REGIONE LIGURIA

COMUNE DI VADO LIGURE

PROVINCIA DI SAVONA

NUOVA ROTATORIA SU VIA PIAVE ALL'INTERSEZIONE CON IL PONTE DI VIA MONTEGRAPPA

OGGETTO: RELAZIONE GEOLOGICA e GEOTECNICA (terreni)

Il committente:

Societa' Le Terrazze di Vado Srl

Il tecnico:

Dott. Geol. Flavio Saglietto



(*) Il documento è firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs. 82/2005 s.m.i. e norme collegate e sostituisce il documento cartaceo e la firma autografa.

Rev.	*Descrizione*	*Data*
All.GEO1	*Relazione geologica e geotecnica*	*Aprile 2024*

SOMMARIO

PREMESSA 3

NORMATIVE DI RIFERIMENTO 4

RELAZIONE GEOLOGICA 5

ASSETTO GEOLOGICO 6
ASSETTO IDROGEOLOGICO 12
STRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA DEI TERRENI 19
ANALISI DELLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE 21
MODELLO GEOLOGICO N.T.C. 2018 22
ELEMENTI DI CRITICITÀ ED ATTENDIBILITÀ DEL MODELLO GEOLOGICO 23

RELAZIONE GEOTECNICA 24

GENERALITÀ 25
MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO 25
DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DELLE INDAGINI E DELLE PROVE ESEGUITE E ACQUISIZIONE DATI GEOTECNICI 25
DEFINIZIONE DEI VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI 25
CARATTERISTICHE GEOTECNICHE E GEOMECCANICHE 26

CONCLUSIONI 28

PREMESSA

La presente relazione geologica e geotecnica è stata eseguita per il progetto di realizzazione di .

L'indagine fa riferimento all'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018 e alla circolare esplicativa del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019, n. 7.

Il territorio in esame è riportato nell'elenco regionale dei comuni in zona sismica 3 ai sensi dell'Opcm 3519/06 (nuova classific. sismica reg. Liguria) e della conseguente Dgr. n. 216/2017 e n. 962/2018.

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Aggiornamento Norme tecniche per le Costruzioni 2018

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17 gennaio 2018.

Ministero delle infrastrutture e dei trasporti

CIRCOLARE 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. (GU Serie Generale n.35 del 11-02-2019 - Suppl. Ordinario n. 5)

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

dgr n.297 del 14 aprile 2017

Differimento termine della dgr n.216 del 17/03/2017. Opcm 3519/2016. Aggiornamento classificazione sismica del territorio ligure

dgr n.216 del 17 marzo 2017

OPCM 3519/2006. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria

dgr n.962 del 23 novembre 2018

Approvazione modifiche alla classificazione sismica regionale conseguenti alla fusione dei Comuni di Montalto Ligure e di Carpasio

RELAZIONE GEOLOGICA

(caratterizzazione e modellazione geologica del sito)

ASSETTO GEOLOGICO

✓ ASSETTO GEOLOGICO REGIONALE

Nelle pubblicazioni scientifiche e nella cartografia geologica ufficiale l'area è stata trattata, tra l'altro, nei seguenti documenti:

- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA - Scala1:100.000 (Fg. 92–93 – Albenga Savona).
- CARTA GEOLOGICA REGIONALE CON ELEMENTI DI GEOMORFOLOGIA (CGR) sc. 1:25000 - tav. 229.3 - Vado Ligure.
- BONI A., CERRO A., GIANOTTI R. & VANOSSI M. (1971) - Note illustrative della Carta geologica d'Italia. Foglio 92-93, Albenga-Savona. Serv. Geol. D'It.: pp. 143, Roma.
- VANOSSI M. e Alii –Geologia delle Alpi Liguri: dati, problemi , ipotesi (1984) – Mem.Soc.Geol. It.
- CAROBENE L. e Alii - Le variazioni ambientali nell'area di Vado Ligure dal Neolitico ad oggi (2008) - Il Quaternario Italian Journal of Quaternary Sciences.

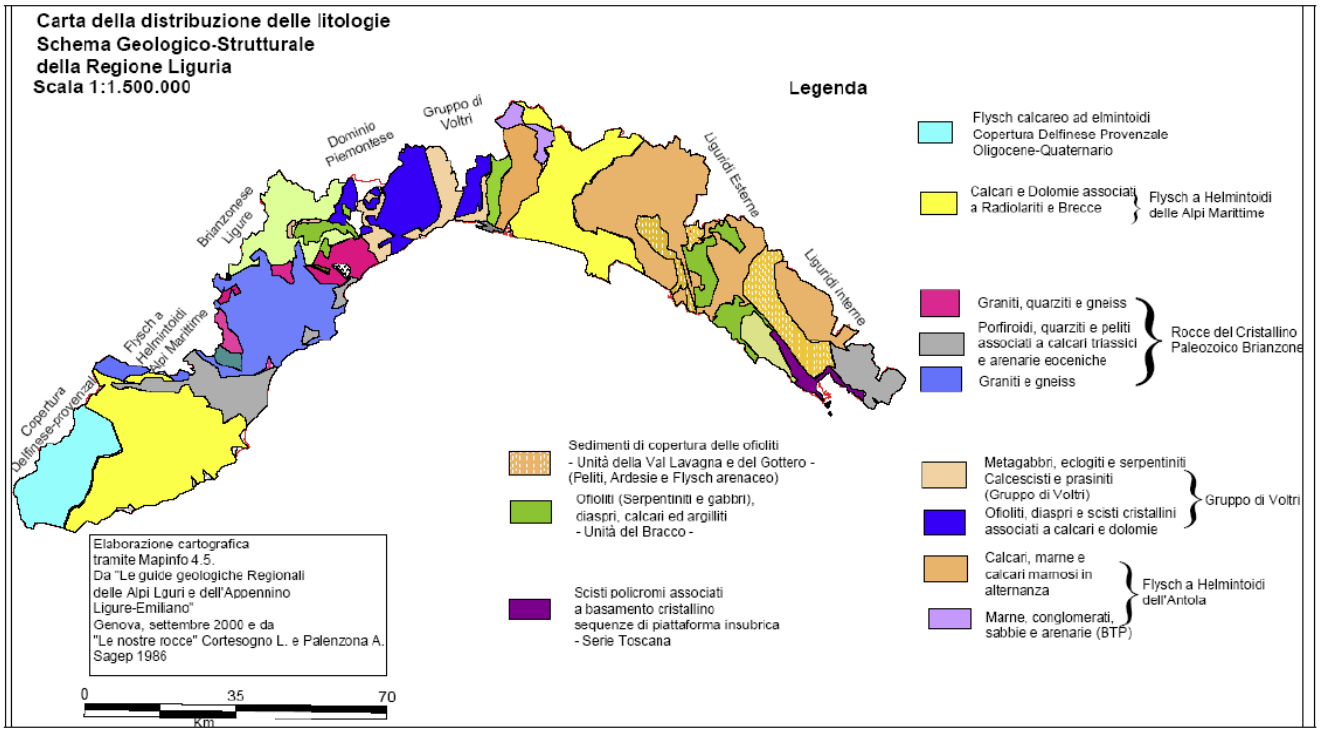
L'area in esame ricade in una zona del territorio ligure particolarmente complessa sotto il profilo geologico strutturale avendo subito e conseguentemente registrato, diverse fasi deformative riconducibili ai diversi periodi dell'orogenesi alpina sino ai movimenti relativi della costa più vicini a noi del Pliocene e del Pleistocene.

La piana del Torrente Segno, di superficie non molto estesa per quanto concerne l'origine e le prime fasi evolutive, è legata alla presenza di depressioni tettoniche, impostate su un sistema di faglie dirette e da riferirsi ad una ripresa della dinamica distensiva del bacino del Mar Ligure (Fannucci & alii 1987). I due sistemi di dislocazioni principali (60-65°e 145-150°) sono da riferire alla tettonica fragile che ha accompagnato il sollevamento dell'area durante il Plio-quaternario. Il sistema di faglie con direzione prevalente a 65° (circa parallela alla linea di costa), origina una struttura a "gradinata" verso il largo a mare o strutture tipo Horst e Graben.

✓ ASSETTO GEOLOGICO LOCALE

Le valli comprese tra Vado Ligure e Savona sono caratterizzate da allineamento di depositi pliocenici disposti in direzione N-E con ispessimenti più o meno marcati verso l'interno dei corsi d'acqua fluviali. In particolare in sinistra idrografica del T. Segno, lungo la fascia costiera verso

Savona, affiora il Pliocene inferiore in facies argillosa (Argille di Ortovero). A volte le argille sono sormontate da sabbie e conglomerati. I rilievi collinari in destra idrografica del Segno sono viceversa costituiti da affioramenti di filladi e micascisti carboniosi con frequenti vene contorte di quarzo, il tutto ascritto alla “Formazione di Ollano” (Carbonifero medio e superiore) ed ai “Porfiroidi del Melogno” (Permiano inferiore). Rocce che rappresentano il substrato geologico del materasso alluvionale della piana. Il substrato comprende in gran parte litotipi facilmente erodibili: filladi e argille e la sedimentazione continentale, durante le fasi di basso eustatico (periodi glaciali), è dominata da clasti spigolosi generati dalla degradazione fisica (favorita dalla scistosità e dalla fitta fratturazione), e dalla abbondante presenza, derivante da prevalenti processi di alterazione pedogenetica, della componente argilloso-siltoso-sabbiosa.



Cartografia Liguria (Allegato 1 alla D.G.R. n.105 del 20/12/1996 pubblicata sul BURL n.6 del 5 febbraio 1997 – PARTE II)

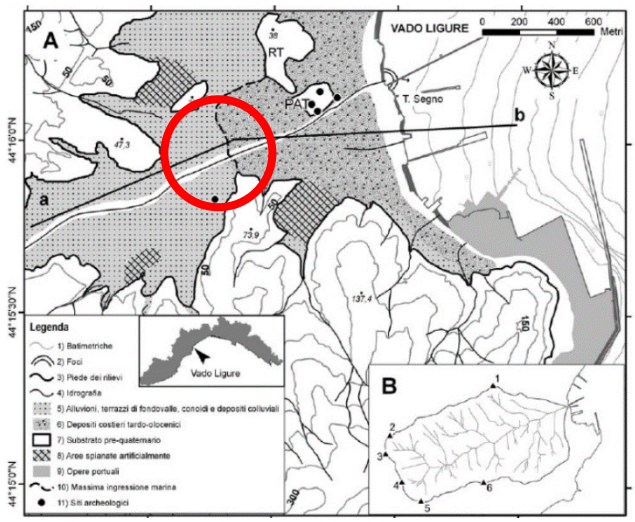
Nello specifico del sito affiorano alluvioni plio-oloceniche il cui ciclo sedimentario è legato ai processi depositivi del torrente Segno.

Il materasso alluvionale di spessore vario poggia su una superficie sepolta complessa e qui localmente costituita, dalle rocce filladiche carbonifere. I terreni alluvionali (pur tenendo conto dei rimaneggiamenti più o meno superficiali di natura antropica) sono rappresentati dalla tipica

stratificazione irregolare delle sedimentazioni fluviali, con variazioni tessiturali / litologiche sia in verticale sia in orizzontale.

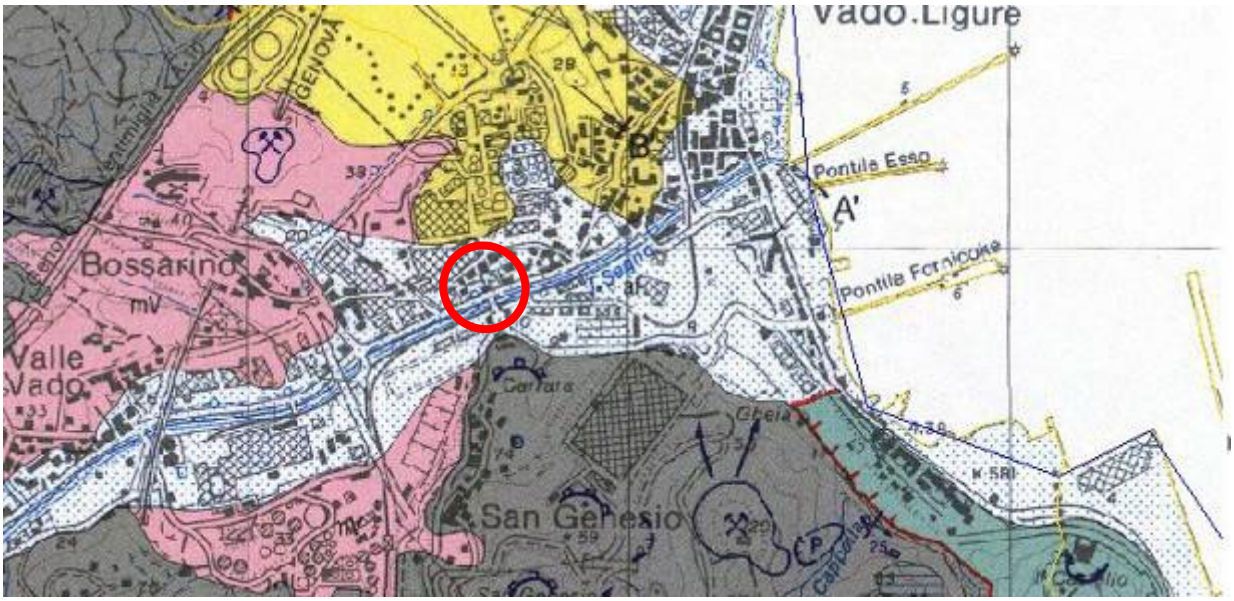
Trattasi di sabbie e ghiaie talora anche grossolane, disposte in lenti a forma nastriforme, allungate nel senso della corrente fluviale e intervallate da passate di sabbie fini e limi argillosi. Le alluvioni si interdigitano con il colluvio di pendio costituito dall'alterazione del substrato carbonifero. I rilievi collinari in destra idrografica del Segno sono costituiti da vasti affioramenti di filladi e micascisti carboniosi con frequenti vene contorte di quarzo (formazione di Ollano - Carbonifero medio e superiore) e da porfiroidi laminati (Porfiroidi del Melogno- Permiano inferiore) e che rappresentano il substrato geologico del materasso alluvionale della piana in sponda destra del Segno. In particolare l'evoluzione della piana vadese degli ultimi 8-9000 anni è legata allo sviluppo dell'eustatismo e della tettonica quaternaria. Questi due eventi sono documentati da diversi ordini di terrazzi marini che permettono di valutare la velocità di sollevamento dell'area savonese durante il Quaternario.

Si possono riconoscere: una fase trasgressiva, terminata circa 6000 anni fa, seguita da un periodo di relativa stabilità della linea di riva; un successivo periodo di "progradazione" e, infine, il periodo dell'alto eustatico interglaciale che arriva ai nostri giorni. Circa 9000 anni fa, un'ampia superficie emersa si estendeva per almeno un chilometro verso mare. Nell'arco di 3000 anni la piana viene ricoperta dall'avanzata del mare. Dopo un periodo di relativa stabilità, durato fino al 5000 B.P., il forte accumulo di detriti lungo costa provoca la "progradazione" della spiaggia emersa e sottomarina e la contemporanea "aggradazione" della piana alluvionale del T. Segno. A partire da 1800 anni fino ad oggi, la linea di costa ritorna relativamente stabile; la pianura alluvionale del T. Segno diventa utilizzabile all'uomo e diventa predominante l'azione antropica. (L. Carobene, M. Firpo & A. Rovere 2008).

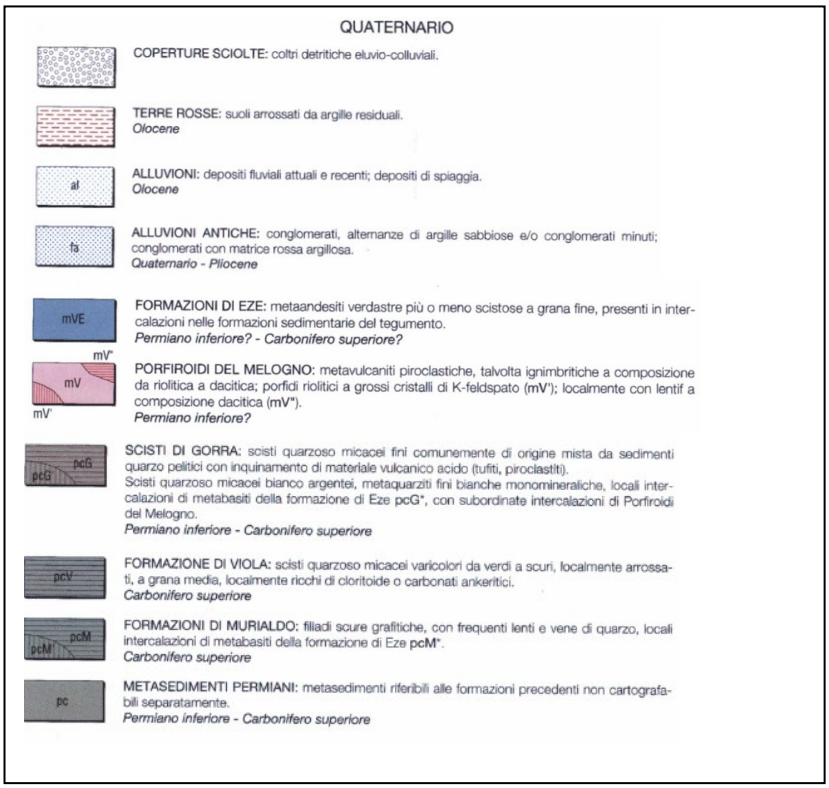


Carta geologica geomorfologica di Vado Ligure (Carobene – Firpo 2008)

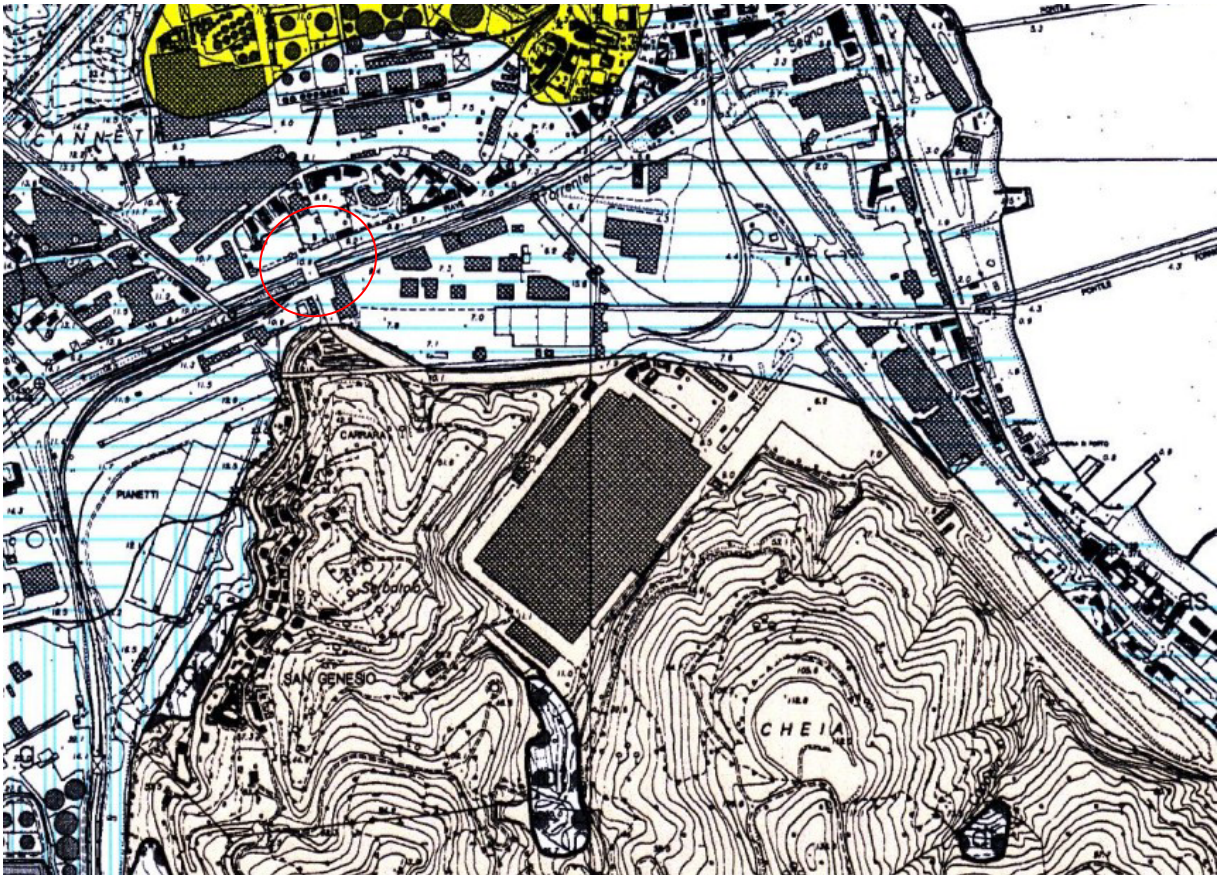
CARTA GEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA GENERALE



LEGENDA



CARTA GEOLOGICA ESTRATTA DAL PIANO DI BACINO DEL T. SEGNO



LEGENDA



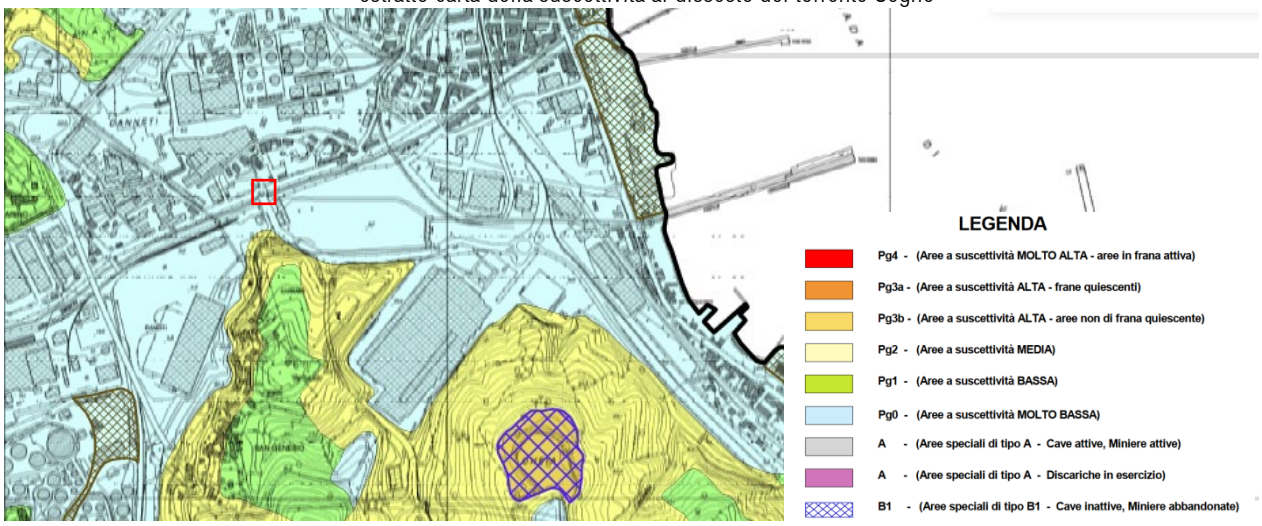
INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area in oggetto è ubicata in un contesto di pianura franca all'interno del tessuto urbano di Vado Ligure in sponda destra del torrente Segno in fregio all'argine fluviale.

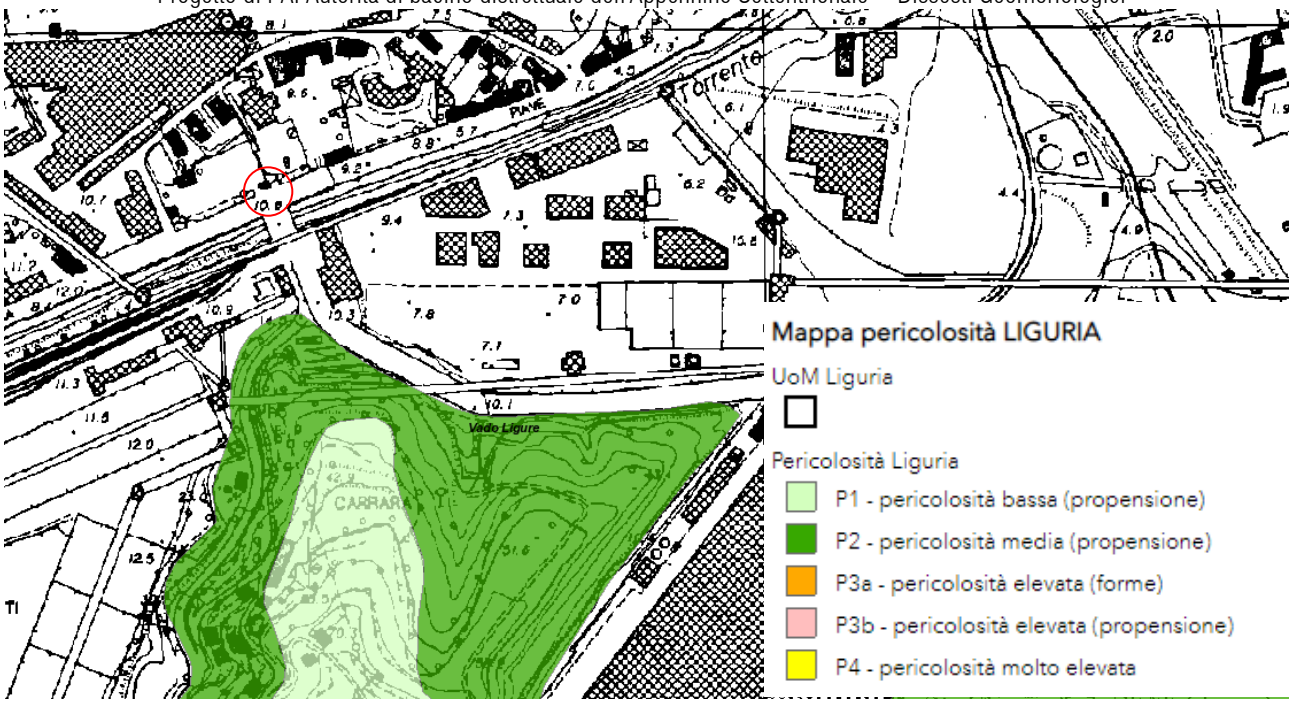
Non si evidenziano frane o forme erosive di una qualche importanza ed il contesto territoriale esaminato risulta a bassa vulnerabilità specifica senza particolari problemi geomorfologici in terreni pressoché pianeggianti.

Il piano di bacino del T. Segno indica che la zona in oggetto ricade in Pg0 con suscettività "Molto Bassa" nella C.S.D.V.

estratto carta della suscettività al dissesto del torrente Segno



Progetto di PAI Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale "Dissesti Geomorfologici"



ASSETTO IDROGEOLOGICO

Acque superficiali

L'idrografia superficiale è condizionata dalla presenza del T. Segno che costituisce il principale corso d'acqua della zona e che delinea la lineazione morfologica di maggiore importanza dell'intera "Valle di Vado" e che rappresenta l'asse di drenaggio sia ipogeo sia superficiale del bacino di competenza.

La piana alluvionale del Segno risulta, dall'esame dei parametri di criticità idraulica riportata nel P.d.B. esposta al rischio inondabilità con eventi di piena con tempo di ritorno associato a 200 anni.

Acque sotterranee

L'assetto morfostrutturale complessivo del bacino sedimentario della vasta piana vadese è derivato dal sommarsi degli effetti evolutivi tipici delle piane alluvionali della Liguria Occidentale con fenomeni di subsidenza sin-sedimentari, attività tettonica recente e movimenti di basculamento accompagnati da deformazioni fragili lungo sistemi coniugati di faglie a direttrice complessa. Tale situazione ha permesso di definire una pianura con buoni spessori del materasso alluvionale frequentemente superiori a 30m.

Lo schema idrogeologico della valle del Segno appare assai articolato, in relazione alla variabilità litologica e alla complessità geostrutturale del territorio dove possono distinguersi almeno due domini idrogeologici principali.

Il primo si evidenzia in corrispondenza dei rilievi collinari e montuosi dove la circolazione idrica sotterranea avviene negli ammassi rocciosi e che generalmente non porta allo sviluppo di acquiferi significativi di adeguata estensione e potenza.

Il secondo interessa la piana alluvionale che risulta possedere una falda di sub-alveo alimentata dal torrente Segno che costituisce la struttura idrogeologica più importante della valle omonima. Trattasi di una struttura idrogeologica del tipo "sistema globale acquifero/fiume" con rapporto diretto tra falda e sistema fluviale; l'alimentazione è garantita dai processi di dispersione in subalveo ed in parte con ricariche provenienti dal substrato roccioso fratturato o dalle zone fagliate.

Il materasso alluvionale è caratterizzato da una stratificazione irregolare con disomogeneità composizionali sia verticali che orizzontali con deposizione prevalente di ghiaie e sabbie anche grossolane in lenti nastriformi allungate nel senso della corrente intervallate da orizzonti di materiali fini a componente limosa o limo-argillosa.

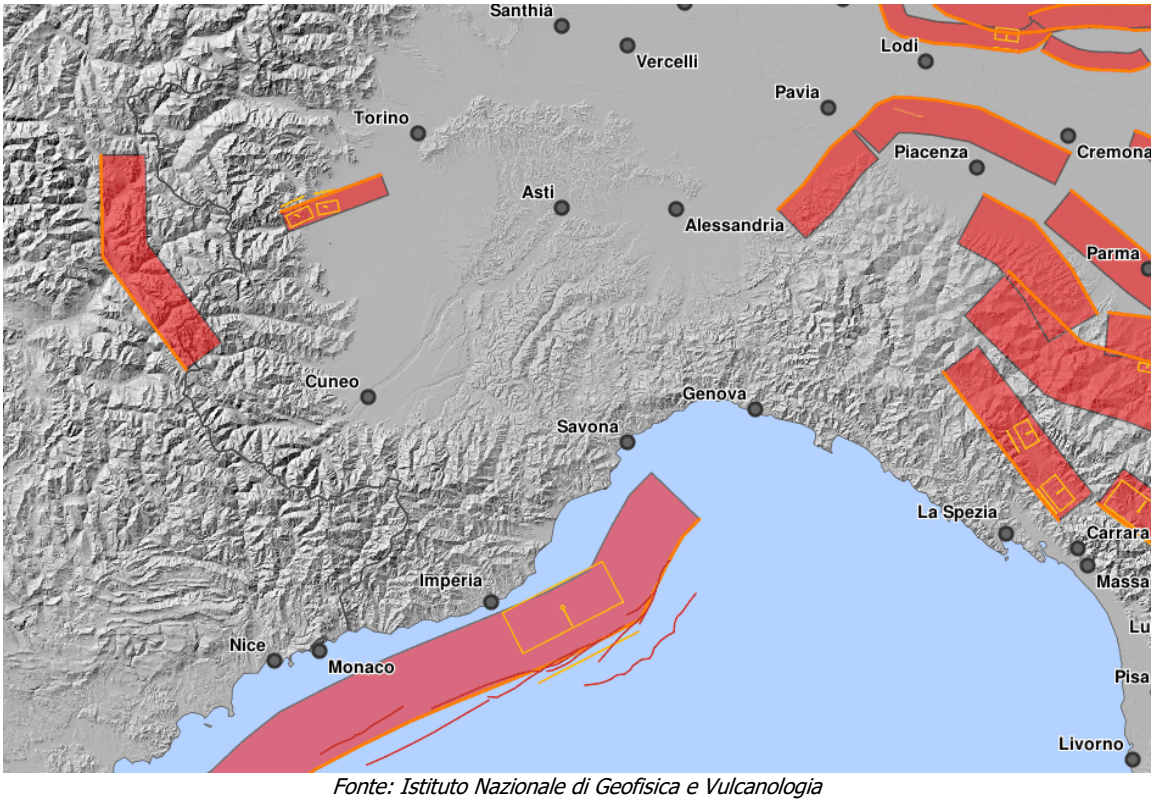
La configurazione locale dell'acquifero contenuto nel materasso alluvionale risulta abbastanza complessa e non conosciuta nel dettaglio. Tuttavia dall'interpolazione dei dati che si possono ricavare dai numerosi sondaggi fatti all'interno dell'area TRI SPA ed integrati dai sondaggi eseguiti nel dicembre 2022 dalla ditta "Geofisica-Ambiente srls" si può delineare la seguente geometria:

- il limite superiore è costituito dalla superficie piezometrica libera che si trova a bassa profondità (mediamente intorno ai -3 /-5 m) in relazione all'andamento locale del p.c e delle oscillazioni della falda stessa in relazione ai livelli delle acque fluviali. Misure eseguite durante i sondaggi nel mese di dicembre 2022 (periodo comunque di secca del torrente) hanno confermato un'altezza media di circa -4,5 m dal p.c..
- i limiti laterali sono costituiti dai rilievi collinari che definiscono morfologicamente la vallata.

L'acquifero è strutturalmente unitario ma tende tuttavia a differenziarsi in subacquiferi locali in comunicazione tra loro in relazione all'andamento complesso delle stratificazioni fluviali tra sedimenti grossolani e fini.

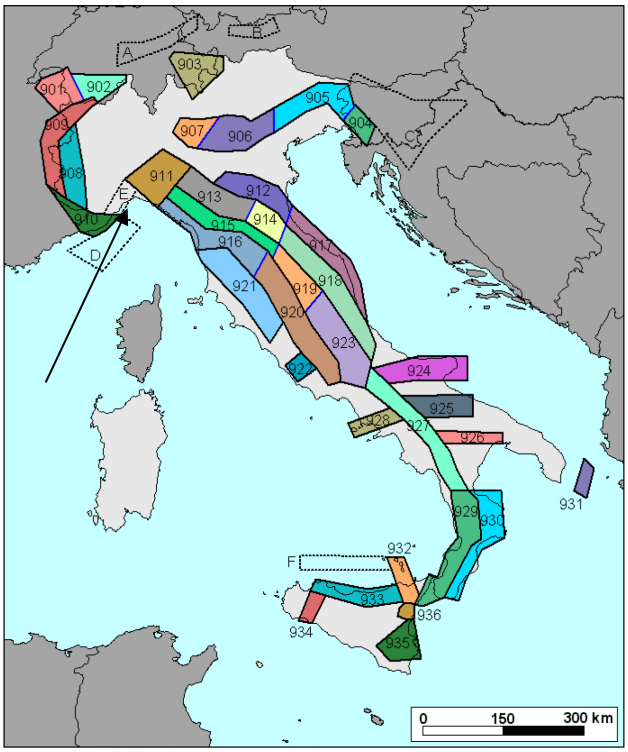
SISMOTETTONICA E INDIVIDUAZIONE DEI LINEAMENTI SISMICI ATTIVI E SISMICITÀ DELLA LIGURIA OCCIDENTALE

La pericolosità sismica regionale è basata sullo schema proposto dal Gruppo Nazionale Difesa Terremoti (G.N.D.T.), considerando i terremoti che ricadono nella zona sismogenetica di competenza. Si fa riferimento per quanto attiene per quanto attiene al quadro sismotettonico della Liguria occidentale alle analisi eseguite dall'INGV che individuano la presenza di faglie considerate attive e possibili sorgenti sismo genetiche. Nell'immagine satellitare riportata sono indicate, con fasce di colore arancione , le zone sismo genetiche riconosciute dell'Italia Nord Occidentale.

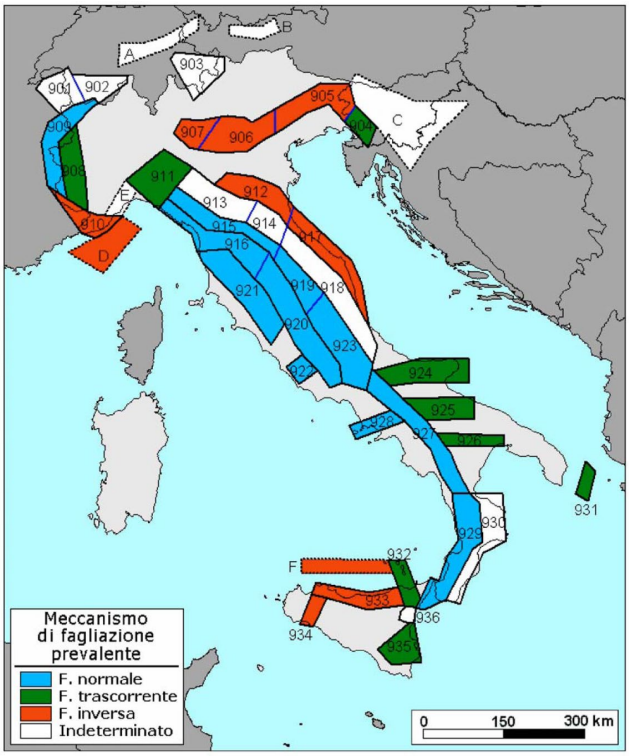


Fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Database of Individual Seismogenic Sources (DISS) – Versione 3.2.0

Le zone sismogenetiche s'individuano sulla base dell'omogeneità delle caratteristiche geologiche, geofisiche e di sismicità storica. Ciascuna zona è caratterizzata da un sistema di strutture sismogenetiche consistente in uno o più sistemi di faglie maggiori, responsabili degli eventi a più alta energia, e numerose faglie minori, responsabili degli eventi a più bassa energia.

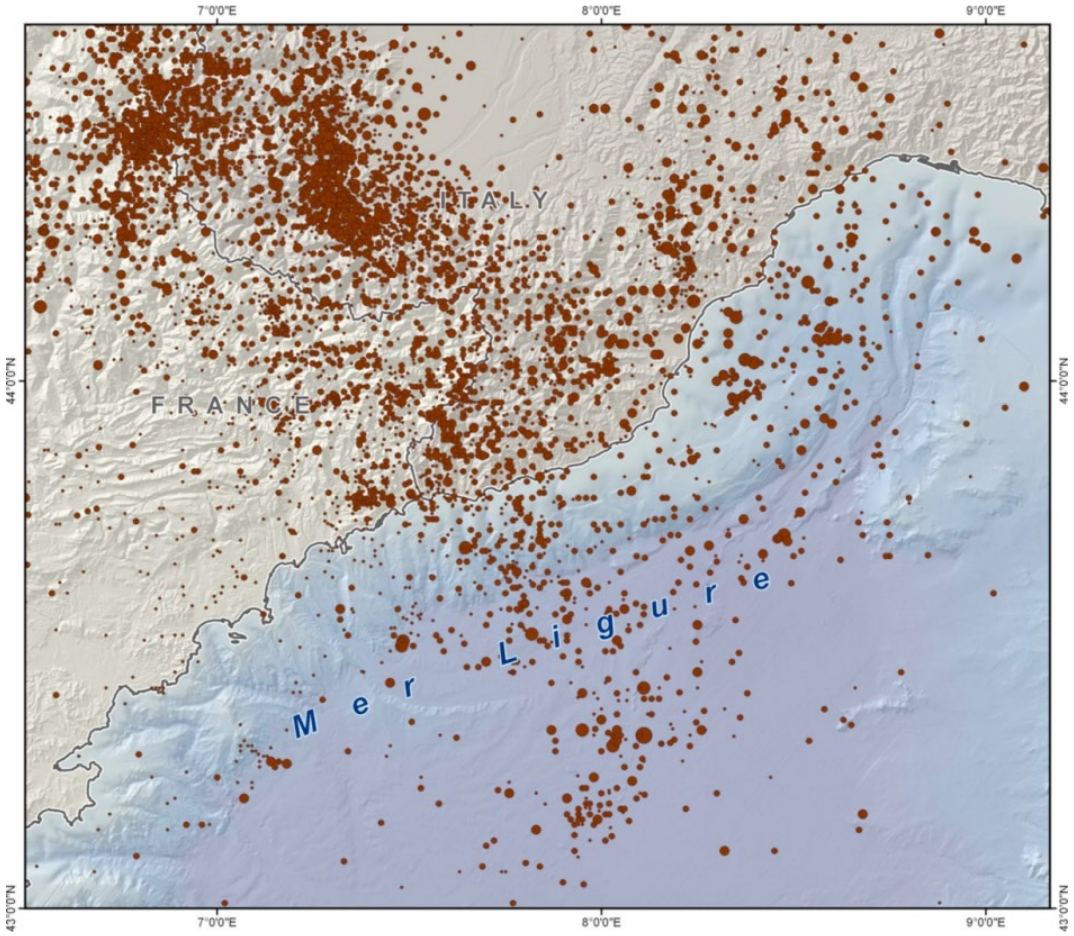


Zonazione sismogenetica ZS9 del territorio italiano – (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - 2004)



Meccanismo di fagliazione prevalente atteso per le diverse zone sismogenetiche che compongono la zonazione sismogenetica ZS9. L'assegnazione è stata fatta su una combinazione dei meccanismi focali osservati con dati geologici a varie scale (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - 2004)

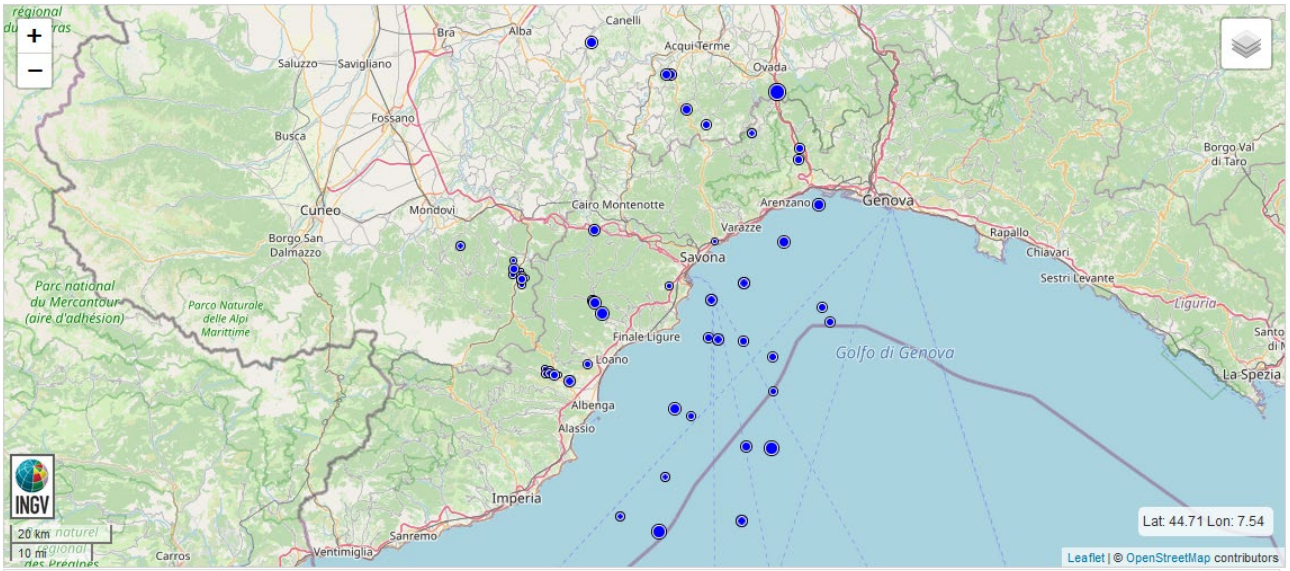
Le aree di maggiore attività sismica della Liguria Occidentale sono circoscritte alla parte centrale del Mar Ligure e ad una o più fasce in corrispondenza della scarpata e del piede di scarpata continentale. In terra, il più significativo allineamento, con andamento NW-SE, si estende dalla costa sino al limite meridionale del Massiccio dell'Argentera.



Sismicità dell'area nel periodo 1060-2004. La gran maggioranza dei meccanismi focali noti è di natura compressiva, trascorrente o transpressiva.

Il territorio della provincia di Savona è considerato sin dai tempi storici un'area con attività sismica non particolarmente significativa. I due eventi principali che hanno interessato la Liguria occidentale sono il terremoto del Nizzardo del 1564 e quello del Mar Ligure del 1887. Quest'ultimo evento, di magnitudine Mw = 6,9 (GUIDOBONI et alii, 2007), ha determinato gravi danni (legati anche a fenomeni di amplificazione sismica locale) nella provincia di Imperia e nella parte più occidentale della provincia di Savona. Per quanto riguarda l'analisi della sismicità attuale, si può fare riferimento ai lavori dell'Università di Genova (Eva et al, 2003), in cui sono stati considerati tutti i dati rilevati nel periodo 1983- 1999 dalla rete sismica regionale (e da quelle francesi localizzate lungo il margine occidentale delle Alpi Occidentali). In totale per l'area della Liguria Occidentale, sono stati localizzati oltre 7000 eventi con $1.5 \leq M \leq 5.0$.

La sismicità è generalmente bassa ma con scosse di una certa frequenza e possibili rari forti terremoti ad esempio si ricordano le sequenze recenti:



Data e Ora (Italia)	Magnitudo	Zona	Profondità	Latitudine	Longitudine
2020-02-22 01:53:51	ML 2.3	3 km S Belforte Monferrato (AL)	9	44.60	8.66
2020-10-24 19:59:46	Md 1.9	Costa Ligure centro occidentale (Savona)	11	43.83	8.37
2020-10-28 06:37:39	ML 1.9	Costa Ligure centro occidentale (Savona)	7	43.98	8.65
2021-01-16 22:09:46	ML 1.8	3 km NW Magliolo (SV)	8	44.21	8.23
2020-12-23 23:01:29	ML 1.6	5 km NW Magliolo (SV)	10	44.23	8.21
2020-07-22 13:42:36	ML 1.6	Costa Ligure centro occidentale (Savona)	6	44.04	8.41
2020-02-07 10:18:33	ML 1.6	Costa Ligure centro orientale (Genova)	0	44.34	8.68
2020-02-12 16:24:24	ML 1.6	1 km NE Cossano Belbo (CN)	11	44.68	8.21
2020-02-26 05:42:33	ML 1.5	3 km S Belforte Monferrato (AL)	10	44.60	8.66
2020-07-28 11:25:53	ML 1.5	Costa Ligure centro orientale (Genova)	9	44.40	8.76
2020-03-11 20:33:24	ML 1.4	1 km W Castelletto d'Erro (AL)	11	44.63	8.39
2020-06-17 11:46:08	ML 1.4	2 km E Malvicino (AL)	9	44.57	8.44
2020-07-02 13:24:44	ML 1.4	Costa Ligure centro occidentale (Savona)	7	43.98	8.58
2020-03-04 11:38:31	ML 1.4	1 km SE Millesimo (SV)	1	44.36	8.21
2020-03-11 20:37:15	ML 1.4	Castelletto d'Erro (AL)	13	44.63	8.40
2020-01-27 13:54:10	ML 1.3	Costa Ligure centro occidentale (Savona)	1	44.24	8.50
2020-03-14 04:22:09	ML 1.3	Costa Ligure centro occidentale (Savona)	21	43.85	8.57
2020-06-12 11:31:33	ML 1.3	1 km NE Cisano sul Neva (SV)	1	44.09	8.15
2020-11-26 06:02:00	ML 1.3	Costa Ligure centro occidentale (Savona)	11	44.17	8.52
2020-08-26 12:15:27	ML 1.3	Costa Ligure centro occidentale (Savona)	0	44.27	8.58

SISMICITA' RELATIVA ALLA ZONA DI VADO LIGURE

Ai fini dell'analisi della sismicità recente dell'area sono stati presi in considerazione anche gli eventi registrati dalle reti di monitoraggio delle Alpi Sud Occidentali sia italiane che francesi distribuite in prossimità del confine italo-francese (es. Dipteris, LDG, ReNaSS).

In sostanza, in tutta la Riviera di Ponente le notizie sulla sismicità storica riguardano terremoti con epicentro a mare. La massima energia degli eventi sismici viene liberata a mare, sul margine e entro il Bacino andando a scemare verso levante nel golfo di Genova.

In conclusione si può affermare che una sismicità di varia intensità interessa tutto il margine ligure alpino e gran parte della piana bacinale del Mar Ligure, con una certa concentrazione nell'area in esame. I meccanismi focali noti sono, prevalentemente, di tipo compressivo o transpressivo. Associando questi dati ai dati sulla tettonica dell'area del ponente ligure si può prendere in considerazione uno scenario di riattivazione in compressione (serraggio) di tutto il Bacino Ligure p.d., senza peraltro escludere l'importanza di altri meccanismi geodinamici agenti sulla catena e sulla costa. Il quadro sismo-tettonico secondo le analisi dell'INGV individua quindi, per il territorio di parte della provincia di Savona nel settore di ponente, un livello di rischio medio-basso con un'area comunque caratterizzata da possibili forti terremoti ma rari. Il comune di Vado Ligure ricade, ai sensi della DGR n.216/2017 e n. 962/2018, nella Classe Sismica 3.

STRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA DEI TERRENI

I dati stratigrafici sono stati desunti sia da quelli reperibili nella "storia" dell'area in questione che ha portato all'esecuzione nel tempo di diverse indagini geologiche e di caratterizzazione ambientale accompagnate da sondaggi di varia natura. A questo riguardo si è fatto riferimento alla "relazione geologica a supporto del progetto definitivo per la realizzazione del ponte di via alla Costa e relativa viabilità di accesso -anno 2021 Geol . D. Delucchi e L. Maldotti". Inoltre sono stati eseguiti nel mese di dicembre 2022 sondaggi geognostici in prossimità dell'argine sinistro del Segno della ditta specializzata Geofisica & Ambiente srls portati alla profondità di 15-20m.

Si rileva che il sottosuolo naturale è costituito, da sedimenti tipici degli ambienti fluviali delle piane alluvionali della Liguria occidentale. Sono presenti sabbie e ghiaie franche, sabbie anche con abbondante frazione grossolana in matrice limosa o limo- argillosa intervallati da lenti e orizzonti francamente pelitici discontinui.

L'assetto litostratigrafico così delineato permette di giustificare un modello deposizionale di ambiente fluviale - deltizio nel quale i terreni più grossolani sono interpretabili come riempimenti dell'alveo inciso ad alta energia, la cui ampia diffusione areale è legata alle diverse configurazioni morfologiche assunte dal paleoalveo.

La presenza di particolari conformazioni dei livelli limo-argillosi, caratterizzati localmente da contatti bruschi e poco graduali con gli orizzonti sabbiosi, è spiegabile attraverso successive e ripetute fasi erosivo/deposizionali di natura fluviale, determinate dalle diverse configurazioni areali assunte dall'alveo principale del corso d'acqua o dei canali secondari da esso alimentati.

I livelli pelitici derivano da contesti a bassa energia deposizionale, tipica delle zone palustri o delle piane alluvionali distali, quando le acque di tracimazione danno luogo a ristagni e langhe paludose poste in vicinanza con il l'alveo attivo.

I terreni sedimentari quaternari di natura fluviale soggiacciono in discordanza con contatto erosionale su un substrato roccioso metamorfico carbonifero a morfologia sepolta complessa e/o sulle argille plioceniche. Si deve tener conto anche del forte rimaneggiamento superficiale a seguito dell'attività industriale che ha interessato tutta la zona in sponda destra del Segno

eseguita in passato ed in particolare nel secolo scorso.

Riassumendo l'orizzonte più superficiale, per uno spessore variabile tra 1,5-2 m, è costituito materiali rimaneggiati prevalentemente grossolani e riporti. I sottostanti sedimenti sono caratterizzati da sabbie medie-fini limose, passanti generalmente verso il basso a limi sabbiosi, a colorazione nocciola-brunastra, variamente addensati. Il bed-rock sepolto risulta a profondità variabile, che supera i 20-30 m in fregio alla sponda destra del T. Segno (infatti i sondaggi geognostici eseguiti nel 2022 non hanno mai intercettato il substrato).

ANALISI DELLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE

Scenario di pericolosità	Presenza nella cartografia ufficiale e/o dati bibliografici	Quadro di pericolosità attuale	Grado di pericolosità potenziale	Note
Frane e movimenti di versante	si	assente	assente	Il sito si localizza in un'area, dove non sono osservabili dissesti e/o frane. Il Piano di Bacino stralcio del rischio idrogeologico indica la zona in Pg0 a suscettività al dissesto molto bassa.
Crolli di massi	no	assente	assente	Fenomeni non segnalati.
Esondazioni	si	media	media	Sito posto in ambito di pianura fortemente antropizzata, all'interno alla perimetrazione delle fasce d'inondabilità riportate nel piano di bacino del t Segno (fascia B).ma caratterizzata bassi tiranti idraulici e basse velocità della corrente.
Erosione concentrata	no	assente	assente	Fenomeni non segnalati.
Cavità	no	assente	assente	Il substrato geologico risulta costituito da rocce metamorfiche antiche e/o marne argillose non esposte a fenomeni carsici.
Scavi e sbancamenti	-	-	basso	Lavori di realizzazione di una rotatoria stradale con movimenti terra limitati. Per gli scavi dovranno essere rispettate le cautele in uso a garanzia della sicurezza dei lavoratori e le relative buone pratiche sotto il controllo della D.L.
Liquefazione	si	molto-basso	molto-basso	Dagli studi eseguiti sulla liquefazione in loco è emerso un giudizio di rischio di liquefazione "molto-basso" e una suscettività alla liquefazione "incerta".
Faglie attive Rischio attivazione	No nelle immediate vicinanze	assente	assente	Non sono segnalate faglie attive in prossimità del sito.
Subsidenza	no	basso	basso	Fenomeni non segnalati
Faglie capaci Rischio attivazione	No nelle immediate vicinanze	assente	assente	Non sono segnalate faglie capaci in corrispondenza del sito (da ITHACA - CATALOGO DELLE FAGLIE CAPACI ISPRA-Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia)
Sismica	Zona 3	basso	basso	sulla base della sismicità storica dell'area e della strutturazione sismo genetica della zona del savonese e in relazione alla zonizzazione 3 ai sensi dell'Opcm 3519/06 e della Dgr. n. 216/2017 e 968/2018. Area caratterizzata da possibili forti terremoti ma molto rari.

MODELLO GEOLOGICO N.T.C. 2018

Il modello geologico del sito risulta caratterizzato dalla presenza in superficie di depositi sedimentari limo - sabbiosi – ghiaiosi (fortemente rimaneggiati in superficie) con il bed-rock che si posiziona in profondità mediamente oltre -20/30 m lungo l'alveo del t. Segno.

Presenza della falda con profondità intorno ai -3/-5 m dal piano campagna attuale ed in relazione ai tiranti idrici diretti del corso d'acqua.

L'area risulta a bassissima pericolosità geomorfologica (PG0 nel PDB), mentre il sito ricade in zona inondabile nella fascia B con tempi di ritorno 200 ennali.

La zona sismica in cui ricade il comune di Vado Ligure è 3 dove gli eventi sismici, seppur di intensità minore, possono comunque creare danni. La categoria del sottosuolo ai fini sismici è " B" e le condizioni topografiche in "T1".

ELEMENTI DI CRITICITÀ ed ATTENDIBILITÀ DEL MODELLO GEOLOGICO

In questo capitolo si analizzano le incertezze nella ricostruzione del modello geologico di riferimento. Si può comunque ritenere (anche in considerazione dei dati geo-stratigrafici acquisiti) che il modello geologico adottato descriva con sufficiente accuratezza lo scenario naturale "in grande" salvo specificazioni particolari e locali che potranno essere successivamente approfondite e controllate in fase esecutiva e di cantiere sotto il controllo dei tecnici incaricati.

RELAZIONE GEOTECNICA

(caratterizzazione e modellazione geotecnica del sito)

GENERALITÀ

La relazione, secondo le specifiche della normativa vigente e dello stato dell'arte, è finalizzata alla caratterizzazione e alla modellazione geotecnica dei terreni interagenti con l'opera, e riassume i risultati delle analisi svolte per la successiva verifica delle condizioni di sicurezza e la valutazione delle prestazioni nelle condizioni d'esercizio del sistema costruzione-terreno.

MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

L'area di studio è caratterizzata da sedimenti alluvionali costituiti da sabbie, ghiaie e limi e subordinati livelli fini di natura pelitica. I materiali sedimentari hanno un comportamento prevalentemente "granulare" e poggiano sul sottostante bed-rock di rocce permo-carbonifere fratturate e/o marne argillose plioceniche ad una profondità mediamente superiore ai - 20/-30 m lungo tutto l'asse dell'alveo del T. Segno.
Presenza della falda di sub-alveo in diretto contatto con le acque fluviali scorrenti in superficie.

DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DELLE INDAGINI E DELLE PROVE ESEGUITE E ACQUISIZIONE DATI GEOTECNICI

Al fine di determinare l'andamento stratigrafico del sottosuolo nel tratto di intervento, le proprietà geotecniche dei terreni ci si è basati sulle evidenze emerse durante l'esecuzione e l'elaborazione di indagini in sito eseguite dalla ditta "Geofisica ed Ambiente SRLS" nel Dicembre 2022 a corredo del presente progetto. Sono stati anche prese in considerazione i dati provenienti dal "Rapporto indagini geognostiche" eseguite a corredo del "progetto definitivo per la realizzazione del ponte di via alla Costa e relativa viabilità di accesso - anno 2021 Geol . D. Delucchi e L. Maldotti".

DEFINIZIONE DEI VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Per *valore caratteristico (Vk)* di un parametro geotecnico si intende una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato; nello specifico quel valore

quale è associata una prefissata probabilità di non superamento (non più del 5% dei valori desumibili da una serie teoricamente illimitata di prove).

Secondo le Istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (CSLP) sulle NTC (comma C.6.2.2) si possono utilizzare le seguenti combinazioni:

A) Valori caratteristici circa uguali ai valori medi;

B) Valori caratteristici circa uguali ai valori minimi.

Secondo l'Eurocodice 7 e le NTC, i valori caratteristici "Xk" consistono in una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite. La circolare ministeriale illustra chiaramente come tali valori debbano essere scelti.

In particolare:

"Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidezza sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidezza. La scelta di valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei terreni; basti pensare, ad esempio, all'effetto delle discontinuità sul valore operativo della resistenza non drenata. Una migliore approssimazione nella valutazione dei valori caratteristici può essere ottenuta operando le opportune medie dei valori dei parametri geotecnici nell'ambito di piccoli volumi di terreno, quando questi assumano importanza per lo stato limite considerato".

Nel caso in esame, la rigidità della struttura fondale è tale da ottenere compensazione strutturale delle eterogeneità con trasferimento delle sollecitazioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Pertanto i valori caratteristici saranno ubicati in prossimità dei valori medi.

Pertanto la sequenza da utilizzarsi ai fini progettuali è la seguente:

Valori medi (Vm) ⟶ *Valori Caratteristici (Vk)* ⟶ *Valori di Progetto (Vd)*

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE E GEOMECCANICHE

Dalle informazioni raccolte e dei dati noti pregressi dell'area in questione, i terreni (fatta eccezione per i rimaneggiati e di riporto superficiali), sono costituiti da una successione di sedimenti fluviali, irregolare, con lenti e variazioni sia tessiturali sia granulometriche, in senso

sia laterale sia verticale.

Dal punto di vista geotecnico sono prevalenti orizzonti “granulari” costituiti da sabbie grossolane e ghiaia con ciottoli di colore marrone chiaro o grigio, da sabbie limose debolmente ghiaiose, generalmente di colore marroncino e limi sabbiosi; i clasti eterometrici sono sub-arrotondati o arrotondati costituiti da micascisti, filladi, porfiroidi e quarziti.

I valori geotecnici medi dello strato sedimentario, cosi come elaborati in precedenza possono essere così sintetizzati:

- *peso volume naturale γ_n = 18– 20 kN /mc (valore medio 18 kN/mc)*
- *peso di volume saturo γ_s = 19 – 21 kN/mc (valore medio 19 kN/mc)*
- *angolo di attrito interno ϕ = 30°-32° (valore medio 30°)*
- *coesione efficace c '= 5 kN/mq (valore medio 0 -10 kN/mq in relazione al contenuto in fino)*
- *coesione non drenata c_u = 20 kN/mq (nei livelli e lenti di alluvioni medio fini)*

Per i terreni di riporto

- *peso volume naturale γ_n = 17– 18 kN /mc (valore medio 18 kN/mc)*
- *angolo di attrito interno ϕ = 30°-34° (valore medio 32°)*
- *coesione efficace c '= 0 kN/mq*

CONCLUSIONI

Lo scrivente dott. Geol. Flavio Saglietto, iscritto all'albo regionale dei Geologi della Liguria al n.116, dichiara che le previsioni progettuali proposte sono compatibili con le condizioni geologiche , geomorfologiche e geotecniche del territorio interessato dell'intervento ai sensi della normativa vigente in materia.

Borgio Verezzi Aprile 2024

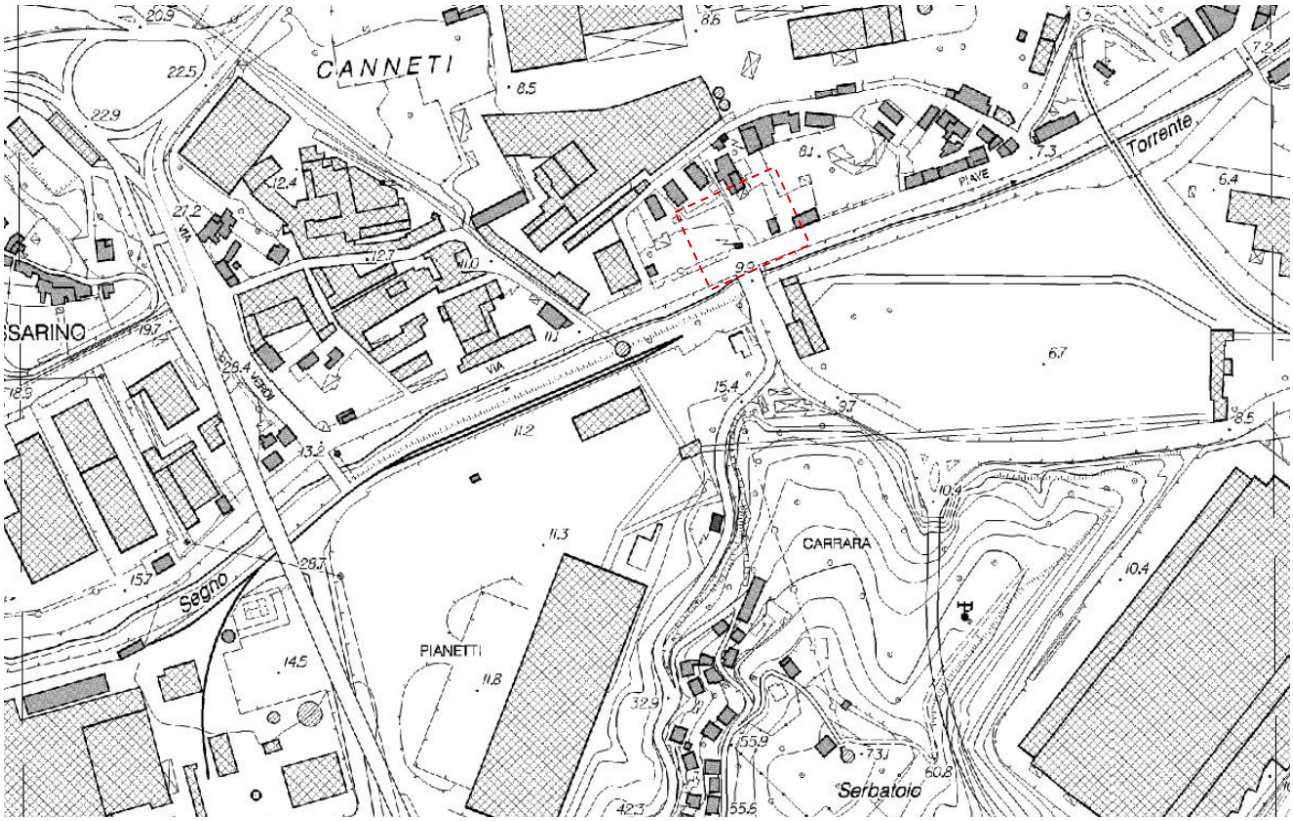
il tecnico

Dott. Geol. Flavio Saglietto (*)

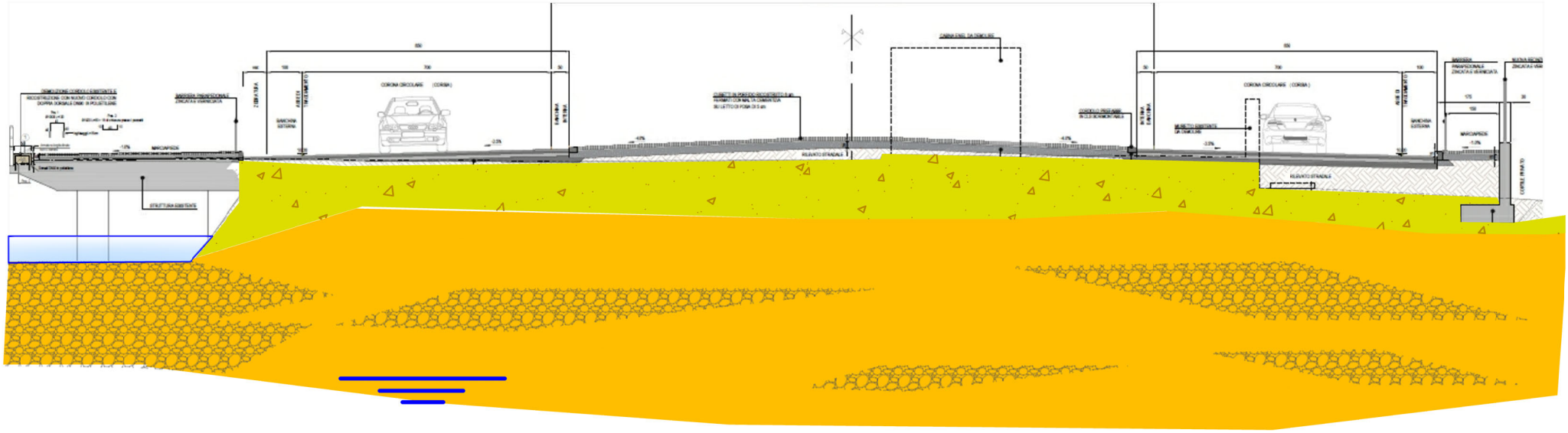


(*) Il documento è firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs. 82/2005 s.m.i. e norme collegate e sostituisce il documento cartaceo e la firma autografa.

COROGRAFIA
Da CTR



Sezione geologica schematica



Terreno superficiale antropico - rimaneggiato
Terreni misti - materiali rimaneggiati e di riporto materiali rimaneggiati prevalentemente grossolani e riporti.

(a)

Sedimenti alluvionali
Terreni granulari - sabbie medie-fini limose, passanti generalmente verso il basso a limi sabbiosi, a colorazione nocciola-brunastra. Presenza di lenti di ghiaie e sedimenti di alveo attivo (a)