Silvano ROSSATO Geol. Claudio LEONCINI Geom. Giulio ZAMPINI Geom. Nicola CORDIOLI SEDE LEGALE: Viale Cristoforo Colombo, 131 37138 Verona Cod. Fisc. - P. IVA 0308 5450 231 UFFICIO TECNICO: Via Osteria Grande, 61 37066 Sommacampagna (VR) Tel. 045 510288 - Fax. 045 510514 e-mail: info@psvsrl.com   ISO 9001 - ISO 45001		A CURA DI: Dott. Geol. Claudio LEONCINI 		IL COMMITTENTE: FERALPI Siderurgica S.p.A. CO.ME.CA. Tecnologie S.p.A.				

0	26/06/2026	Emissione per approvazione	B.L.	L.C.	L.C.
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTAMENTE PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DELLA SOCIETA' P.S.V. S.r.l. OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE.
THIS DOCUMENT MAY NOT BE COPIED, REPRODUCED OR PUBLISHED, EITHER IN PART OR IN ITS ENTIRETY, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF P.S.V. S.r.l. UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTED BY LAW.

Comune di Lonato d/G

Provincia di Brescia

Committente:



CO.ME.CA. Tecnologie S.p.A.
Via Campagna Sopra, 4, 25017 Lonato BS



FERALPI Siderurgica S.p.A.
Via Carlo Nicola Pasini, Lonato del Garda (BS)

Progetto:

VARIANTE AL P.L. FERALPI - COMECA

Elaborato:

R1 – Relazione geologica ai sensi del D.M. 17.01.2018 NTC

R3 – Relazione geologica ai sensi della DGR IX/2616/2011

Sommacampagna, giugno 2026

a cura di: Dott. Geol. Claudio LEONCINI



INDICE

PREMESSA	3
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
1. INTERVENTO IN PROGETTO	5
2. R1 - RELAZIONE GEOLOGICA AI SENSI DEL DM 17/01/2018	6
2.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	6
2.2. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI E LITOLOGICI	8
2.3. IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA	11
2.4. INDAGINI GEOGNOSTICHE DI RIFERIMENTO	17
2.5. MODELLO GEOLOGICO LOCALE	19
2.6. MODELLO GEOTECNICO LOCALE	19
3. R3 - RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITÀ AI SENSI DELLA DGR 2616/2011	22
3.1. PIANIFICAZIONE COMUNALE: P.G.T. COMUNE DI LONATO DEL GARDA	22
3.2. RETE NATURA 2000	24
3.3. VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO	25
3.4. CARATTERI SISMOGENETICI DELL'AREA	29
3.5. SORGENTI SISMOGENETICHE	30
3.6. ZONAZIONE SISMICA	33
3.7. AZIONE SISMICA	36
3.8. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	39
4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	41

PREMESSA

La presente relazione, condotta su incarico e per conto delle Ditte **FERALPI Siderurgica S.p.a. e CO.ME.CA. Tecnologie S.p.a.**, riguarda la caratterizzazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e stratigrafica dei terreni oggetto della "VARIANTE AL P.L. FERLPI-COMECA" in Comune di Lonato del Garda.

Lo scopo del presente documento è definire il modello geologico del sito, in ottemperanza al **D.M. 17 gennaio 2018 (N.T.C.)**, che al punto 6.2.1 indica che *"la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve comprendere la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio"*, **in modo tale da valutarne la compatibilità con le opere in progetto.**

Lo studio si è, pertanto, articolato nei seguenti punti:

- raccolta ed analisi delle Letteratura geologica esistente;
- raccolta ed analisi delle indagini geognostiche eseguite in siti limitrofi;
- stesura della presente relazione tecnica, che ha fatto riferimento ai documenti richiesti:
 - o R1 – Relazione geologica ai sensi del D.M. 17.01.2018 NTC
 - o R3 – Relazione geologica ai sensi della DGR IX/2616/2011 R1.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nella redazione della presente relazione ci si è attenuti alle prescrizioni della Normativa vigente, in particolare:

- **D.M. LL.PP. 11/03/1988:** "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- **Circ. Min. LL.PP. 24/09/1988 n. 30483:** "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce; la stabilità dei pendii e delle scarpate, e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione";
- **Circ. Min. LL.PP. 09/01/1996 n. 218/24/3:** "Legge 2 febbraio 1974 n. 64. Decreto Min. LL.PP. 11 marzo 1988. Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica";
- **Ordinanza O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003:** "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche";
- **Ordinanza O.P.C.M. n. 3519 del 28 aprile 2006:** "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone";
- **D. Min. Infrastrutture e trasporti del 14/01/2008:** "Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC)";
- **Circ. Min. LL. PP. 2 febbraio 2009 n. 617:** "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni";
- **D. Min. Infrastrutture e trasporti del 17/01/2018:** "Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni (NTC)";
- **Min. Infrastrutture e trasporti - Circ. 21 gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP.:** "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle 'Norme tecniche per le costruzioni'» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018";
- **Componente geologica del Piano di Governo del Territorio (P.G.T.) di Lonato del Garda;**
- **D.G.R. 30 novembre 2011 - n. IX/2616;**
- **D.G.R. 11 luglio 2014 - n. X/2129;**
- **D.G.R. 30 marzo 2016 - n. X/5001.**

1. INTERVENTO IN PROGETTO

Il progetto prevede la demolizione della cascina esistente, ormai in totale stato di abbandono e degrado, come risulta dalle foto di figura 1, la riorganizzazione funzionale dell'area, l'adeguamento della viabilità e la realizzazione di nuovi parcheggi.



Figura 1: viste della cascina

Nella figura seguente si riporta un estratto della tavola contenente la planimetria dello stato di progetto.

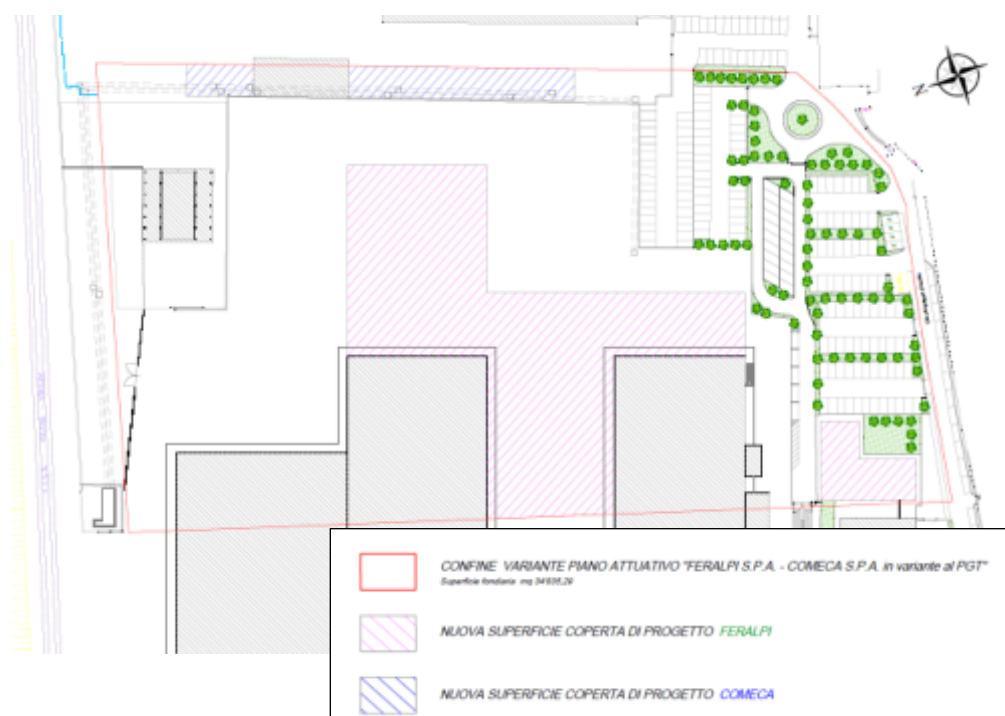


Figura 2: planimetria stato di progetto

2. R1 - RELAZIONE GEOLOGICA AI SENSI DEL DM 17/01/2018

2.1. Inquadramento territoriale

Il sito in studio, corrisponde ad un ampio lotto di terreno, ubicato nel territorio comunale di Lonato del Garda, in provincia di Brescia, circa 1 km a sud-ovest rispetto al centro abitato.

L'area è limitata a Nord dalla linea ferroviaria Milano-Venezia ed a una distanza di circa 300 m a nord del tracciato dell'autostrada A4 "Brescia-Padova".

Le quote topografiche assolute dell'area di intervento, risultano essere pari a circa 144÷145 m s.l.m.



Figura 3: Ortofoto con ubicazione del sito d'intervento (fonte: Google Earth)

Dal punto di vista cartografico l'area è compresa nel Foglio n. 48 III NO "Desenzano del Garda" della Carta Topografica d'Italia, edita dall'Istituto Geografico Militare, alla scala 1:25.000.

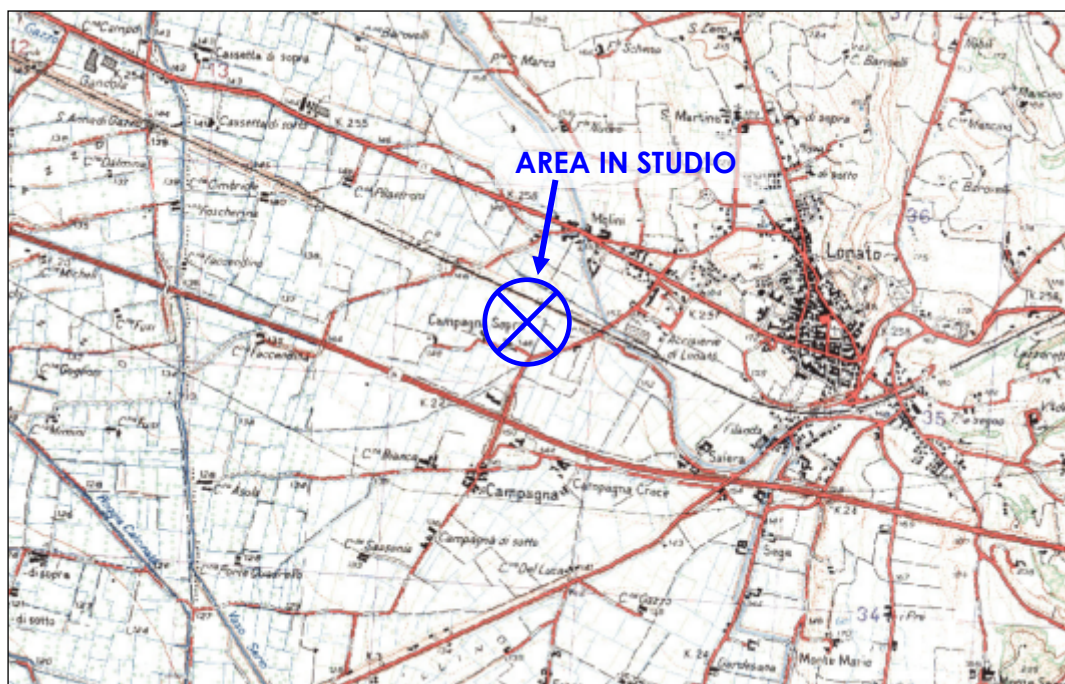


Figura 4: Stralcio della carta I.G.M. scala 1:25.000, tavoletta 48 III NO "Desenzano d/G"

Per un maggiore dettaglio, il riferimento è la Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000, prodotta dalla Regione Lombardia sezione D6e2 "Lonato".

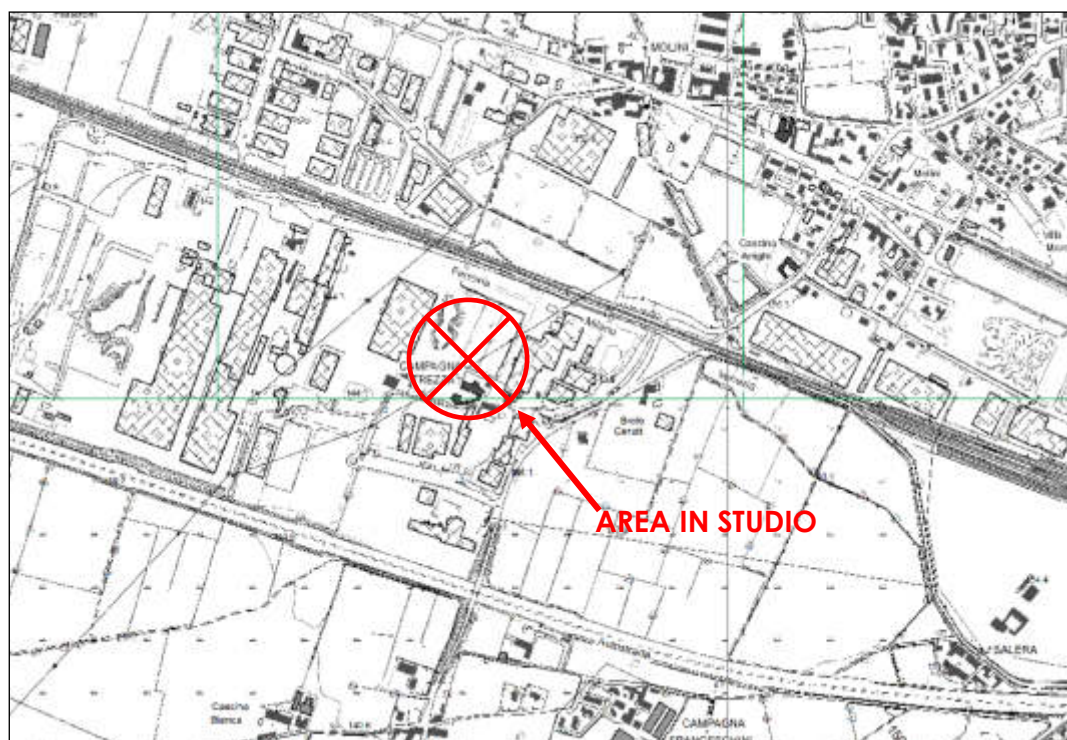


Figura 5: Stralcio della Carta Tecnica Regionale scala 1:10.000 prodotta dalla Regione Lombardia, sezione D6e2 "Lonato"

Per l'individuazione catastale si rimanda agli elaborati di progetto.

2.2. Lineamenti geomorfologici e litologici

Dal punto di vista **geomorfologico**, l'area in esame si inserisce nell'ambito denominato "piana fluvioglaciale occidentale di Lonato", caratterizzata da un ampio settore da pianeggiante a sub-pianeggiante, formatosi a seguito del ritiro dei ghiacciai più antichi (Fase di Carpenedolo) e successivamente recettore delle acque di scioglimento dei ghiacciai delle fasi più recenti, nonché della successiva rete idrografica olocenica.

Dal punto di vista **litologico**, nell'area in esame prevalgono i depositi fluvioglaciali frontali alle cerchie moreniche, costituiti da sedimenti che sono stati depositi in un ambiente ad elevata energia. Solitamente, questi sedimenti sono composti da ghiaie in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa, con ciottoli sub-arrotondati e sub-angolari, talora stratificati.

Secondo quanto riportato nella "**Carta Geologica d'Italia**" Foglio n. 48 – "PESCHIERA DEL GARDA, scala 1:100.000, di cui si riporta uno stralcio in *Figura 6*, l'area in oggetto è posta al limite tra le *Alluvioni fluvio-glaciali e fluviali, prevalentemente ghiaiose, alterate per oltre un metro in argille rossastre, risalenti al Riss antico; terrazzate e sospese di 40 o più metri, si raccordano con le cerchie moreniche rissiane più esterne dell'anfiteatro del Garda e di quello atesino di Rivoli Veronese (fg^{R1})*, e le *Alluvioni fluvio-glaciali e fluviali da molto grossolane a ghiaiose con strato di alterazione superficiale argilloso di ridotto spessore, di età rissiana (fg^{R2})*.

La *Relazione Geologica*, facente parte degli elaborati relativi alla componente geologica del P.G.T. di Lonato, definisce le litologie presenti come:

- Depositi fluvioglaciali frontali alle cerchie interne (Us1f5): questi sedimenti, depositi in un ambiente ad elevata energia non presentano, di norma, la coltre superficiale limoso-sabbiosa. Sono costituiti da ghiaie a supporto clastico con matrice sabbiosa; i ciottoli sono da arrotondati a sub-angolari e si presentano talora stratificati. Essi costituiscono l'estesa piana fluvioglaciale occidentale, costituendo un potente corpo ghiaioso sabbioso.

Tali litologie sono visibili nell'estratto della **"Carta Geologica con elementi Geomorfologici"** allegata al P.G.T. del Comune di Lonato del Garda riportato in Figura 7.



Figura 6: Estratto dalla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 – Foglio n. 48 "Peschiera del Garda" (fuori scala)

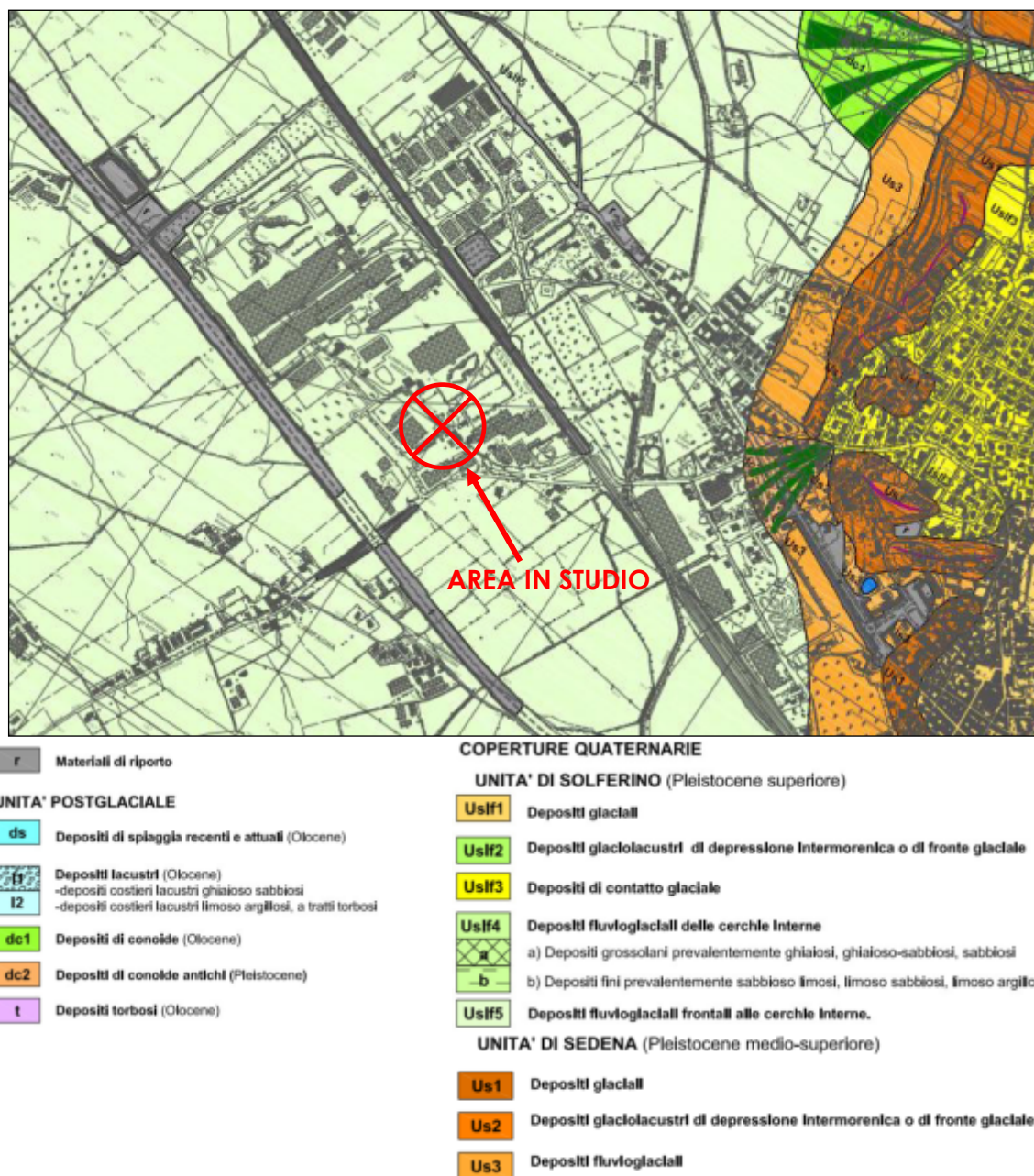


Figura 7: Stralcio della Carta Geologica con elementi geomorfologici allegata al P.G.T. del comune di Lonato d/G

2.3. Idrografia ed idrogeologia

L'elemento idrografico principale è rappresentato dal Fiume Chiese che scorre con direzione nord-sud ad una distanza di circa 4,3 Km ad ovest del sito in studio.

Inoltre, nelle zone agricole l'idrografia superficiale è completata da una fitta rete di canali, fosse e rogge ad uso irriguo, alcune delle quali prendono origine dai corsi d'acqua principali; nelle zone urbanizzate, l'azione antropica ha generalmente prodotto il tombinamento della rete idrografica minore.

Nelle vicinanze dell'area in studio importante è la roggia Lonata con le sue numerose diramazioni.



Figura 8: Reticolo idrografico (fonte: Geoportale Lombardia)

Nell'area della piana occidentale di Lonato, l'**assetto idrogeologico** risulta riferibile ai sistemi di acquiferi della pianura padana, in funzione dello spessore e della tipologia dei depositi fluvioglaciali, nonché della posizione esterna rispetto alle cerchie moreniche principali.

Il modello idrogeologico di riferimento per questo settore di pianura è quello di un acquifero di tipo multistrato, circolante entro i depositi quaternari, in cui i diversi orizzonti acquiferi sono costituiti da livelli ghiaioso-sabbiosi e conglomeratici fessurati separati da intervalli argillosi, argilloso-limosi o conglomeratici compatti (aquitardi).

La presenza di orizzonti a minore permeabilità determina un deflusso preferenziale dell'acqua nei litotipi più permeabili e, di conseguenza, una circolazione idrica sviluppata preferenzialmente in livelli sovrapposti e, su larga scala, in connessione idrogeologica ed in equilibrio.

Si può riconoscere un acquifero superficiale corrispondente per lo più alla falda freatica, di norma bene alimentata e con una buona potenzialità che si sviluppa entro l'unità più recente ghiaioso-sabbiosa e ricca di ciottoli; essa risulta captata da numerosi pozzi.

L'alimentazione della falda freatica deriva essenzialmente dall'infiltrazione diretta delle acque meteoriche nelle zone di ricarica, che comprendono anche la pianura fluvio-glaciale esterna alla cerchia di Lonato, e dall'apporto degli acquiferi circolanti negli ambiti collinari. Un contributo è rappresentato dalle acque di dispersione in subalveo, della rete idrica superficiale, compresa la rete artificiale irrigua.

La direzione del deflusso ipogeo si orienta da N-NE verso S-SW e da N-E verso S-W, con debole gradiente piezometrico.

La soggiacenza della falda freatica subisce delle naturali oscillazioni stagionali in funzione della piovosità, con valori massimi di norma posti in corrispondenza del periodo primaverile e minimi nel periodo autunnale.

Al sistema acquifero multistrato semi-confinato o confinato sono da riferire le falde medie e profonde presenti a partire da circa 60 ÷ 70 m dal p.c., al di sotto di un livello argilloso-limoso, talora discontinuo, che costituisce localmente la base del sovrastante acquifero freatico o superficiale.

Oltre tale profondità sono presenti, nel settore settentrionale e centrale del territorio, orizzonti conglomeratici, compatti o fessurati, alternati a lenti ghiaiose o ghiaioso-sabbiose, e nel settore meridionale orizzonti limosi o limoso-argillosi alternati ad intervalli ghiaioso-sabbiosi.

La “**Carta Idrogeologica con indicazioni sulla vulnerabilità degli acquiferi superficiali**” allegata al P.G.T. (Figura 10), individua l'area di interesse come caratterizzata da depositi grossolani prevalentemente ghiaioso-sabbiosi, a permeabilità elevata e con caratteristiche di vulnerabilità mediamente alte.

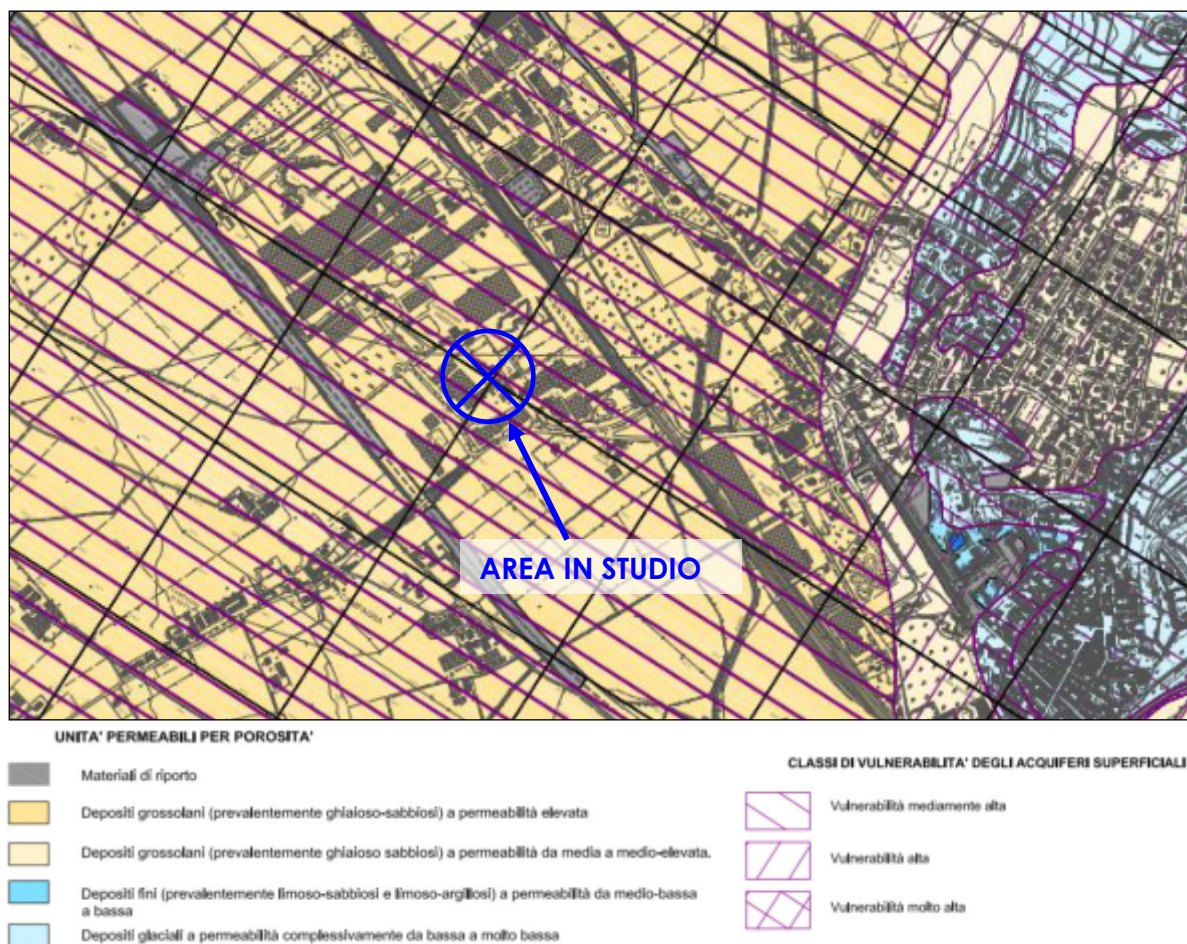


Figura 9: Stralcio della Carta Idrogeologica allegata al P.G.T. del comune di Lonato d/G

Nella “**Carta di inquadramento idrogeologico con ubicazione dei pozzi ed indicazione sulla profondità degli acquiferi emunti**”, allegata al P.G.T. si osserva che l'area in studio ricade entro l'ambito della pianura occidentale di Lonato, frontale alle cerchie interne; le linee isofreatiche evidenziano una quota della falda superficiale pari a 90 m s.l.m. con direzione NE-SSW ed indica la presenza di n. 2 pozzi privati LO-053 e LO-054 nei pressi del sito di interesse.



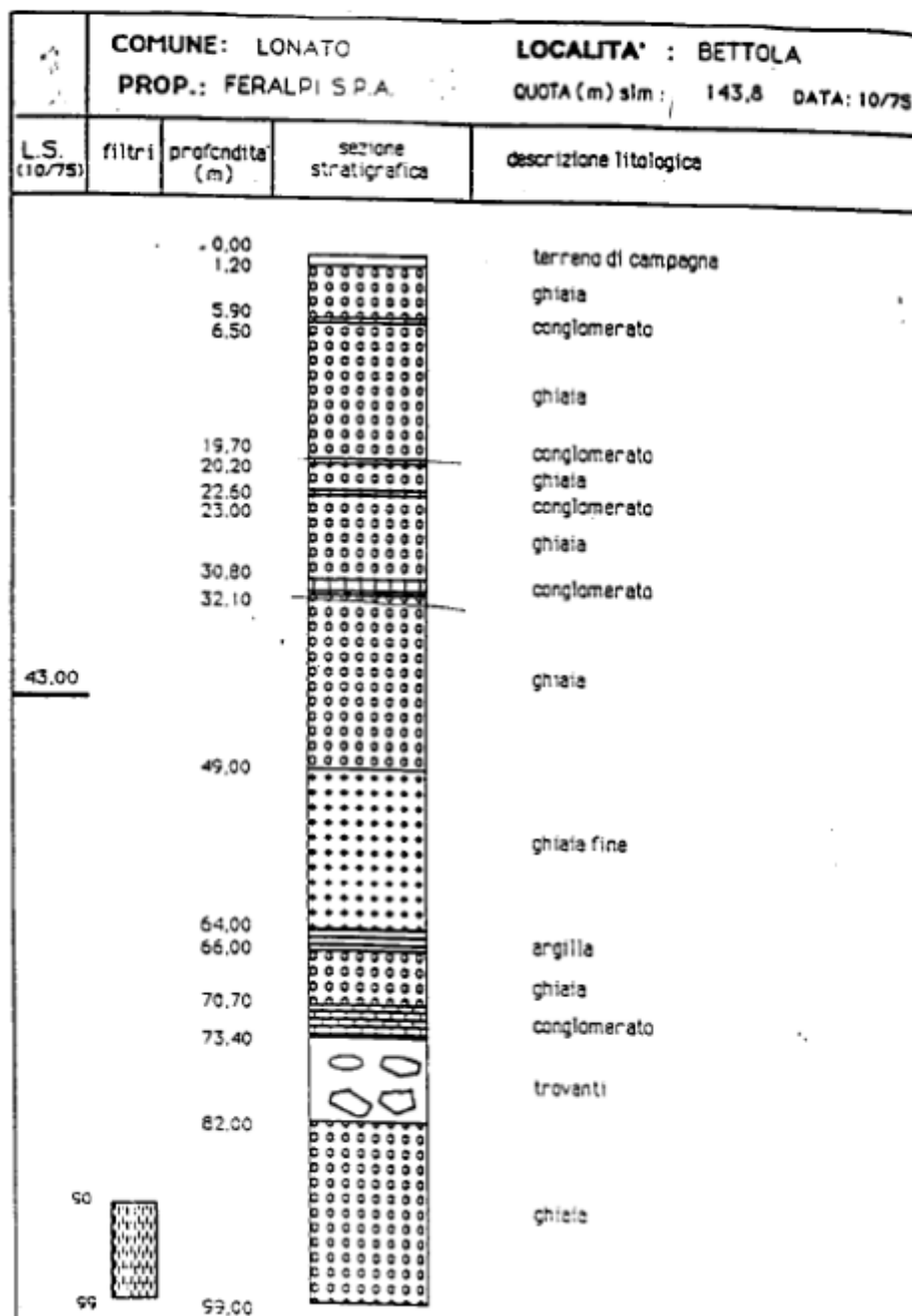
Figura 10: Stralcio della Carta di inquadramento idrogeologico allegata al P.G.T. del comune di Lonato d/G

Nello schema che segue, riportiamo le caratteristiche e le stratigrafie dei pozzi indicati sopra; nel pozzo Lo-053 si osserva un livello statico pari a 43 metri mentre per Lo-054 un livello pari a 62,8 metri.

	Proprietà	Località	stratigrafia	quota s.l.m.	prof. (m)	l.s. (m da p.c.)	l.d. (m da p.c.)	portata (l/s)	Filt n°	diam	aquifero	anno di esecuzione	Ditta esecutrice	N° Prat. G.C.
LO-053	Feralpi		x	143,8	99	43			1	400	m	1975		793
LO-054	Comeca spa	Campagna	x	147	102	62,8	63,3		9	170	m		MALINI	

Dott. Geol. Giorgio Crestana
STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA ED AMBIENTALE

LO-053



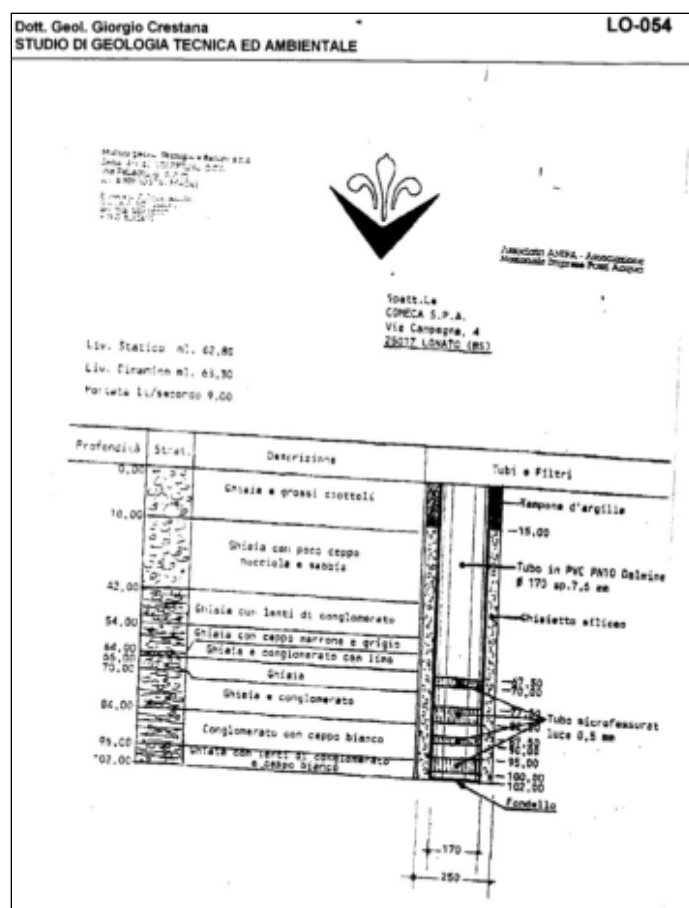


Figura 11: Stratigrafie pozzi – documento allegato al P.G.T. del Comune di Lonato del Garda

Nel seguito si riporta un estratto della tavola “Sezioni Idrogeologiche” allegata al P.G.T., in cui è indicata la stratigrafia in corrispondenza del pozzo LO-054:

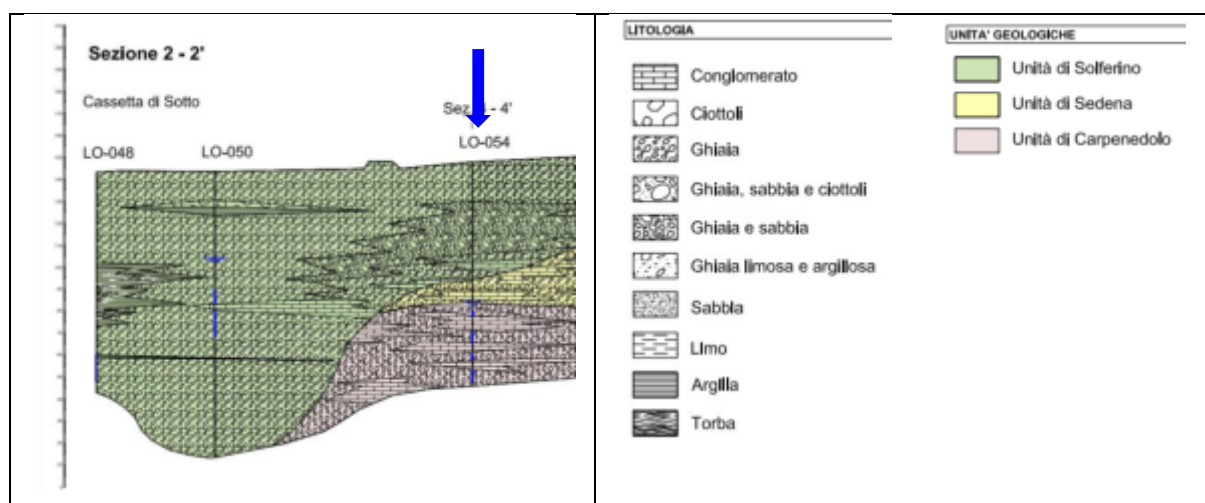


Figura 12: Estratto della tavola “Sezioni Idrogeologiche” allegato al P.G.T. del Comune di Lonato del Garda

2.4. Indagini geognostiche di riferimento

L'area dello stabilimento FERALPI, posta in fregio all'area di interesse, è stata indagata mediante numerose indagini a scopo sia geotecnico sia ambientale. La figura seguente mostra l'ubicazione delle indagini più prossime al sito considerato in progetto: per le finalità di questo studio saranno utilizzati i sondaggi **S.2** e **S.11**, per la presenza di prove SPT in foro, un test di Nakamura (**HVSR**) e uno stendimento di sismica passiva (**Re.Mi.**).



Figura 13: Ubicazione indagini di riferimento

Le figure seguenti mostrano le stratigrafie dei suddetti sondaggi, la sismo-stratigrafia ricavata con l'indagine Re.Mi. e le curve spettrali delle componenti singole ottenute dal test di Nakamura.

Al di sotto di uno strato di riporto o di alterazione superficiale, i terreni naturali sono rappresentati da ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa, debolmente limosa.

La categoria di sottosuolo dedotta dalla Re.Mi. è sicuramente la **B**.

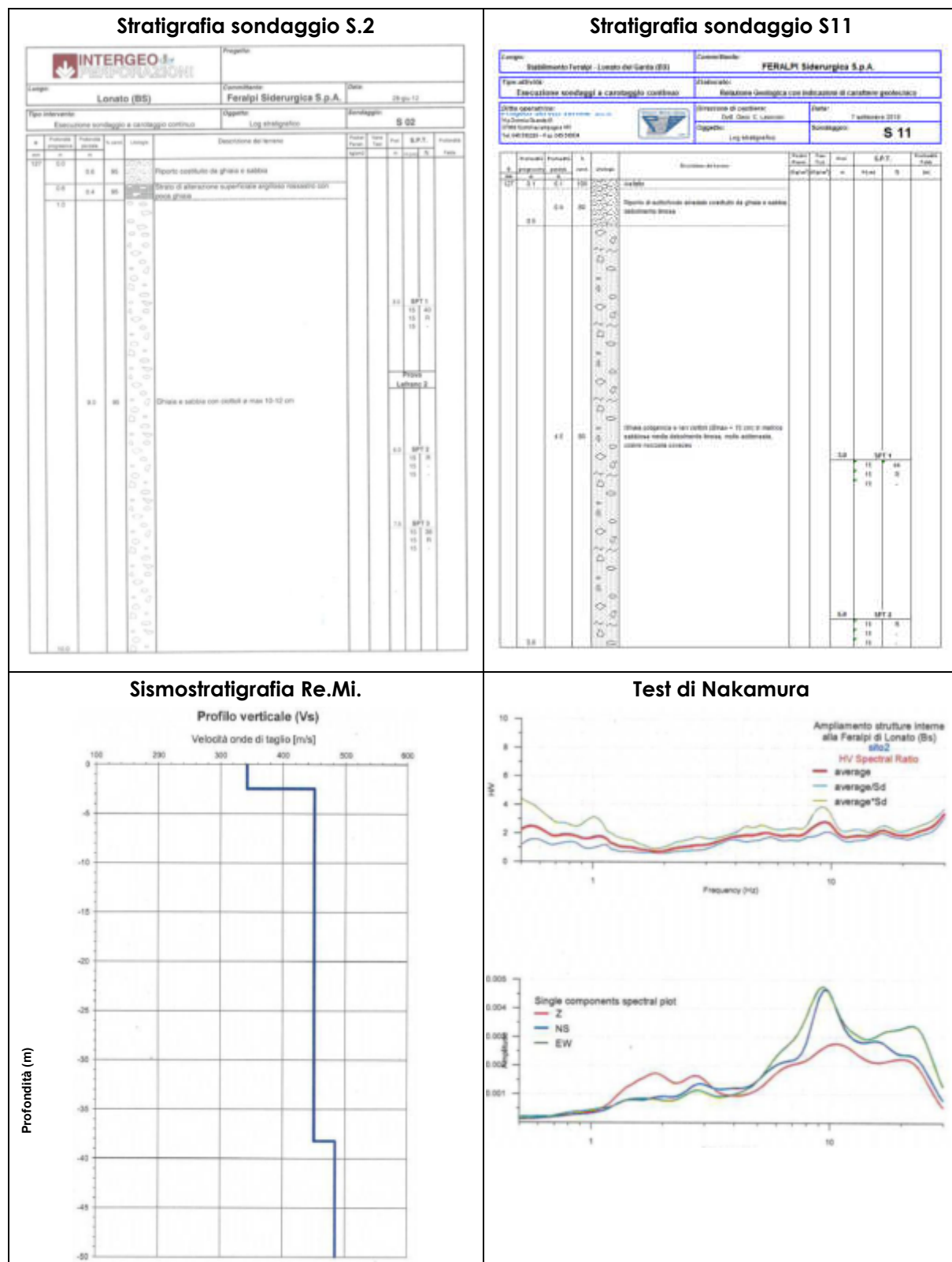


Figura 14: risultati indagini di riferimento

2.5. Modello geologico locale

In base alle indagini eseguite in zone limitrofe all'area in studio e grazie ad un'ampia bibliografia disponibile, per la definizione del modello geologico locale si può fare riferimento alla tabella che segue.

In particolare, il sottosuolo dell'area considerata risulta caratterizzato dalla presenza di uno strato di alterazione superficiale e/o di riporto a cui segue una potente coltre di depositi naturali di origine fluvioglaciale (ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa) che risultano omogenei su tutta l'area indagata.

Strato	Prof. (m da p.c.)	Litologia	Livelli saturi
1	0,0 – (0,5÷1,0)	Terreno vegetale e/o di alterazione superficiale. Talora riporto	assenti
2	(0,5÷1,0)– decine di metri	Ghiaia e ciottoli poligenici in abbondante matrice sabbiosa e sabbioso-limosa, molto addensate	

Tabella 1: Modello geologico

2.6. Modello geotecnico locale

Per modello geotecnico si intende uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisico meccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo. I parametri geotecnici attribuibili a tali terreni, sono schematizzati nella successiva tabella, i cui valori sono stati desunti da pregresse indagini di natura geotecnica eseguite in aree limitrofe.

Strato	Profondità (m da p.c.)	Litologia	ϕ (°)	c_u (kPa)	γ_{nat} (kN/m ³)
1a	0,0 – (0,5÷1,0)	Terreno vegetale e/o di alterazione superficiale. Talora riporto	-	-	18
2	(0,5÷1,0)– decine di metri	Ghiaia e ciottoli poligenici in abbondante matrice sabbiosa e sabbioso-limosa, molto addensate	35	-	19

ϕ = angolo di attrito, c_u = coesione non drenata, γ_{nat} = peso di volume del terreno

Tabella 2: Modello geotecnico locale

Nella "**Carta di ubicazione delle indagini e di prima caratterizzazione geotecnica dei terreni**" allegata al P.G.T. del Comune di Lonato del Garda, sono rappresentate le caratteristiche geotecniche del territorio derivate dall'incrocio dei dati acquisiti mediante indagini geognostiche eseguite sul territorio comunale di Lonato d/G e le conoscenze litostratigrafiche delle singole unità presenti.

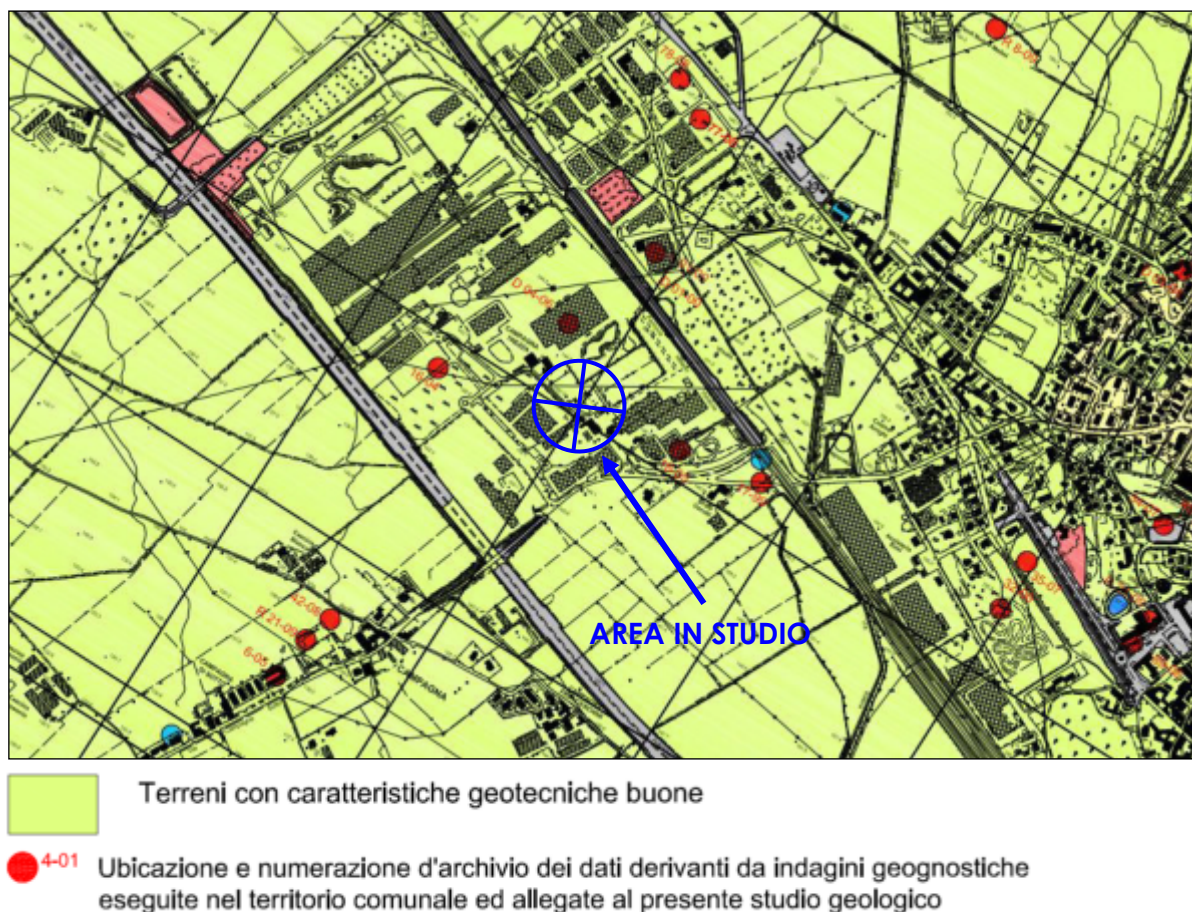


Figura 15: Stralcio della "Carta di ubicazione delle indagini e di prima caratterizzazione geotecnica dei terreni" allegata al P.G.T. di Lonato del Garda

L'area in oggetto risulta caratterizzata da **terreni con caratteristiche geotecniche buone**.

Inoltre, la "Relazione geologica" a supporto del P.G.T. del Comune di Lonato del Garda fornisce una stima orientativa dei parametri geotecnici relativi ai depositi fluvioglaciali della piana occidentale definiti "terreni con caratteristiche geotecniche buone".

Nella figura seguente si riporta la parametrizzazione media di tali terreni.

γ	19-21 kN/m ³	peso unitario del terreno
Cu	0 kPa	coesione non drenata
ϕ	32°-36°	Angolo di resistenza al taglio efficace
Dr	70%- 100%	densità relativa (Skempton)
Vp	1200-1500 m/sec	Velocità delle onde longitudinali (P)
Vs	400-500 m/sec	Velocità delle onde trasversali (S)

*Figura 16: Caratteristiche geotecniche dei depositi fluvioglaciali della piana occidentale-
Relazione geologica P.G.T. Comune di Lonato del Garda*

3. R3 - RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITÀ AI SENSI DELLA DGR 2616/2011

3.1. Pianificazione comunale: P.G.T. Comune di Lonato del Garda

Il Piano di Governo del Territorio (P.G.T.) del Comune di Lonato del Garda è lo strumento di pianificazione che delinea le scelte strategiche di assetto e sviluppo del territorio comunale e individua le specifiche vocazioni e invarianza di natura geologica, geomorfologia, idrogeologica paesaggistica e ambientale.

Dall'analisi della *"Carta del Sistema dei Vincoli"* allegata al P.G.T. del Comune di Lonato del Garda, di cui si riporta un estratto in *Figura 17*, ossia la tavola ricognitiva di tutti i vincoli gravanti sul territorio derivanti da leggi nazionali e regionali, non si evidenziano particolari limitazioni per l'area in studio, ad eccezione della presenza di fasce di rispetto per fiumi (reticolo secondario).

La **fattibilità geologica** sintetizza le penalità ai fini edificatori in rapporto alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area, ed anche in considerazione dei dissesti in atto e potenziali. Tale tematismo è contenuto nella *"Carta della Fattibilità geologica"* allegata al P.G.T. del Comune di Lonato del Garda.

L'area di intervento rientra in una **Classe di fattibilità 1 (bianca) "senza particolari limitazioni"**, (*"aree prevalentemente pianeggianti o a debole pendenza, con caratteristiche geotecniche dei terreni da buone a mediocri"*).



Figura 17: Stralcio della "Carta del Sistema dei Vincoli" allegata al P.G.T. di Lonato del Garda



Figura 18: Stralcio della "Carta della fattibilità geologica" allegata al P.G.T. del Comune di Lonato del Garda

3.2. Rete natura 2000

Rete Natura 2000 è il principale strumento della politica dell'Unione Europea per la conservazione della biodiversità, è costituita da Siti di Interesse Comunitario (**SIC**) individuati sulla base della presenza di specie animali, vegetali e habitat tutelati dalle Direttive comunitarie 79/409/CEE "Uccelli", sostituita dalla Direttiva 2009/147/CE, e 92/43/CEE "Habitat", che vengono successivamente designati quali Zone Speciali di Conservazione (**ZSC**) e Zone di Protezione Speciale (**ZPS**). Stati e Regioni stabiliscono per i SIC e le ZPS misure di conservazione sotto forma di piani di gestione specifici o integrati e misure regolamentari, amministrative o contrattuali.

Piani e progetti previsti all'interno di SIC e ZPS e suscettibili di avere un'incidenza significativa sui Siti della Rete Natura 2000 devono essere sottoposti alla procedura di valutazione di incidenza. L'area entro cui ricade il sito in studio non rientra in nessuna delle zone della Rete Natura 2000.

3.3. Valutazione del rischio idrogeologico

La **Legge 3 Agosto 1998 n° 267** e successive modifiche ed integrazioni prevede che *“le autorità di bacino di rilievo nazionale e interregionale e le regioni per i restanti bacini adottano, ... piani stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico ... che contengano in particolare la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico e la perimetrazione delle aree da sottoporre a misure di salvaguardia...”*

Il metodo per la valutazione del rischio, dipendente dai fenomeni di carattere idrogeologico, viene indicato dal **D.P.C.M. 29 settembre 1998**, mentre la **legge 11 dicembre 2000 n° 365**, individua una nuova procedura per l'approvazione dei P.A.I. e sancisce una data limite per l'adozione degli stessi; quest'ultima deve avvenire entro e non oltre sei mesi dalla data di adozione del relativo progetto di piano.

In tale quadro normativo, l'AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, ente competente per il territorio comunale di Lonato del Garda, ha elaborato il **PROGETTO DI PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO**, adottato dal Comitato Istituzionale con deliberazione n. 01 del 12 maggio 1999, e approvato con D.C.P.M. 24 maggio 2001.

Per quanto riguarda la zona in studio, la documentazione relativa alle modifiche ed integrazioni al progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) individua un **rischio idraulico e idrogeologico R2 medio**.

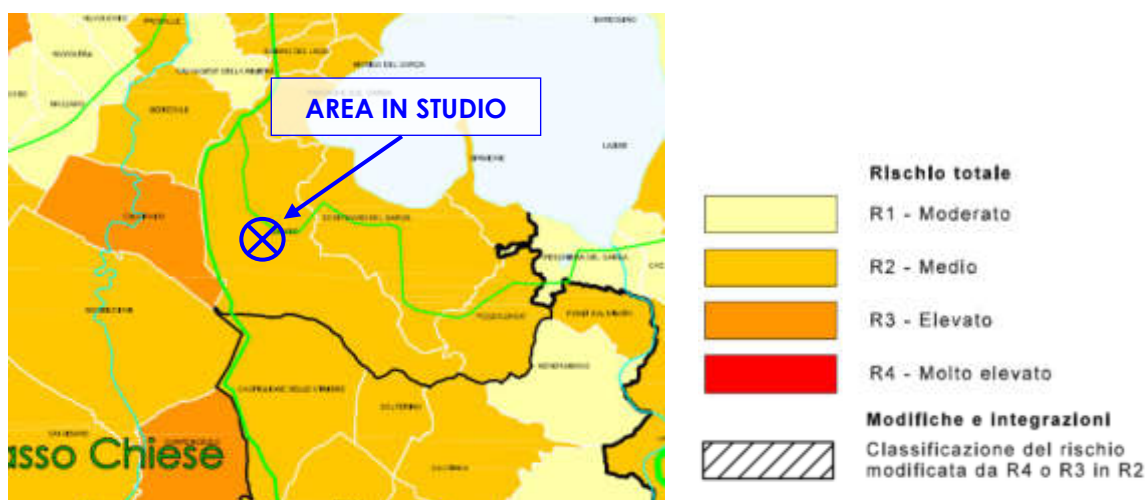


Figura 19: Stralcio Tav.6-II - Rischio Idraulico e idrogeologico AGGIORNAMENTO Modifiche ed integrazioni al progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

La Direttiva Europea 2007/60/CE ("Direttiva alluvioni"), recepita con D. Lgs. 49/2010, ha dato avvio ad una nuova fase della politica nazionale per la gestione del rischio legato alle alluvioni, attuata dal **Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)**.

Il PGRA, introdotto dalla Direttiva, per ogni distretto idrografico dirige l'azione sulle aree a rischio più significativo, organizzate e gerarchizzate rispetto all'insieme di tutte le aree a rischio e definisce gli obiettivi di sicurezza e le priorità di intervento a scala distrettuale, di concerto tra tutte le amministrazioni e gli enti gestori.

In particolare il PGRA fornisce le mappe di pericolosità e le mappe di rischio che mostrano rispettivamente le aree geografiche soggette a possibili allagamenti e le potenziali conseguenze negative secondo diversi scenari:

- alluvioni **rare L** (TR= fino a 500 anni);
- alluvioni **poco frequenti M** (TR=100 - 200 anni);
- alluvioni **frequenti H** (TR=30 - 50 anni).

La mappatura della pericolosità è differenziata per i diversi ambiti territoriali:

- reticolo principale (**RP**);
- reticolo secondario collinare e montano (**RSCM**);
- reticolo secondario di pianura (**RSP**);
- aree costiere marine (**ACM**);
- aree costiere lacuali (**ACL**).

Gli elementi esposti ricadenti entro le aree allagabili sono classificabili secondo n. 4 gradi di rischio crescente, da R1 moderato a R4 molto elevato.

Come si evidenzia nelle seguenti figure, secondo le carte del Piano di gestione Rischio Alluvioni attualmente vigente, **l'area in studio ricade entro aree allagabili con scenario frequente (H)** relativamente al reticolo secondario di pianura (**RSP**) e risulta **soggetta a rischio elevato R3 per alluvioni**.

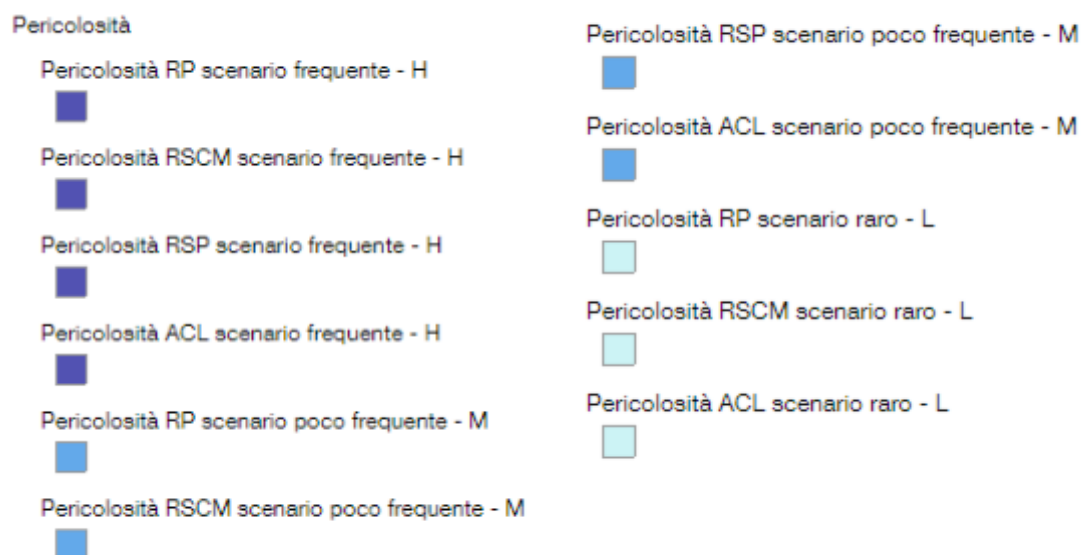


Figura 20: Stralcio della carta dell'estensione delle aree allagabili (fonte: Geoportale Regione Lombardia)



Figura 21: Stralcio della carta delle aree a rischio idraulico (fonte: Geoportale Regione Lombardia)

3.4. Caratteri sismogenetici dell'area

La storia sismica dell'area va inserita nel più ampio contesto sismotettonico di questo settore dell'Italia Settentrionale, con particolare riferimento, oltre che ai dati strumentali raccolti in questi ultimi decenni, ad un'analisi storiografica di documenti in cui sono riportate le cronache di eventi tellurici e dei danni da essi prodotti.

L'evoluzione normativa nazionale degli ultimi anni è stata supportata da una serie di rapporti curati dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), che hanno ridefinito la sismicità del territorio e creato le basi per le valutazioni di pericolosità sismica nel territorio italiano.

Il documento più recente, redatto a seguito dall'OPCM n° 3274 del 20 marzo 2003 (*Gruppo di Lavoro [2004] - Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM del 20 marzo 2003. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici*) ha prodotto, tra l'altro, una mappatura delle aree che potenzialmente possono generare terremoti (zone sorgente). La nuova zonazione sismogenetica, denominata ZS9, si basa sulla sostanziale rivalutazione della precedente zonazione ZS4 (Meletti et al., 2000), in considerazione delle evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni del potenziale sismogenetico acquisite negli ultimi anni. La zonazione ZS9 è costituita da 36 zone-sorgente, a cui vanno aggiunte 6 zone-sorgente per le quali non verrà valutata la pericolosità sismica.

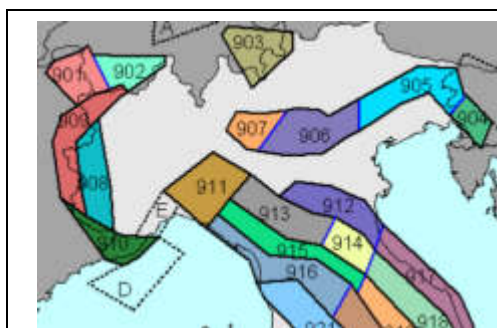


Figura 22: Zonazione sismogenetica ZS9

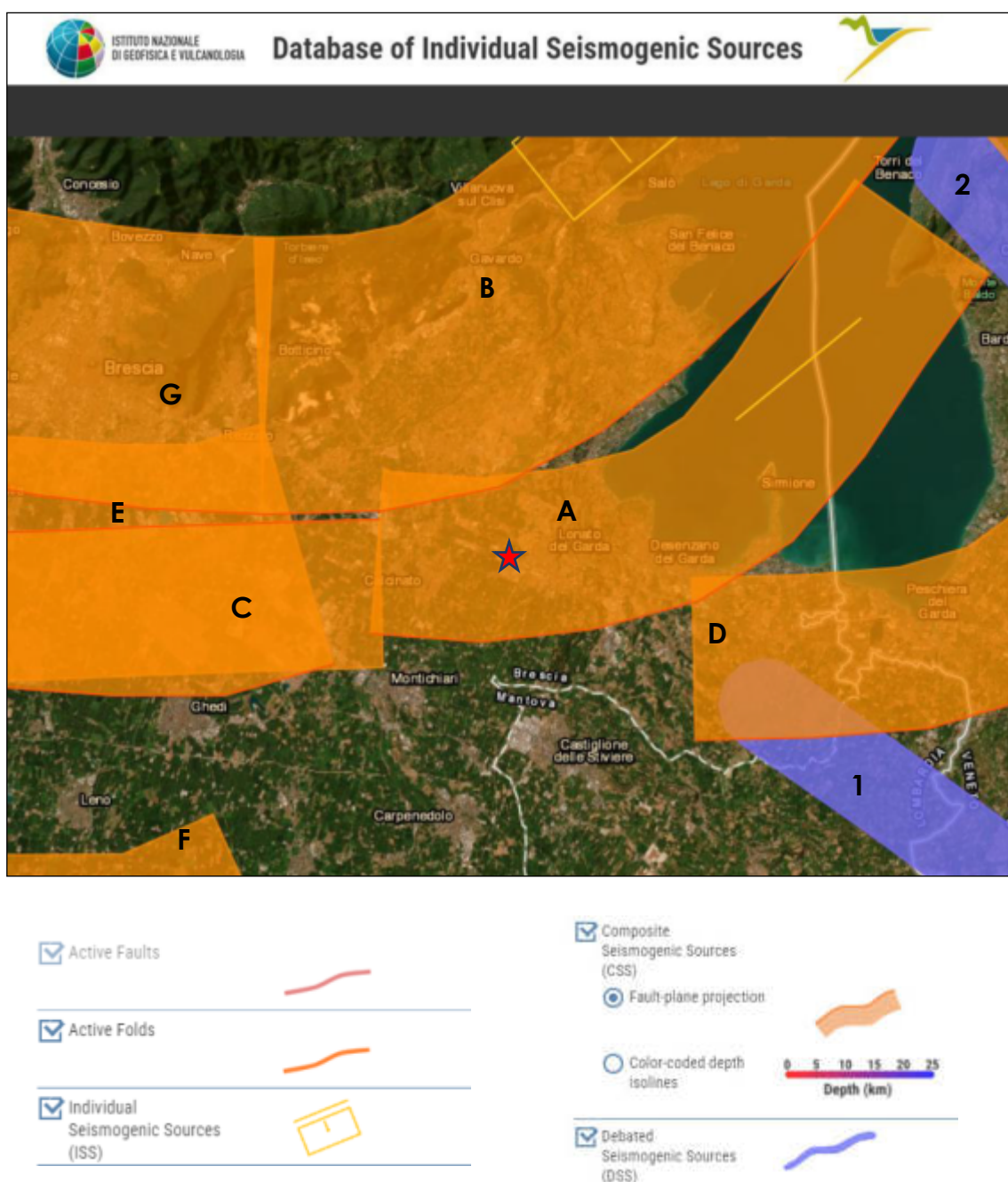


Figura 23: Zona 906- area in studio

L'area in studio ricade nella zona sismogenetica 906 Garda-Veronese alla quale è associata una $M_{Wmax1}=6,60$.

3.5. Sorgenti sismogenetiche

La valutazione delle sorgenti sismogenetiche prossime all'area in studio è stata condotta mediante la consultazione del database DISS 3.3.0 elaborato dall'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) e del database sviluppato dal progetto ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults) a cura del Servizio Geologico d'Italia – ISPRA.



Sorgenti sismogenetiche composite:

- A** → Sirmione
B → Giudicarie
C → Capriano-Castenedolo back-thrust
D → Solferino
E → Western S-Alps external thrust deep
F → Western S-Alps external thrust shallow east
G → Western S-Alps internal thrust

Sorgenti sismogenetiche dibattute

- 1** → Nogara
2 → Sant'Ambrogio



Figura 24: Estratto del data base D.I.S.S. 3.3.0

La tabella seguente mostra le caratteristiche principali delle sorgenti sismogenetiche più vicine all'area in oggetto.

	Codice DISS	Nome	Tipo di sorgente
A	ITCS113	Sirmione	Composita
B	ITCS048	Giudicarie	Composita
C	ITCS072	Capriano-Castenedolo back-thrust	Composita
D	ITCS114	Solferino	Composita
E	ITCS002	Western S-Alps external thrust deep	Composita
F	ITCS116	Western S-Alps external thrust shallow east	Composita
G	ITCS010	Western S-Alps internal thrust	Composita
1	ITDS074	Nogara	Dibattuta
2	ITDS075	Sant'Ambrogio	Dibattuta

Tabella 3: Caratteristiche delle quattro sorgenti sismogenetiche vicine all'area in studio

Le sorgenti indicate con le lettere A, B, C, D, E, F e G sono di tipo composito, ovvero rappresentano regioni estese contenenti un numero non specificato di sorgenti minori allineate e non ancora conosciute singolarmente.

Il database sviluppato dal progetto ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults) a cura del Servizio Geologico d'Italia – ISPRA sintetizza le informazioni disponibili sulle faglie capaci che interessano il territorio italiano, in particolare il progetto si occupa delle faglie capaci, definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie: dalla sua consultazione è stato possibile individuare una serie di faglie ubicabili indicativamente come nella figura sotto (immagine estratta dal sito dell'ISPRA).

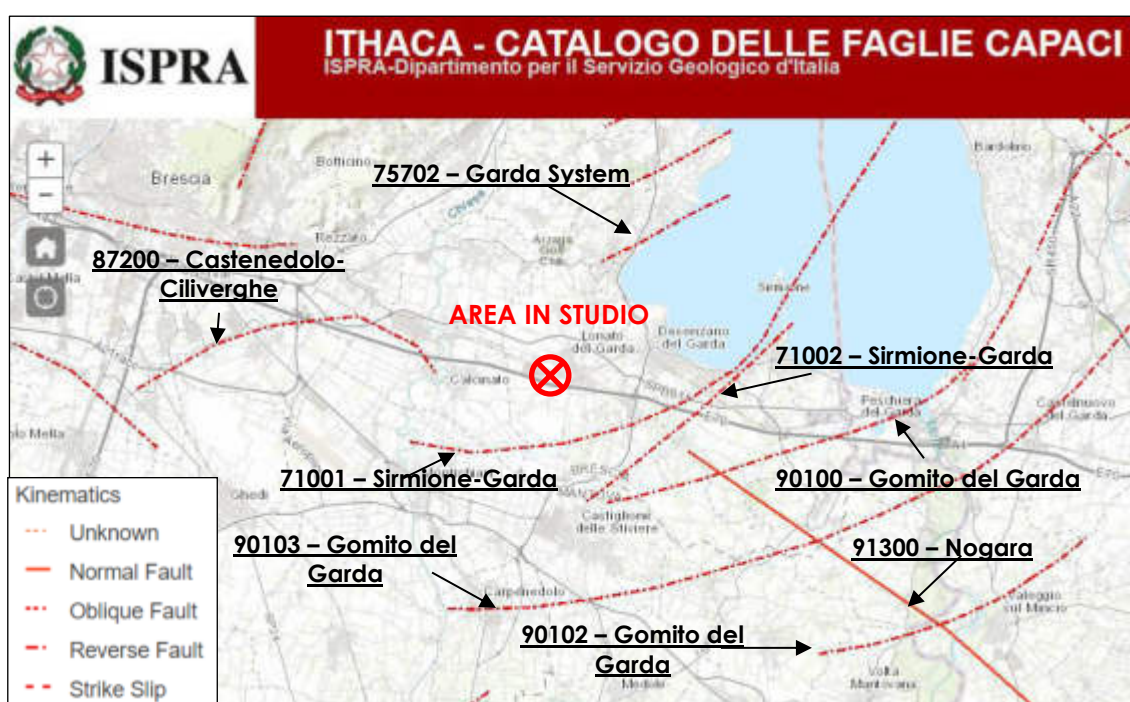


Figura 25: Estratto database ITHACA (<http://sgi2.isprambiente.it/viewersgi2/>)

Il database ITHACA indica, nelle vicinanze dell'area in oggetto, la presenza delle faglie 71001 Sirmione-Garda a sud, 87200 Castenedolo-Ciliverghe ad ovest e 75702 Garda System a nord.

3.6. Zonazione sismica

L'evoluzione della normativa antisismica nazionale ha subito un punto di svolta nel 2003, con l'emanazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) n° 3274 del 20 marzo 2003. In essa è contenuta una classificazione sismica del territorio italiano, su basi comunali, che attribuisce un grado di pericolosità sismica all'intera penisola, a differenza della precedente normativa che classificava come sismica solo una parte del territorio nazionale.

L'OPCM n° 3274 definisce, oltre alla nuova classificazione sismica del territorio italiano, le norme procedurali per la progettazione in aree sismiche, individuando esplicitamente gli obiettivi da raggiungere in termini di danni accettati a fronte di livelli di azione sismica stabiliti. Secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) n° 3274 del 20 marzo 2003, il territorio comunale di Lonato del Garda era compreso in Zona sismica 3.

Ciascuna zona viene individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi.

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 4: Valori di accelerazione massima del suolo a_g (OPCM n.3519 28/04/2006)

Tuttavia, la OPCM n° 3519 del 28 aprile 2006 dispone l'utilizzo di una nuova "mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale" (All. 1b); quest'ultima, individua 12 fasce definite da un range di valori delle accelerazioni orizzontali (a_g/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico.

Secondo tale normativa, l'area in studio, ubicata nel settore centrale del territorio comunale di Lonato si colloca, nella fascia **caratterizzata da valori di a_g/g compresi tra 0,150 e 0,175**.

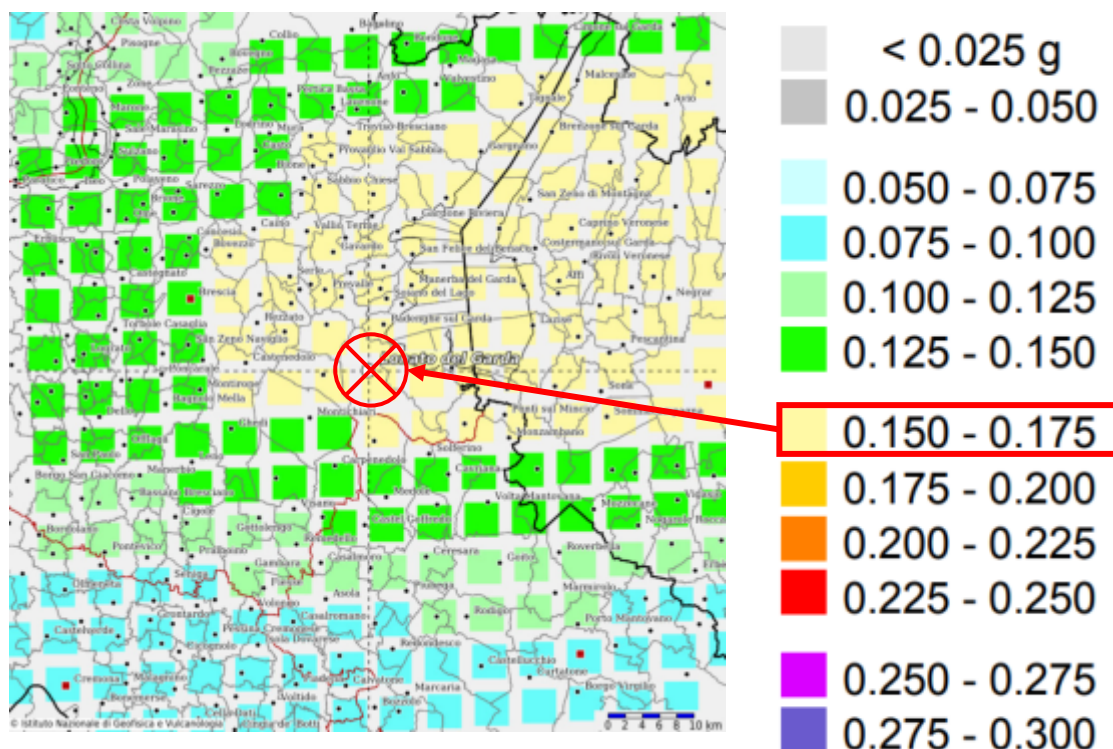


Figura 26: Stralcio della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi

La D.G.R. 11 luglio 2014 - n. X/2129 Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d), recependo i contenuti del suddetto OPCM n. 3519, approva una nuova classificazione dei comuni lombardi, basato sull'accelerazione massima presente all'interno di ciascun territorio comunale. Secondo tale normativa, il **Comune di Lonato del Garda, viene classificato in Zona 2**, con **a_{gmax} pari a 0,15926**.

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica	a_{gmax}
03017092	BS	LONATO DEL GARDA	2	0.15926

Figura 27: Stralcio ALLEGATO A - Elenco dei comuni con indicazione delle relative zone sismiche e dell'accelerazione massima (a_{gmax}) presente all'interno del territorio comunale (O.P.C.M. 3519/06 e decreto min. infrastrutture 14/01/08) (D.G.R. n. X/2129 del 11/07/2014)



Figura 28: Stralcio della mappa di classificazione sismica dei comuni lombardi (approvata con D.G.R. n. X/2129 del 11/07/2014)

Per quanto riguarda la **caratterizzazione sismica dell'area in esame**, dall'analisi della "Carta della pericolosità sismica locale" allegata al P.G.T. del Comune di Lonato del Garda, (Figura 18), si evince che l'area in studio rientra in una **zona PSL (Pericolosità Sismica Locale) Z4a: zona di fondovalle o di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi**.

La Relazione Geologica allegata al P.G.T. definisce tali aree come AREE A POTENZIALE AMPLIFICAZIONE MORFOLOGICA E/O LITOLOGICA.

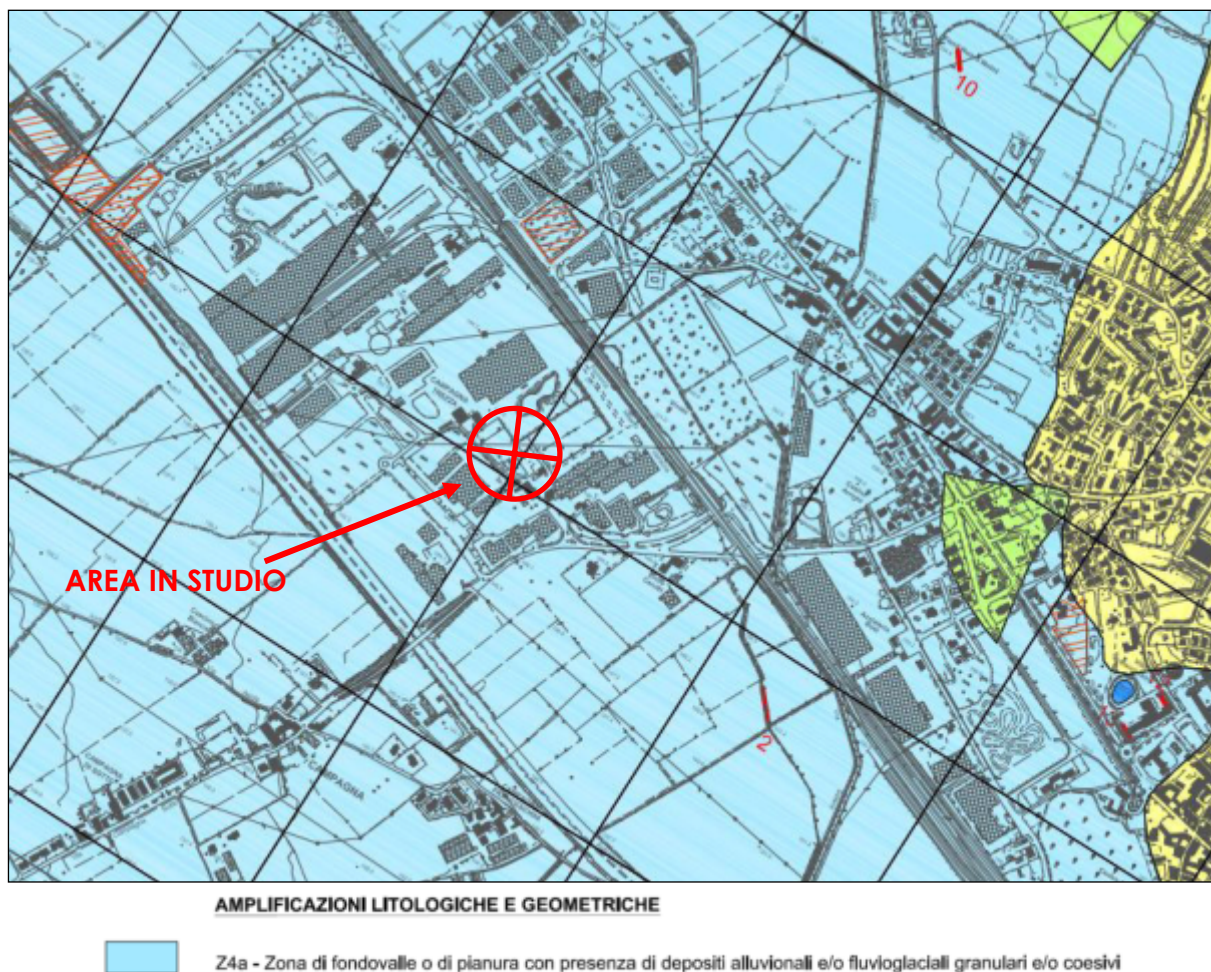


Figura 29: Stralcio della "Carta della pericolosità sismica locale" allegata al P.G.T. del Comune di Lonato del Garda

3.7. Azione sismica

Le azioni sismiche di progetto, da usare nelle verifiche agli stati limite secondo il D.M. 17 gennaio 2018 – "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" – si definiscono a partire dalla pericolosità sismica di base del sito.

La **pericolosità sismica** è definita in termini di **accelerazione orizzontale massima attesa a_g** ed è descritta dalla probabilità che in un fissato lasso di tempo, in detto sito, si verifichi un evento sismico di entità almeno pari al valore prefissato.

Nell'intento di definire in modo puntuale la pericolosità sismica, le NTC fanno riferimento a n. 4 stati limite per l'azione sismica, ognuno definito da una "probabilità

di eccedenza del periodo di riferimento" P_{VR} , e da un "periodo di ritorno" T_R , espresso in anni. Si fa quindi riferimento ai seguenti stati limite:

Stati Limite di Esercizio SLE	Stato limite di immediata operatività SLO
	Stato limite di Danno SLD
Stati Limite Ultimi SLU	Stato limite di Salvaguardi della Vita SLV
	Stato Limite di prevenzione del Collasso SLC

Tabella 5: stati limite per l'azione sismica

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Figura 30: Tabella 3.2.I - Norme tecniche per le costruzioni: probabilità di superamento in funzione dello stato limite considerato

Il valore di a_g è desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento, attualmente fornito dallo INGV, per ogni sito in base alla strategia di progettazione scelta per la singola costruzione.

Nel seguito si schematizzano i parametri di progetto relativi all'edificio residenziale in oggetto, che determinano il valore dell'azione sismica espressa in termini di accelerazione massima attesa a_g .

Latitudine sito (ED50)	45.45854
Longitudine sito (ED50)	10.46450
Vita nominale V_N	50 anni
Classe d'uso	II
Periodo di riferimento V_R	50anni
Periodo di ritorno T_R con $P_{VR} = 81\%$ (SLO)	30 anni
Periodo di ritorno T_R con $P_{VR} = 63\%$ (SLD)	50 anni
Periodo di ritorno T_R con $P_{VR} = 10\%$ (SLV)	475anni
Periodo di ritorno T_R con $P_{VR} = 5\%$ (SLC)	975 anni

Tabella 6: Parametri di progetto

Come già menzionato, sulla base delle mappe interattive dell'INGV richiamate dal D.M. 17 Gennaio 2018 l'area in esame è inseribile nella fascia distinta da un valore di accelerazione sismica orizzontale a_g riferito a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s,30} > 800$ m/s compreso tra **0,150g e 0,175g** (valori riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni – mappa 50° percentile).

Per quanto riguarda la pericolosità di base del sito di intervento, in riferimento ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni ($T_R = 475$ anni), il calcolo eseguito con il programma Spettri di risposta – ver. 1.0.3" del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici mediante interpolazione per superficie rigata, individua la pericolosità sismica del sito di intervento con un valore di a_g riferito a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s,30} > 800$ m/s pari a **0,156g** (cfr. Figura 31).

Sarà compito del progettista strutturale scegliere i parametri da utilizzare nei calcoli in funzione della "Strategia di progettazione" adottata una volta definita la Vita Nominale, la Classe d'uso ed il Periodo di Riferimento assegnate alla struttura.

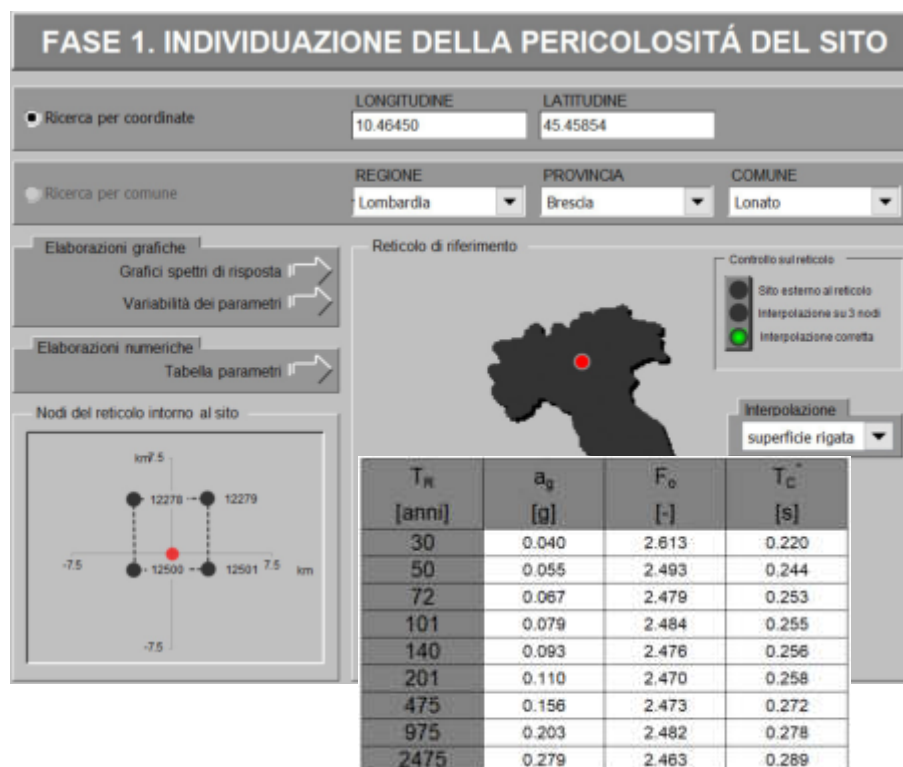


Figura 31: Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento (interpolazione per superficie rigata)

stato limite	T_R (anni)	a_g/g	F_0	T_c (sec)
SLO	30	0,040	2,612	0,220
SLD	50	0,055	2,492	0,244
SLV	475	0,156	2,473	0,272
SLC	975	0,203	2,482	0,278

Tabella 7: Parametri per ogni stato limite

Dove: T_R = periodo di ritorno

a_g/g = accelerazione orizzontale massima attesa;

F_0 = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale ed ha valore minimo pari a 2.2;

T_c = è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro.

3.8. Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

Ai fini della definizione dell'**azione sismica** si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

Tale classificazione 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 depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ovvero considerando la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità a partire dal piano di imposta delle fondazioni (nel caso di fondazioni superficiali).

Come già descritto nel paragrafo 2.4, per assolvere a tale determinazione abbiamo fatto riferimento ad una indagine sismica Re.Mi. eseguita in adiacenza al sito in oggetto.

Tale indagine permette di attribuire al sito in oggetto la categoria di sottosuolo **B**: **“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s”**.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Figura 32: Tabella 3.2.II Norme tecniche per le costruzioni: categorie di sottosuolo

Per quanto riguarda la classificazione della superficie topografica si individua la categoria T1.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Figura 33: Tabella 3.2.IV Norme tecniche per le costruzioni: categorie topografiche

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Riassumendo quanto esposto nel presente documento, per il sito di intervento si possono esporre le seguenti considerazioni:

- l'area indagata è ubicata nell'ambito della "piana fluvioglaciale occidentale di Lonato", settore di pianura sub-pianeggiante posto a sud del cordone morenico benacense più esterno;
- nell'area sono presenti depositi grossolani prevalentemente ghiaioso-sabbiosi, a permeabilità elevata e con caratteristiche di vulnerabilità mediamente alte;
- la profondità della falda si attesta ad una profondità di oltre 40 m da p.c.;
- secondo le carte del Piano di gestione Rischio Alluvioni attualmente vigente, l'area in studio ricade entro **aree allagabili con scenario frequente (H)** relativamente al reticolo secondario di pianura (RSP) e risulta soggetta a **rischio elevato R3 per alluvioni**;
- nella "Carta del Sistema dei Vincoli" allegata al P.G.T. del Comune di Lonato del Garda, non si evidenziano particolari limitazioni per l'area in studio ad eccezione della presenza di fasce di rispetto per fiumi (reticolo secondario);
- secondo la "Carta della Fattibilità geologica" allegata al P.G.T. del Comune di Lonato del Garda, il sito di interesse rientra in una **Classe di fattibilità 1 "senza particolari limitazioni"** corrispondente ad "aree prevalentemente pianeggianti o a debole pendenza, con caratteristiche geotecniche dei terreni da buone a mediocri";
- secondo la "Carta della pericolosità sismica locale, l'area rientra in Zona PSL Z4a: zona di fondovalle o di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi;

- il valore dell'azione sismica nel sito di intervento, espressa come valore di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (tempi di ritorno pari a 475 anni), riferita a suoli rigidi, è pari a **0,156 g**;
- il confronto con indagini sismiche condotte in aree limitrofe permette di classificare il sottosuolo nella **categoria di sottosuolo B** e nella **categoria topografica T1**.

Il quadro geologico risultante conferma la fattibilità delle opere previste in progetto sempre, comunque, tenendo conto delle indicazioni contenute nel presente documento.

Sommacampagna, giugno 2026

Dott. Geol. Claudio Leoncini

