COMMITTENTE

RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

PROGETTAZIONE:

ITALFERR
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

DIREZIONE TECNICA

U.O. GEOLOGIA TECNICA DELL' AMBIENTE E TERRITORIO

PROGETTO DEFINITIVO

UPGRADING PRESTAZIONALE CORRIDOIO RENO ALPI - TORINO

Adeguamento a modulo 750 metri della linea Savona - Genova
Stazione di Cogoleto

RELAZIONE

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

SCALA: -

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
NT1N	00	D	69	RG	GE0001	001	A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	F. Paolucci Dott. Francesco Paolucci	Ottobre 2020	R. Briganti	Ottobre 2020	F. Perrone	Ottobre 2020	M.Comedini Novembre 2020 ITALFERR Dott. Geol. Massimo Comedini Ordine dei Geologi del Lazio n° 2103

File: NT1N00D69RGGE0001001A.doc		n. Elab.:

INDICE

1 PREMESSA 5

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 7

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 8

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO GENERALE 10

4.1 INQUADRAMENTO STRUTTURALE 10

4.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE 13

4.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO 16

4.4 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO 18

4.4.1 Inquadramento Idrografico 18

4.4.2 Inquadramento Idrogeologico 20

5 DESCRIZIONE STRATIGRAFICA DI DETTAGLIO 24

6 INDAGINI GEOGNOSTICHE DI RIFERIMENTO 26

6.1 PREMESSA 26

6.2 CAMPAGNA INDAGINI 1999 26

6.3 CAMPAGNA INDAGINI ITALFERR 2020 27

7 ANALISI DELLA COMPATIBILITA' GEOMORFOLOGICA E IDRAULICA 30

7.1 NORME DI ATTUAZIONE DEL PIANO DI BACINO STRALCIO PER LA TUTELA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO 30

7.1.1 Finalità del piano 30

7.1.2 Individuazione e categorie di aree 31

7.2 ANALISI DELLA CARTOGRAFIA DELLA FRANOSITÀ REALE E DELLA SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO 33

7.3 ANALISI DELLA CARTOGRAFIA DELLE FASCE INONDABILI E DEL RISCHIO IDRAULICO 36

8 VINCOLI TERRITORIALI E CLASSI D'USO DEL COMPARTO IN ESAME 43

9 INQUADRAMENTO SISMICO 47

9.1 PREMESSA 47

9.2 AREE SISMOGENETICHE DI INTERESSE 49

9.3 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO 53

9.3.1 Generalità 53

9.3.2 Vita utile e classe d'uso 53

9.3.3 Stati limite e probabilità di superamento 54

9.3.4 Accelerazione di riferimento su suolo rigido a_g 55

9.3.5 Risposta sismica locale 57

9.4 ANALISI DI PERICOLOSITÀ RISPETTO AL FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE 59

10 CONCLUSIONI 60

11 BIBLIOGRAFIA 63

12 ALLEGATI 65

TAVOLE DI RIFERIMENTO

Descrizione	Scala	Codifiche
Carta geologica-geomorfologica e profilo geologico	1:2000/200	NT1N00D69GSGE0001001A
Carta idrogeologica e profilo idrogeologico	1:2000/200	NT1N00D69GSGE0002002A

ELABORATI DI RIFERIMENTO

Descrizione	Scala	Codifiche
Indagini geognostiche	-	NT1N00D69SGGE0000001A
Indagini geofisiche	-	NT1N00D69IGGE0005001A

1 PREMESSA

La progettazione in oggetto è inserita nell'ambito del progetto di Upgrading prestazionale corridoio Reno Alpi e riguarda la tratta Genova Voltri – Savona (Figura 1) per la quale i Posti di Movimento sono stati previsti per entrambe le direzioni nella località di Cogoleto (GE) sui binari I e IV.

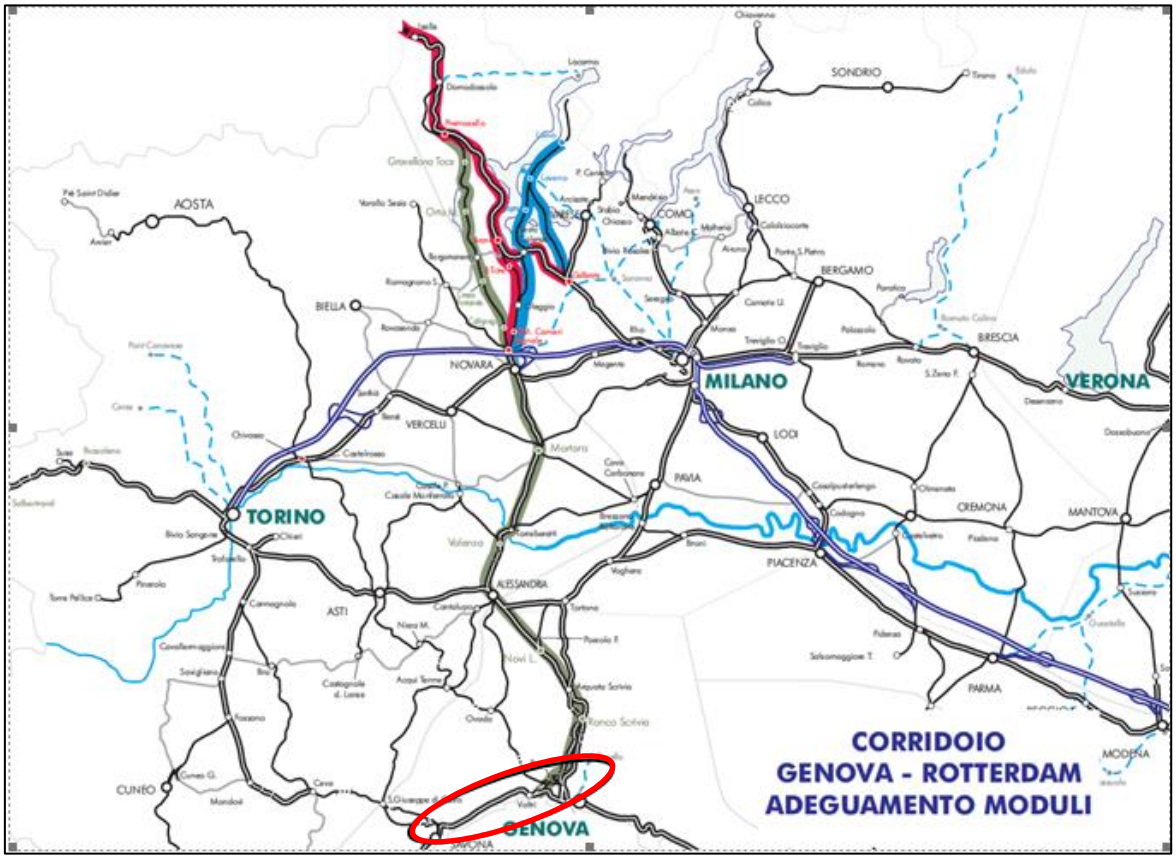


Figura 1 – Ubicazione interventi di Upgrading. Nel cerchio in colore nero la linea Savona– Genova interessata da interventi di adeguamento moduli 750 metri.

A Cogoleto, oggetto di questo progetto, è previsto l'allungamento della precedenza già presente sul binario I modificandone la radice lato Ventimiglia al fine di ottenere il modulo da 750 metri., e, per lo stesso motivo, una minima modifica in estensione del binario IV (lato Ventimiglia).

A seguito degli interventi verrà prevista la modifica dell'attuale ACEI e sarà necessario il prolungamento della tombinatura del rio Beuca; con l'occasione si dovrà prevedere il riposizionamento delle precedenze ad interassi standard.

Il presente documento costituisce la Relazione Geologica, Geomorfologica, Idrogeologica e Sismica che raccoglie e sintetizza le informazioni disponibili derivanti da indagini geognostiche eseguite in questa fase progettuale e comprendenti:

- n. 1 sondaggi a carotaggio continuo, spinto sino a 30 metri di profondità, con esecuzione di prove SPT ed installazione di verticale piezometrica per il monitoraggio della falda;
- n. 2 prove geofisiche di tipo MASW e n. 1 prova geofisica HVSR.

Sono state prese in considerazione anche le indagini svolte da libero professionista nel 1999 e comprendenti n.6 prove penetrometriche dinamiche.

In sintesi, nei capitoli seguenti, verranno approfondite le seguenti tematiche:

1. Inquadramento geografico;
2. Inquadramento geologico dell'area di studio comprendente gli aspetti geologici, geomorfologici ed idrogeologici;
3. Descrizione delle indagini eseguite a supporto della progettazione ed analisi dell'assetto geologico ed idrogeologico;
4. Analisi della pericolosità e del rischio geologico-geomorfologico;
5. Inquadramento sismico dell'area, definizione dell'azione sismica e della magnitudo di riferimento, analisi del rischio di liquefazione.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- UNI EN 1997-1 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- UNI EN 1997-2 - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo.
- O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e s.m.i., “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e successive modifiche ed integrazioni.
- O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006, "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".
- D.M. 17/01/2018, “Norme tecniche per le costruzioni”.
- D.M. 06/05/2008, integrazione al D.M. 14/01/2008.
- Circ. Min. II.TT. 02/02/2009, n. 617, “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14/01/2008”.
- Circ. Min. II.TT. 05/08/2009, “Nuove norme tecniche per le costruzioni approvate con decreto del Ministro delle infrastrutture 14 gennaio 2008 - Cessazione del regime transitorio di cui all'articolo 20, comma 1, del decreto-legge 31 dicembre 2007, n. 248”.
- Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», G.U. n.42 del 20.2.2018, Supplemento Ordinario n.8.
- RFI DTC SI AG MA IFS 002 A del Dic. 2018: Manuale di progettazione delle Opere Civili – Parte II – Sezione 7 – Geologia.
- Tariffa IG di RFI in vigore.
- RFI DTC SI SP IFS 001 B del 22-12-2018 “Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Sez. 3 – Rilievi geologici e indagini geognostiche”.
- D.M. 11.03.1988: “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle opere di fondazione”. (DPR. 5 ottobre 2010, n. 207 artt. 52-53).

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto del presente studio (Figura 3-1) è ubicata nella regione Liguria, nel comune di Cogoleto (GE) situato nel ponente della riviera ligure, a ovest della città di Genova. L'area si colloca lungo la linea ferroviaria Genova-Savona nei pressi della stazione di Cogoleto, lungo la fascia costiera collegata a nord ad una zona montuosa con un paesaggio collinare alquanto addolcito verso sud.

L'area, localizzata in destra del torrente Rumaro, viene individuata in Figura 3-1 su cartografia stradale ed in Figura 3-2 su immagine aerea.

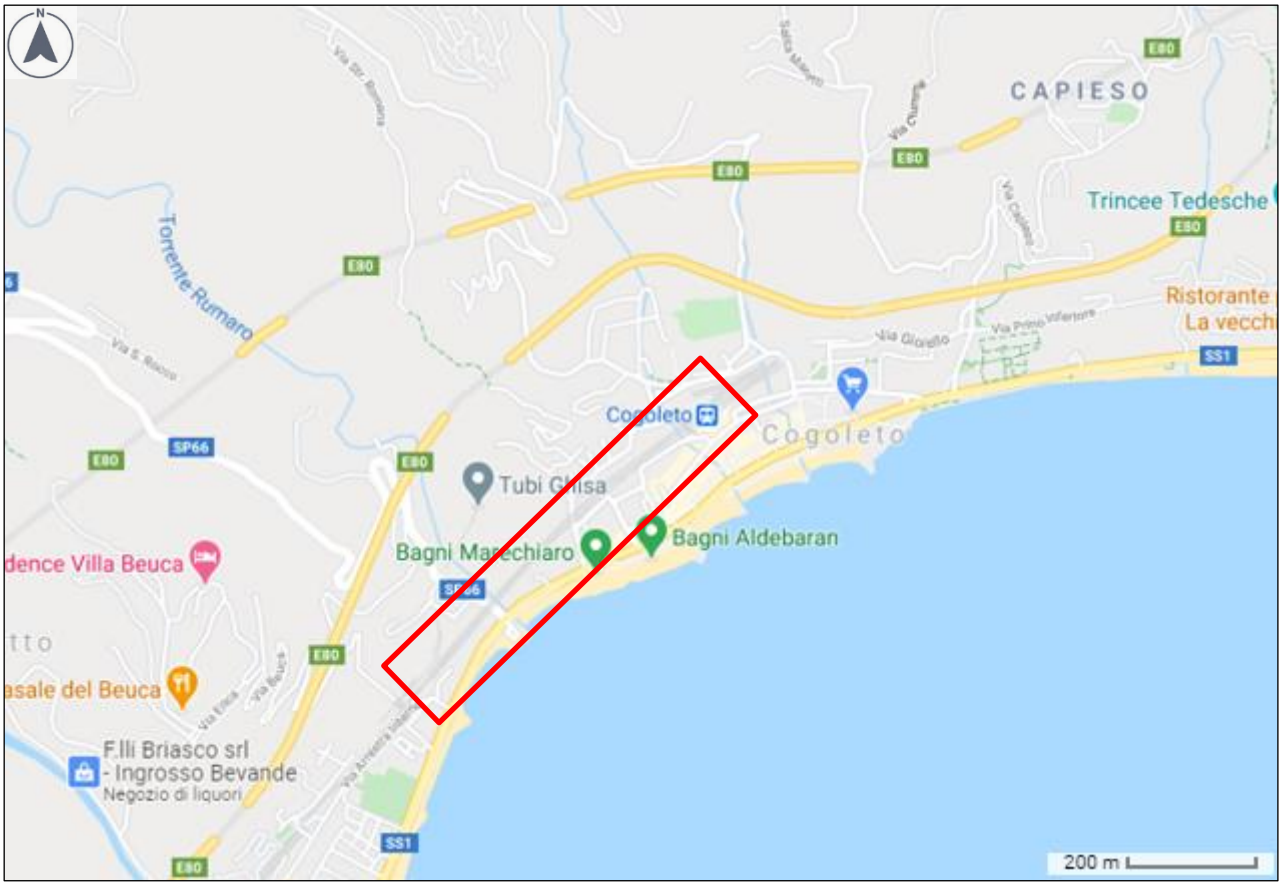


Figura 3-1 – Carta stradale dell'area di studio con evidenziata (in rosso) l'area di progetto.

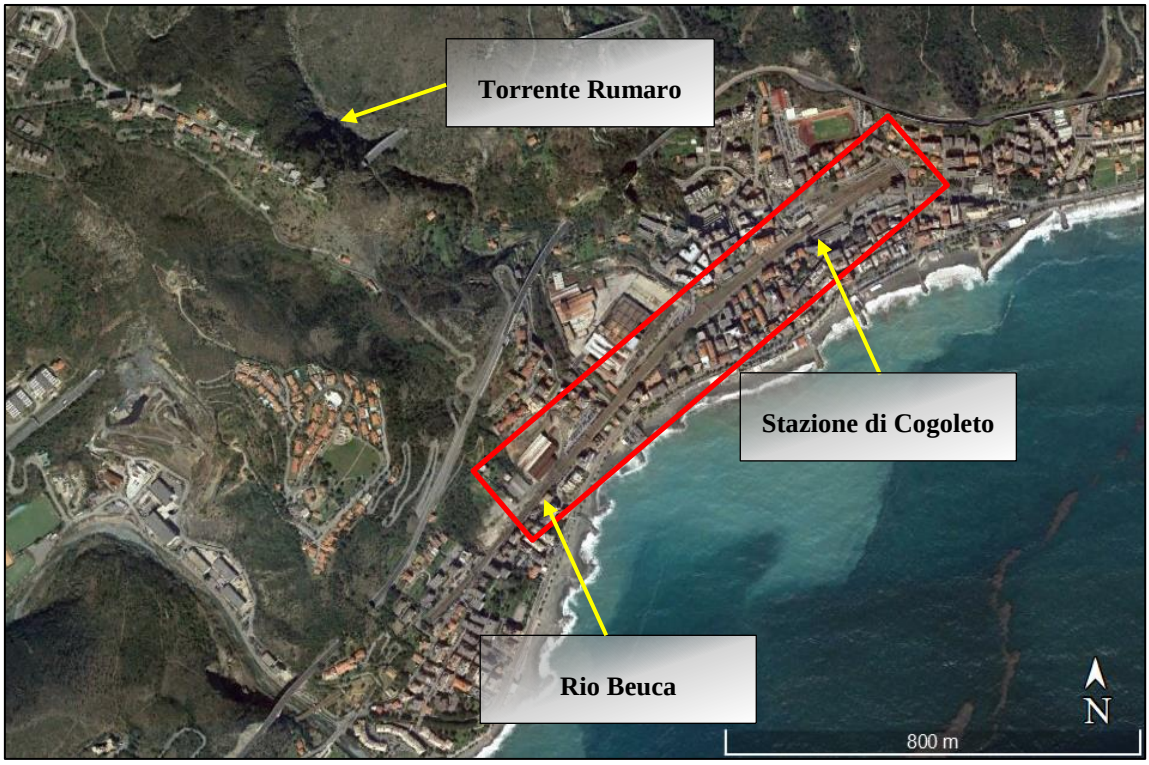


Figura 3-2 – Immagine aerea dell'area di studio con evidenziata (in rosso) l'area di progetto (Google Earth).

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO GENERALE

Nei paragrafi seguenti si riporta l'inquadramento tettonico e strutturale, l'inquadramento geologico regionale, l'inquadramento geomorfologico e l'inquadramento idrogeologico dell'area di studio.

4.1 INQUADRAMENTO STRUTTURALE

L'area si trova nella Liguria centrale, in una posizione chiave dal punto di vista geodinamico-strutturale poiché rappresenta il punto di giunzione fra le Alpi occidentali e la catena appenninica settentrionale, separate dalla zona Sestri-Voltaggio (Allasinaz et al., 1971).

In particolare, l'area ricade nelle Alpi Sud-occidentali appartenenti al Dominio Pennidico (Figura 4-1). La costruzione delle Alpi è frutto di una storia geologica molto complessa che è iniziata circa 130 milioni di anni fa con l'inizio della chiusura della Tetide, tuttora in atto.

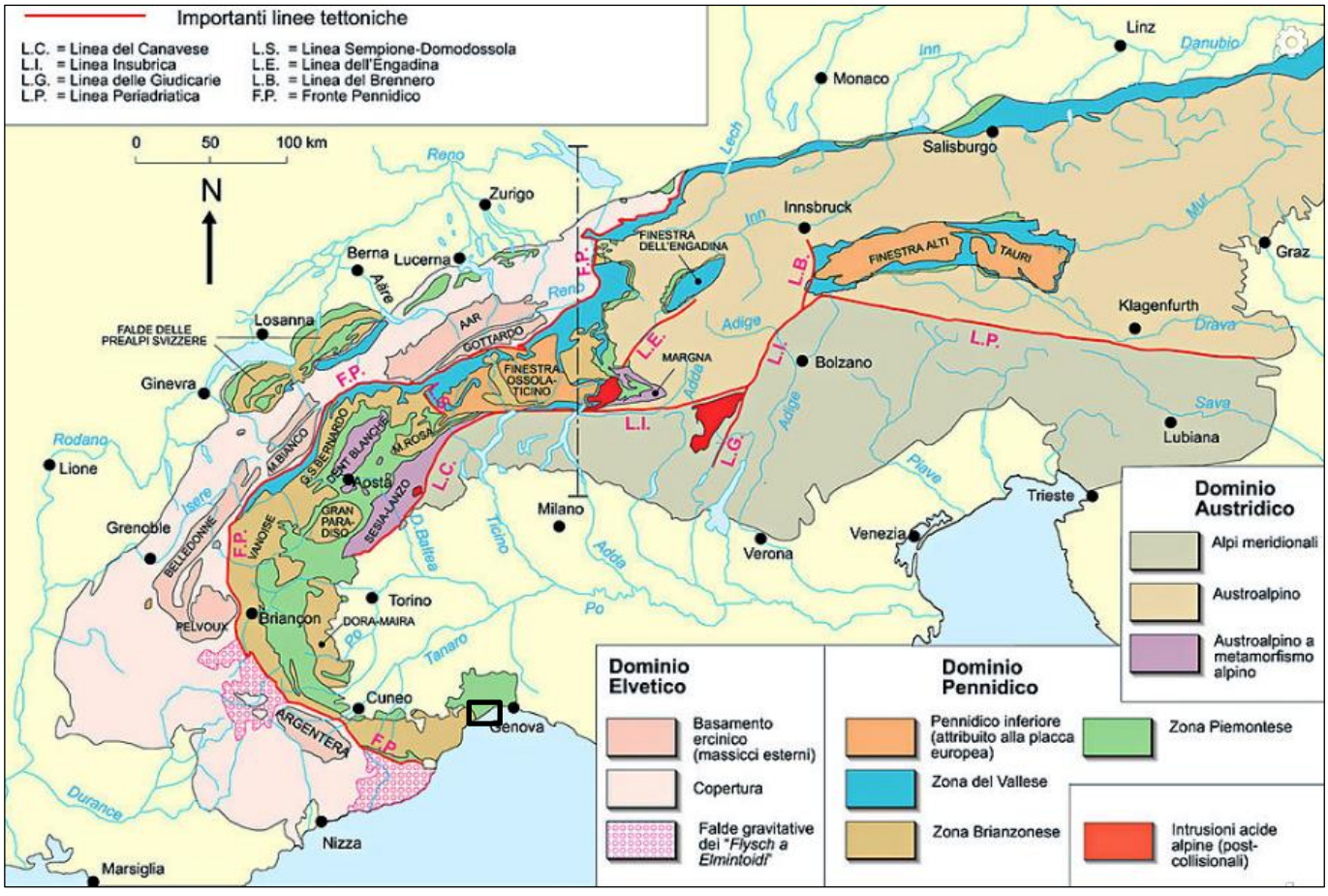


Figura 4-1 – Mappa schematica della geologia delle Alpi. Il rettangolo nero evidenzia l'area di studio in corrispondenza del comune di Cogoleto.

Le Alpi Liguri rappresentano la terminazione meridionale delle Alpi Occidentali e sono composte da un impilamento complesso di unità tettoniche che, strutturalmente e litograficamente, riflettono l'evoluzione geodinamica tipica di questa porzione di catena. Quest'ultima inizia nel Triassico-Giurassico con le fasi di rifting e spreading che consentono l'individuazione del bacino oceanico Ligure-Piemontese, tra i margini continentali assottigliati della placca Europea ed Apula. L'inversione dei movimenti relativi tra le placche determina, a partire dal Cretaceo, la convergenza dei margini continentali e la subsidenza della litosfera oceanica che porta alla chiusura del bacino Ligure-Piemontese con conseguente collisione continentale ed esumazione delle unità subdotte. Ne consegue che le Alpi Liguri si presentano come la sovrapposizione di unità di crosta oceanica e di mantello, riequilibrate a diversa profondità, quindi a diverse condizioni di pressione e temperatura.

Le successioni sorte dall' oceano Piemontese-Ligure affiorano estesamente dalla zona Sestri-Voltaggio sino alla linea Celle-Sanda e, data la copertura da parte di depositi successivi, in gran parte delle Alpi Marittime e Cozie. Prescindendo dai Flysch e dai loro complessi di base, con terreni essenzialmente cretacico-paleocenici, alcune unità sono formate da successioni più o meno complete, mentre altre solo dal substrato "ofiolitico".

L'origine delle rocce che si rinvengono in quest'area (le unità del Gruppo di Voltri, la Zona Sestri-Voltaggio e l'areale del Flysch di M. Antola) risale al Cretaceo Superiore (60 - 80 milioni di anni fa) quando ebbe inizio il movimento convergente della placca africana verso la placca euro-asiatica. Le terre emerse dei due continenti erano allora separate dal Bacino Ligure Piemontese, cioè un oceano alla base del quale era presente una copertura sedimentaria che ammantava il basamento oceanico. Questo movimento di avvicinamento continentale determinò la chiusura del bacino frapposto e l'inizio degli eventi tettogenetici alpini. La crosta oceanica del Bacino Ligure Piemontese sprofondò lungo dei piani di scivolamento (fase subduttiva) immergenti verso l'Africa. Tale movimento determinò una intesa azione metamorfica sui materiali, con variazioni mineralogiche sostanziali, i quali vennero sottoposti ad elevatissime pressioni (7 - 10 kb) e temperature medio basse (300 - 400°C) tipiche di ambienti localizzati a profondità comprese tra 30 e 40 km.

Le coperture sedimentarie oceaniche in parte vennero coinvolte nello sprofondamento mentre altre sfuggirono alla subduzione corrugandosi contro il margine africano. Il movimento di convergenza continentale proseguì nell'Eocene Medio (40 milioni di anni fa) sino all'Eocene Superiore (35 Ma) quando avvenne la collisione tra la placca Africana e la placca Euro-asiatica. In queste fasi, i materiali derivanti dal Bacino Ligure Piemontese furono riesumati dalle profondità e, totalmente modificati, dislocati in falde (unità strutturalmente differenziabili).

Il movimento della placca Africana proseguì per alcuni milioni di anni dopo la collisione, penetrando profondamente il continente euro-asiatico e determinando rilevanti spostamenti e corrugamenti delle unità

riesumate come l'Unita del Gruppo di Voltri (Figura 4-2). Tali dislocazioni, che determinarono la strutturazione delle Alpi, perdurarono per svariati milioni di anni e furono coinvolte da una successiva fase orogenetica che portò alla creazione degli Appennini ed alla distorsione della catena alpina in un arco.

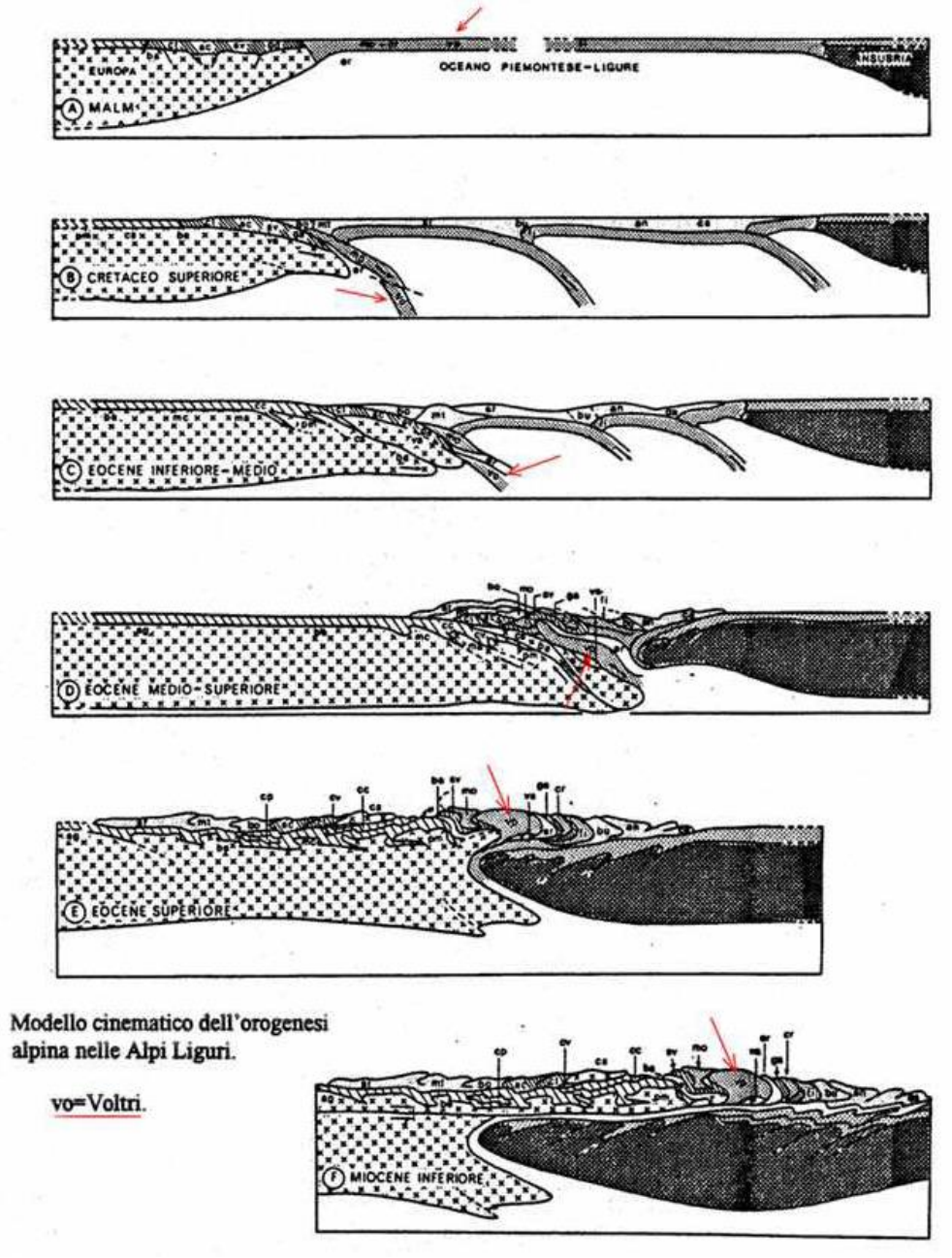


Figura 4-2 – Modello cinematico dell'orogenesi Alpina nelle Alpi Liguri (Vanossi et alii, 1984). Le frecce rosse evidenziano a posizione del Gruppo di Voltri nelle varie fasi evolutive).

In sostanza, quindi, tutta l'area della Liguria centrale è riassumibile come il risultato di imponenti traslazioni della crosta oceanica ligure sulla zona piemontese (Haccard, 1972). Ciò ha determinato l'impilamento di un edificio a falde sovrapposte in cui i litotipi coinvolti dal processo di metamorfismo conseguente spaziano da rocce basiche di fondale oceanico a rocce proprie della relativa copertura sedimentaria: esse sono sostanzialmente serpentiniti con associati metagabbri e corpi eclogitici, metasedimenti con associate metabasiti (calcescisti, quarzoscisti, micascisti, metagabbri, prasiniti), lherzoliti con subordinati lembi di pirossenite e dunite. Successivamente, nel Cenozoico, si instaura nell'area in esame, come in tutto il margine tirrenico, una fase tettonica distensiva che porta allo sprofondamento del golfo ligure. Il collasso avviene con la formazione di strutture a horst e graben orientate circa parallelamente alla costa. Ciò determina una trasgressione marina che si spinge dentro nelle insenature e nelle valli longitudinali del margine tirrenico, dove avviene la deposizione di sedimenti marnosi, argillosi, sabbiosi e conglomeratici. Sistemi successivi di faglie distensive plio-quaternarie vanno ad intersecare infine le strutture precedenti, generando sovente cattura e deviazione dei corsi d'acqua.

Da quanto detto appare che il quadro tettonico dell'area in studio sia estremamente complicato per il succedersi e l'intersecarsi di sistemi tettonici dapprima prevalentemente compressivi e poi, successivamente, distensivi. Conseguentemente, le unità del Gruppo di Voltri (come pure quelle della Zona Sestri-Voltaggio) appaiono sovente divise in singole scaglie tettoniche. Il sistema sarebbe principalmente rappresentato da una struttura transpressiva destra orientata circa in direzione NE-SW, centrata sul margine di giunzione fra il Gruppo di Voltri e la Zona Sestri-Voltaggio.

In linea generale, possiamo dire che le strutture legate alla tettonica compressiva cretacica-eocenica hanno direzione prevalentemente N-S (NNW-SSE e NNE-SSW) con immersione verso est, e sono caratterizzate da faglie inverse, sovrascorrimenti e strutture plicative duttili; queste ultime, da alcuni studi svolti su scistosità e lineazioni, sarebbero associabili ad almeno tre fasi di deformazione. Altresì, il sistema delle strutture tettoniche distensive (horst e graben) plioceniche avrebbe una direzione prevalente E-W (ENE-WSW e WNW-ESE). In corrispondenza delle faglie si rinvengono sovente materiali decisamente cataclasati o addirittura milonitizzati, che bene testimoniano l'entità degli stress generatisi in corrispondenza delle aree tettonizzate.

4.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE

Nell'area di studio sono individuabili diverse unità tettoniche ofiolitiche appartenenti al dominio Ligure-Piemontese, la cui genesi è stata descritta nel paragrafo precedente, coperte in parte da una successione sedimentaria Cenozoica legata alla trasgressione marina e da depositi quaternari deposti sopra alle unità tettonizzate. Al fine di distinguere i rapporti tra i terreni Cenozoici e le sottostanti unità tettoniche del substrato è

stata utilizzata la seguente classificazione geolitologica, adottata per il PUC del Comune di Cogoleto (Buzzi et al., 2010-2018):

Depositi Quaternari

Depositi alluvionali e spiagge (As): appartengono a questa unità i depositi ghiaiosi e sabbiosi che costituiscono i terrazzi e gli alvei attuali dei fiumi e i depositi sabbiosi e ciottolosi dei litorali attuali. Olocene

Grossi riporti (Gr): riporti antropici per la stabilizzazione dei versanti. Olocene

Paleofrane (Pf): detriti di falda e depositi ciottolosi a matrice detritica. Si trovano prevalentemente ai piedi dei versanti ofiolitici. Pleistocene – Olocene

Depositi Oligocenici

Formazione di Molare (M-Mol): marne e marne siltose con intercalazione di sottili livelli arenacei e di livelli conglomeratici alla base della serie. La formazione è in contatto tettonico con le Argille di Ortovero e i quarzoscisti dell'unità Voltri-Rossiglione. Oligocene sup.

Sequenza sedimentaria di piattaforma di Cogoleto:

Sequenza di zona esterna costituita, dal basso verso l'alto, da quarziti, dolomie calcaree e scisti filladici e micacei più o meno calcariferi. I livelli di calcare, dolomia e di dolomia calcarea sono ricristallizzati con grana saccaroide e frequenti idioblasti albitici. Le dolomie e le dolomie calcaree presenti nel comune di Cogoleto son ben stratificate con locali intercalazioni cloritico sericitiche.
Il livello degli scisti filladico - micacei è caratterizzato da filladi e scisti finemente micacei a livelli calcarei finemente ricristallizzati con abbondanti lenti di quarzo ricristallizzato. Triassico

Unità di Voltri-Rossiglione:

Metabasiti a scisti verdi costituiti da prasiniti, ad albite+clorite+epidoti+attinolite+fengite+titanite+quarzo con albite ocellare, associate a calcescisti. Tali litotipi rappresentano il risultato di un metamorfismo polifasico su terreni torbiditici con riequilibratura finale in facies scisti verdi.

Unità di Varazze:

Serpentiniti associate a metagabbri con due fasi di serpentinizzazione: la prima con associazione mineralogica lizardite+magnetite+diopside+clorite+humite; la seconda con lo sviluppo di antigorite, la ricristallizzazione della

magnetite e la scomparsa di diopside e cloriti. Sono presenti all'interno delle serpentiniti masse di metagabbri con associazione mineralogica albite+clinozoisite+clincloro+tremolite+fengite+titanite.

Nell'area di progetto affiorano i depositi quaternari litoranei (a sud) e le serpentiniti dell'unità di Varazze (a nord), come si può osservare in Figura 4-3 (legenda in Figura 4-4).

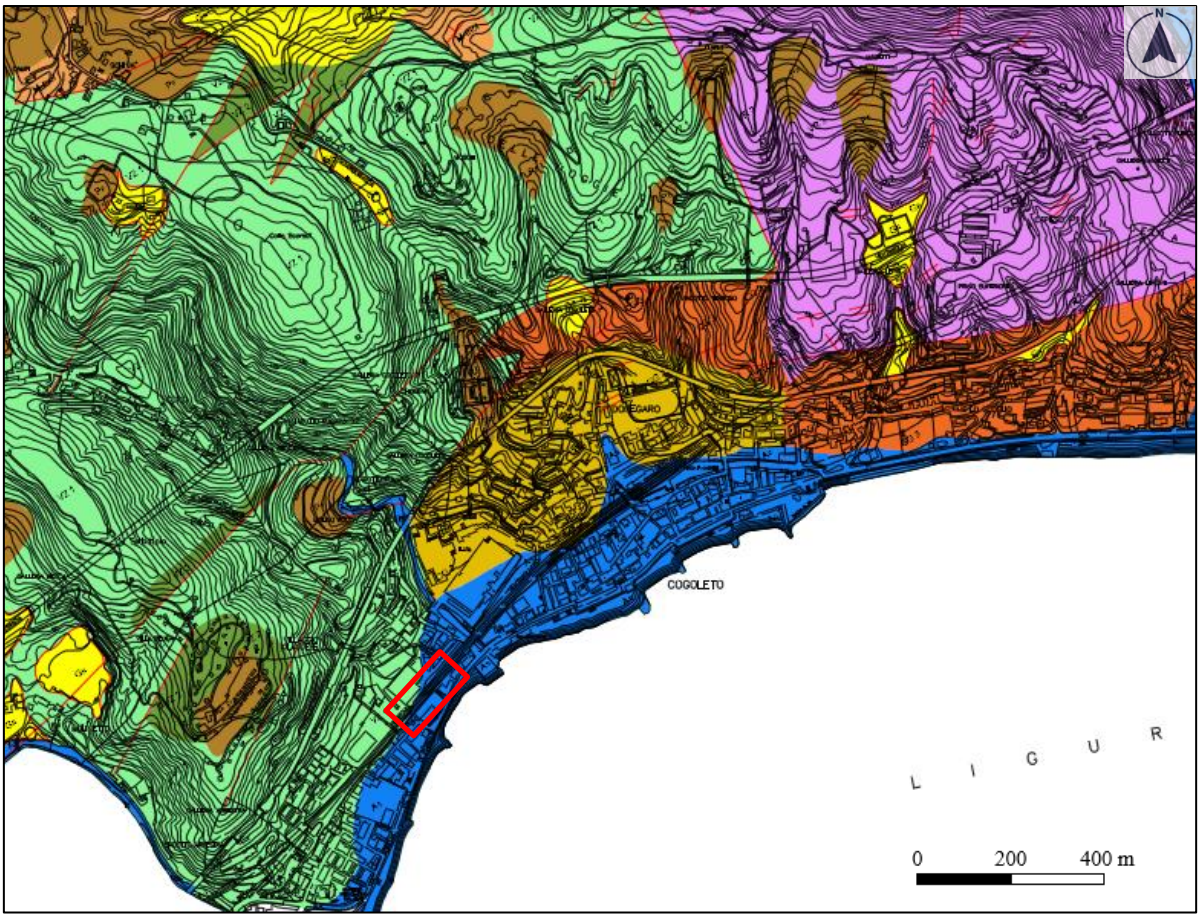


Figura 4-3 – Stralcio, non in scala, della Carta Geolitologica del PUC del comune di Cogoleto (scala 1:5.000). L'area di progetto è evidenziata in rosso.

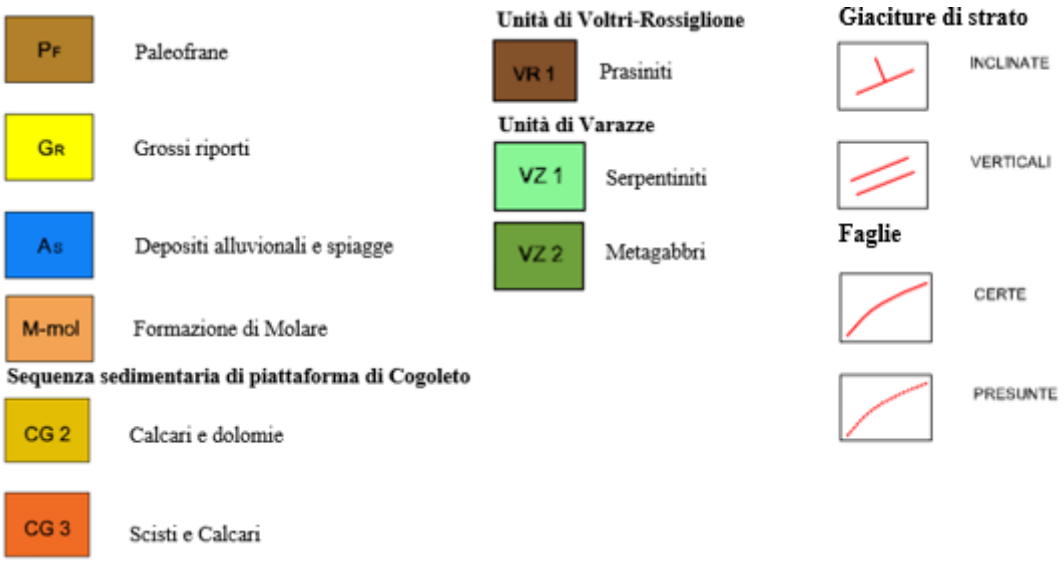


Figura 4-4 – Legenda della Carta Geolitologica del PUC del comune di Cogoleto (scala 1:5.000).

4.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il territorio in cui è ubicata l'area di studio ha un assetto geomorfologico caratterizzato da zone prettamente litoranee e costiere (inclinazioni massime del 10-20%) e retrostanti pendii naturali a declivio naturale o rimodellati dall'uomo con terrazzamenti (inclinazioni massime del 75-100%).

Nelle zone di particolare interesse urbanistico le coperture eluvio colluviali, e in alcuni casi anche il substrato roccioso (cave), sono stati rimaneggiati dall'azione antropica.

La morfologia del territorio, ed in particolare la pendenza e l'orientazione dei versanti, è correlata prevalentemente al quadro tettonico e neotettonico territoriale. Le strutture tettoniche più recenti legate all'espansione del Bacino Tirrenico hanno influenzato l'orografia e l'idrografia del territorio, suddividendo in blocchi il substrato e controllando il drenaggio superficiale, orientato lungo le principali discontinuità.

L'azione fluviale dei torrenti e quella costiera del mare hanno modellato le forme del territorio dando origine a processi geomorfologici di versante e a terrazzi alluvionali e marini in prossimità della costa.

Nell'area di studio sono presenti due ordini di terrazzi marini; la piana costiera arriva fino ai piedi dei versanti costieri e ha altitudine di circa 25 m s.l.m. ai piedi del terrazzo di primo ordine (Carobene et al., 2011).

Lungo la piana costiera si possono riconoscere 3 unità morfo-stratigrafiche; di seguito vengono riportate con l'indicazione per ciascuna delle litologie costituenti:

- piana alta: si estende tra 10 e 25 m s.l.m ed è costituita da depositi di versante di spessore massimo di 10m pedogenizzati. La piana alta è stata troncata verso il mare dalla risalita eustatica olocenica che ha originato la piana bassa.
- piana bassa: si estende tra 5 e 10 m s.l.m. ed è caratterizzata nei primi metri sotto il p.c. da depositi alluvionali e colluviali.
- spiaggia attuale: si estende tra 0 e 5 m s.l.m. ed è costituita da ciottoli e sabbia con tendenza all'arretramento. In alcuni casi di forte arretramento anche la piana bassa risulta troncata verso il mare.

I versanti a valle dell'orlo esterno dei terrazzi hanno pendenze variabili con valori medi di 27° (terrazzi del primo ordine) e 31° (terrazzi del secondo ordine). Le pendenze dei versanti più antichi (dei terrazzi del primo ordine) sono minori poiché questi sono più regolarizzati e meno inclinati, risentendo in modo minore degli effetti dell'arretramento costiero del Pleistocene superiore. I versanti dei terrazzi risultano attualmente stabilizzati dalle opere antropiche legate all'urbanizzazione costiera e dalla vegetazione su di essi (Carobene et al., 2011).

A nord rispetto ai terrazzi marini sono presenti diverse valli perpendicolari alla linea di costa che si sono formate lungo il tracciato dei principali torrenti dell'area. I versanti di tali valli hanno una parte bassa più pendente rispetto a quella superiore con una pendenza media di 34°; questo valore è maggiore rispetto a quello misurato sui terrazzi marini, ciò indica un approfondimento fluviale successivo alla formazione e al sollevamento del terrazzo del primo ordine.

Lungo le valli appena descritte sono presenti depositi alluvionali e si riscontrano fenomeni di dinamicità dei versanti, come riportato sulla Carta Geomorfologica del PUC del comune di Cogoleto, di cui si riporta uno stralcio in Figura 4-5. I fenomeni di instabilità di versante saranno approfonditi nel capitolo dedicato al rischio geomorfologico e idrogeologico, al paragrafo 7.2.

Sulla Carta Geomorfologica del PUC del comune di Cogoleto (Figura 4-5) si osserva che l'area di progetto ricade sopra i depositi delle spiagge recenti, con un versante di terrazzo alto meno di 5 m posto a nord ovest rispetto alle opere in progetto.

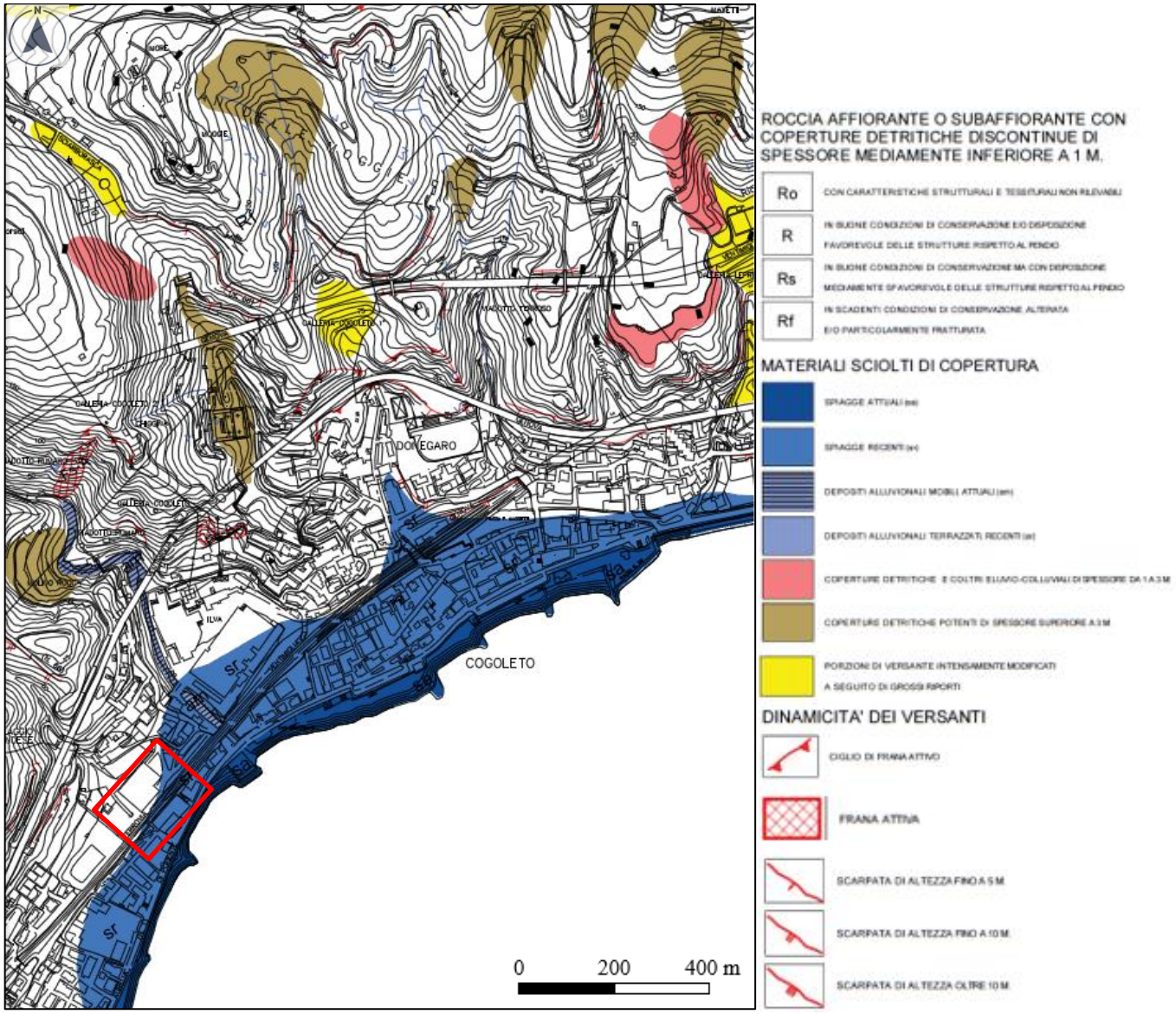


Figura 4-5 – Stralcio, non in scala, della Carta Geomorfologica del PUC del comune di Cogoleto (scala 1:5.000). L'area di progetto è evidenziata in rosso.

4.4 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO

4.4.1 Inquadramento Idrografico

La tettonica plio-quaternaria ha condizionato profondamente l'idrografia di superficie del versante ligure tirrenico. I bacini risultano modellati prevalentemente dall'azione delle acque di ruscellamento e da quelle incanalate

presentano un reticolo poco gerarchizzato. I bacini idrografici dell'area sono tutti di dimensioni ridotte, fatta eccezione per quelli dei due maggiori fiumi dell'area, ovvero i torrenti Arrestra e Lerone (circa 21 km^2) che presentano caratteristiche geomorfologiche piuttosto simili tra loro. Il regime dei corsi d'acqua è torrentizio con forti acclività, le distanze tra gli spartiacque e la linea di riva brevi, le piane costiere sono in genere strette.

Il vero elemento dominante di tutta la fascia costiera è l'intensa antropizzazione dei tratti mediani e terminali dei bacini. Detta antropizzazione, relativa per lo più all'urbanizzazione, ha completamente obliterato sia i caratteri morfologici dei versanti (aggrediti dall'edilizia residenziale ed industriale) sia quelli dei fondivalle (quasi tutti i corsi d'acqua risultano tombinati nei tratti più prossimi alla costa). La complessità dell'assetto geologico che caratterizza tutto questo settore ha contribuito in maniera determinante a definirne il suo l'aspetto geomorfologico.

Per quanto concerne l'area di progetto, il Torrente Lerone si trova a 1,5 km di distanza a nord est dell'area di studio e quindi non si ritiene interferisca con le opere in progetto. Il torrente Arrestra invece scorre a 500 metri a sud ovest dell'area di studio.

La cartografia regionale del reticolo idrografico (stralcio in Figura 4-6) riporta la presenza di due torrenti appartenenti al reticolo idrico minore. Il maggiore dei due corsi d'acqua, il torrente Rumaro, scorre a circa 100 metri a nord est rispetto all'area di progetto; il più piccolo, il Rio Beuca, si trova all'interno dell'area di progetto, diventa tombinato in prossimità della linea ferroviaria per poi sfociare in mare 90 metri a valle della linea ferroviaria.

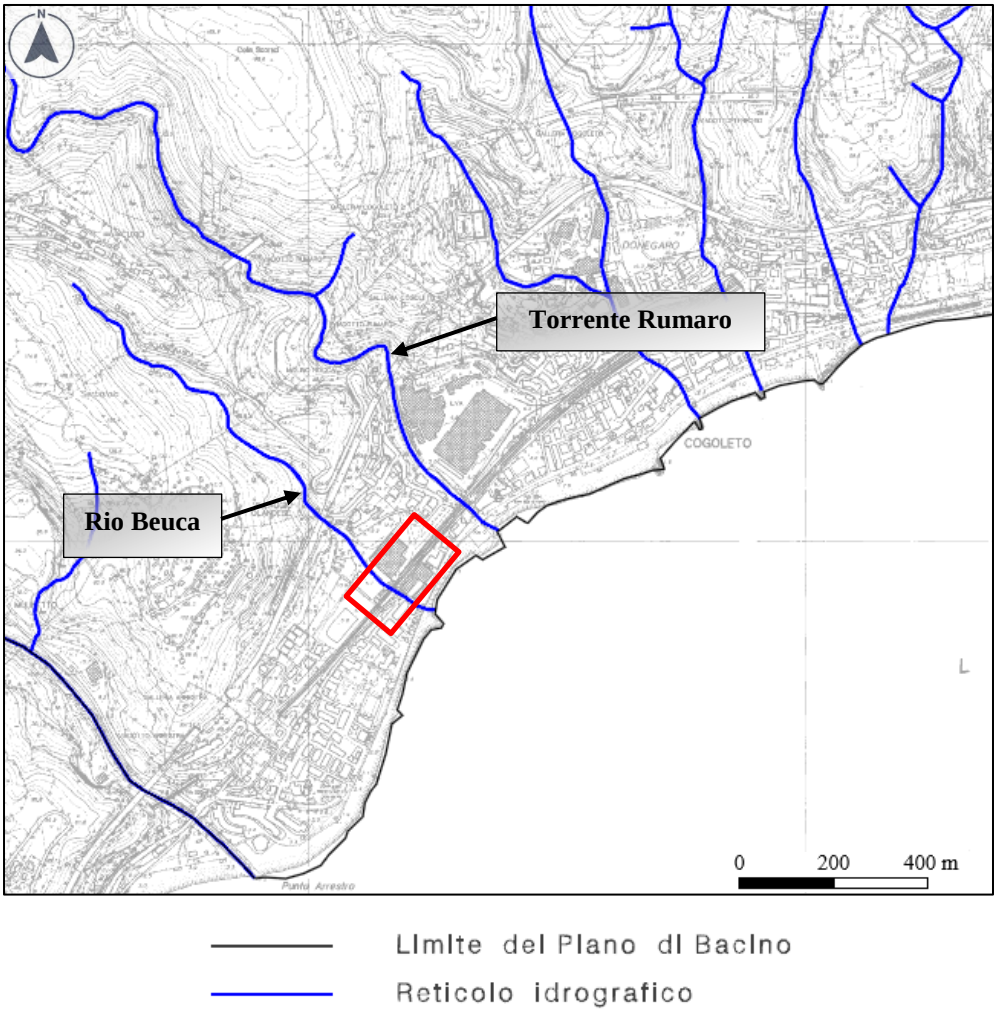


Figura 4-6 – Stralcio, non in scala, della Carta del Reticolo Idrografico del Piano di Bacino della Provincia di Genova, ambiti 12 e 13 (scala 1:10.000). L'area di progetto è evidenziata in rosso.

4.4.2 Inquadramento Idrogeologico

Nell'area di studio le unità geologiche presenti originano corpi acquiferi superficiali ad elevata permeabilità per porosità nei depositi quaternari che si trovano al di sopra di rocce metamorfiche a permeabilità inferiore, fungendo queste da base dell'acquifero.

Le unità geolitologiche sono state classificate valutando le loro caratteristiche idrogeologiche; valutando quindi il grado di permeabilità e la tipologia di permeabilità (per porosità o per fessurazione) dei litotipi sono state distinte

quattro classi, riportate sulla Carta Idrogeologica del PUC del comune di Cogoleto (Figura 4-7) e sulla Carta Idrogeologica del PAI della Provincia di Genova (Figura 4-8):

- Formazioni permeabili per porosità: fanno parte di questa classe tutti gli accumuli di materiali sciolti, quali le coperture detritiche con potenza maggiore di 3 m, i depositi alluvionali e di spiaggia e i riporti antropici "Grossi riporti" sulla Carta Geomorfologica (Figura 4-5). In questa classe rientrano depositi con permeabilità differenti, infatti i depositi alluvionali e di spiaggia, posti in prevalenza lungo la costa, hanno permeabilità maggiori rispetto alle coltri eluvio colluviali lungo i versanti.

- Formazioni permeabili per fessurazione e/o fratturazione: in questa classe si trovano i litotipi massivi, stratificati o foliati che presentano una permeabilità per fessurazione primaria o secondaria a causa delle deformazioni tettoniche subite. Di questa classe fanno parte le dolomie, i calcari dolomitici, i calcari e le serpentiniti. Le serpentiniti sono la litologia di questa classe maggiormente presente sul territorio in esame e sono quasi sempre molto fratturate e alterate (PAI, 2019).

- Formazioni semipermeabili: vi ricadono i litotipi a permeabilità medio bassa, quali quarziti, calcescisti e micascisti. Le rocce con queste litologie hanno una fratturazione poco pervasiva e nei calcescisti le fratture possono essere riempite da materiale argilloso che ne riduce la permeabilità.

- Formazioni impermeabili: rappresentate dai metagabbri, le metabasiti e le marne, che non permettono l'infiltrazione delle acque essendo prevalentemente impermeabili.

La classificazione appena descritta non considera l'urbanizzazione e la conseguente impermeabilizzazione dei primi metri dal p.c.. Sullo stralcio della Carta Idrogeologica del PAI della Provincia di Genova si osserva come tutta la costa nei pressi dell'abitato di Cogoleto, compresa l'area di progetto, ricada in un'area classificata come "Urbanizzato continuo impermeabile con substrato relativo". Quindi sebbene l'area di studio si trovi in parte su depositi di spiaggia permeabili per porosità e in parte su serpentiniti permeabili per fessurazione, la presenza di un sottile livello cementizio superficiale legato all'urbanizzazione dell'area comporta una maggiore impermeabilizzazione della stessa, con una conseguente scarsa o nulla infiltrazione.

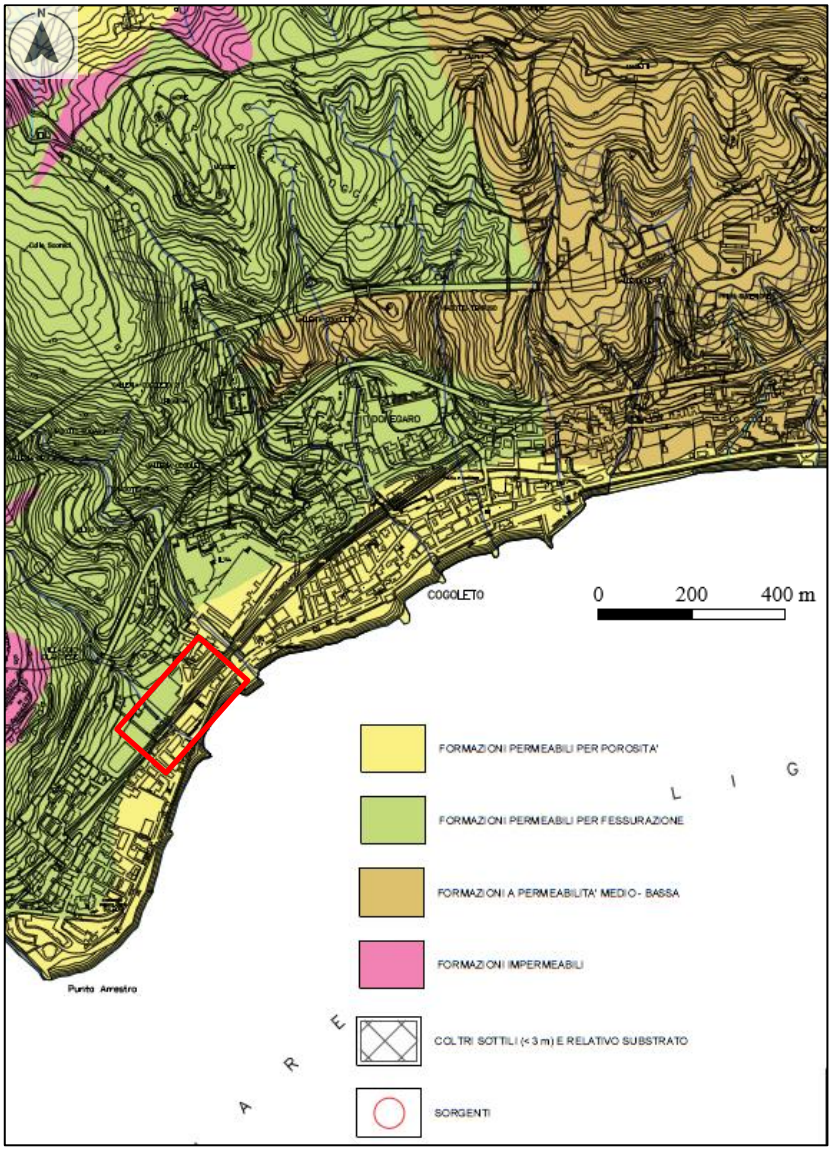


Figura 4-7 – Stralcio, non in scala, della Carta Idrogeologica del PUC del comune di Cogoleto (scala 1:5.000). L'area di progetto è evidenziata in rosso.

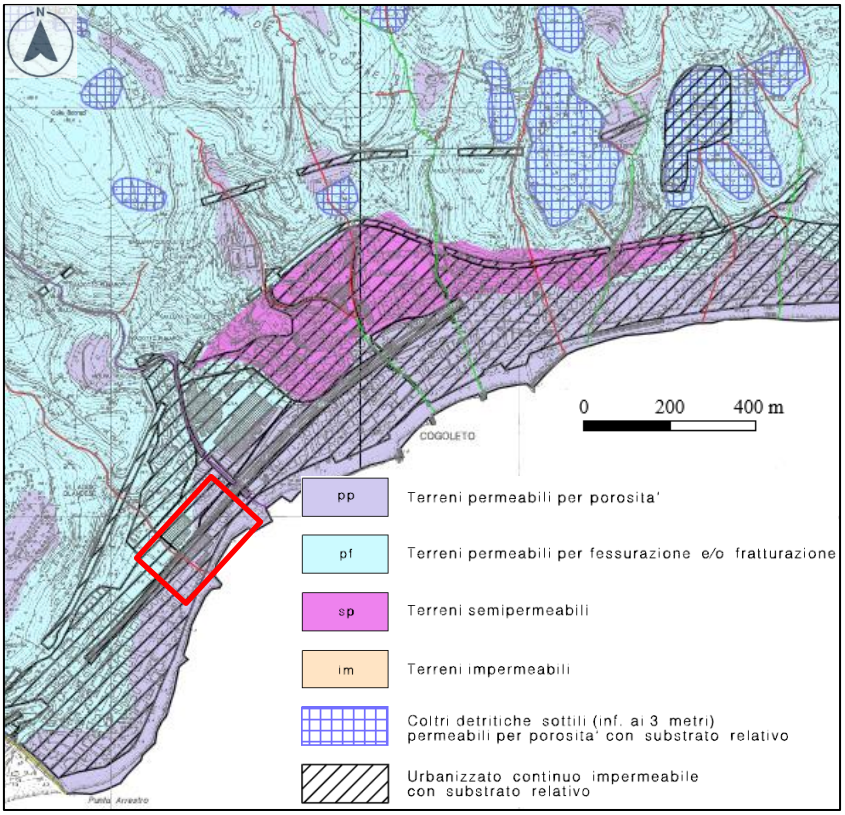


Figura 4-8 – Stralcio, non in scala, della Carta Idrogeologica del Piano di Bacino della Provincia di Genova, ambiti 12 e 13 (scala 1:10.000). L'area di progetto è evidenziata in rosso.

Il livello di falda, misurato nel sondaggio S02 (descritto nel capitolo 6), è riportato in Tabella 4-1.

Tabella 4-1 – Livello di falda registrato nel sondaggio S02

ID	Data	Livello di falda (m da p.c.)
S02	27/09/2020	-6.11

5 DESCRIZIONE STRATIGRAFICA DI DETTAGLIO

Nel presente paragrafo viene effettuata una descrizione di dettaglio della stratigrafia nei pressi della stazione di Cogoleto, con particolare riferimento alle due sezioni geologiche elaborate a partire dal sondaggio e dalle due prove geofisiche MASW effettuati a supporto della presente progettazione. Tali profili sono disposti uno longitudinalmente e l'altro trasversalmente rispetto alla linea ferroviaria in esame e sono riportati nell'elaborato NT1N00D69G5GE0001001A – Carta e profilo geologico.

Il sondaggio a carotaggio continuo (S02) ha interessato materiale di riporto nei primi 1.1 m di profondità. Sotto al riporto antropico si trova un livello di limo argilloso debolmente ghiaioso di 1.9 m di spessore sovrastante a sabbia con ghiaia debolmente limosa potente 2 m. Sotto alle sabbie il sondaggio ha individuato un trovante di serpentinite a lizardite e antigorite di 1.35 m di spessore ubicato sopra a sabbie debolmente limose e limoso argillose che arrivano a 8.6 m di profondità da p.c. I sedimenti appena descritti appartengono ai depositi quaternari alluvionali e di spiaggia (As) descritti al Paragrafo 4.2. Sotto ai depositi alluvionali la stratigrafia ricavata dal sondaggio S2 è costituita da calcescisti e micascisti con livelli nerastri di clorite molto fratturati e disgregati con l'aumentare della profondità, fino ai 30 m di profondità raggiunti dal sondaggio. Gli scisti fanno parte della sequenza sedimentaria di piattaforma di Cogoleto, descritta al Paragrafo 4.2.

Lungo il profilo BB', longitudinale alla linea ferroviaria e passante per il sondaggio S2, è stato possibile tracciare il limite tra i depositi alluvionali quaternari e gli scisti grazie alle prove sismiche MASW_1C e MASW_2C. La prima prova è stata eseguita lungo la ferrovia a 68.5 m di distanza a nord-est del sondaggio S02 ed ha individuato un repentino aumento delle onde di taglio (Vs) a circa 9 m di profondità da p.c. (da 400 a 700/800 m/s); tale aumento può essere attribuito alla presenza dei calcescisti e dei micascisti molto più compatti rispetto ai sovrastanti depositi alluvionali.

La prova MASW_2C è ubicata 37.8 m a sud-ovest rispetto al sondaggio S02 e il grafico delle velocità delle onde di taglio con la profondità mostra un aumento simile delle velocità a quello osservato per la MASW_1C; in questo caso però l'aumento avviene più in profondità ovvero a 14 m dal p.c. Lungo il profilo BB' è stato possibile ipotizzare un abbassamento del limite tra i depositi alluvionali e gli scisti verso sud est, mentre a nord ovest del sondaggio S02 il limite rimane ad una profondità costante di circa 9 m da p.c.

Nella porzione settentrionale del profilo longitudinale affiorano le serpentiniti dell'unità di Varazze VZ1 in contatto tettonico con i calcescisti e i micascisti.

Il profilo AA' ha orientazione NW-SE, perpendicolare alla linea ferroviaria, e passa per il sondaggio S02 e per la MASW_2C. Come per il profilo longitudinale (BB') anche sul profilo trasversale (AA') grazie ai risultati delle

prove MASW si osserva un abbassamento del limite tra i depositi alluvionali e le rocce scistose spostandosi da NW verso SE.

6 INDAGINI GEOGNOSTICHE DI RIFERIMENTO

6.1 PREMESSA

I dati stratigrafici a supporto del presente studio derivano da:

- Campagna indagini del 1999 eseguita da un libero professionista nell'ambito del progetto per la "Realizzazione di un edificio residenziale sull'area ex cantieri Bianchi e Cecchi" che comprende l'esecuzione di n.6 prove penetrometriche dinamiche.
- Campagna indagini del 2020 eseguita da Italferr per la presente fase progettuale che comprende n. 1 sondaggio a carotaggio continuo, n. 2 prove geofisiche di tipo MASW e n. 1 prova geofisica a tecnica passiva HVSR.

6.2 CAMPAGNA INDAGINI 1999

Durante la campagna del 1999 sono stati eseguite n.6 prove penetrometriche dinamiche all'interno dei depositi alluvionali (Figura 6-1 e 6-2). A causa della presenza di ghiaia grossolona solo in un caso si sono raggiunti gli 11 metri, senza comunque mai arrivare ad intercettare il substrato roccioso.



Figura 6-1 – Immagine aerea dell'area di studio con evidenziata (in giallo) l'area delle indagini della campagna del 1999 (Google Earth).

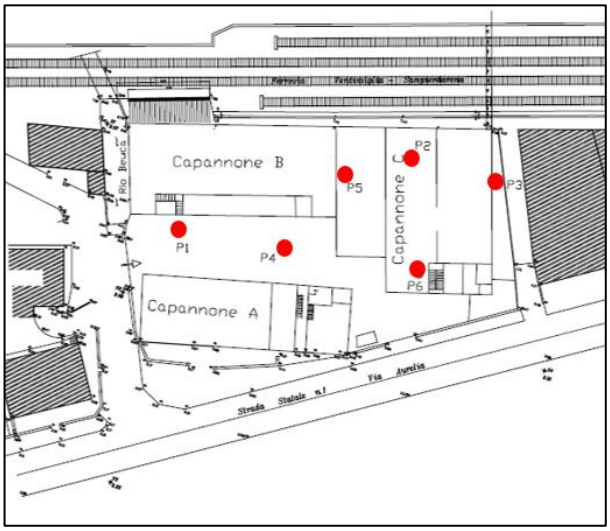


Figura 6-2 – Dettaglio ubicazione delle indagini campagna 1999 (stralcio planimetrico da Relazione Geologica 1999).

Nella Tabella 6-1 è riportato il dettaglio delle prove eseguite:

Tabella 6-1 – Prove penetrometriche dinamiche (1999).

N. Prova	Profondità (m da p.c.)
P1	11.20
P2	4.40
P3	3.40
P4	4.00
P5	4.80
P6	4.48

La falda incontrata si attesta tra -1.8 e -2.2 metri dal p.c.. In allegato sono riportati i valori geotecnici scaturiti dall'interpretazione del numero di colpi.

6.3 CAMPAGNA INDAGINI ITALFERR 2020

A supporto del presente studio è stato eseguito n. 1 sondaggi a carotaggio continuo spinto sino alla profondità di 30 m da p.c. con esecuzione di prove SPT ed installazione di n.1 piezometro (Figura 6-3).

In Tabella 6-2 è riportato l'identificativo del sondaggio, la profondità, la data di esecuzione, la quota, le coordinate UTM Zone 32 N e l'attrezzatura.



Figura 6-3 – Immagine aerea dell'area di studio con le indagini della campagna Italferr 2020 (Google Earth).

Tabella 6-3 vengono mostrati i risultati delle prove SPT eseguite nel sondaggio, mentre in

Tabella **6-4** sono riportate le prove geofisiche eseguite.

Tabella 6-2 – Sondaggio S02 (Italferr 2020).

SONDAGGI						
ID	**Profondità (m dal p.c.)**	**Data esecuzione**	**Quota (m s.l.m.)**	**Coordinate UTM Zone 32 N**		**Attrezzatura**
				E	**N**	
S02	30	24-27/09/2020	5.19	471088.76	4914722.57	Piezometro a tubo aperto

Tabella 6-3 – Valori di Nspt registrati nel sondaggio S02 (Italferr 2020).

Profondità (m da p.c.)	**S02 (Nspt)**

Profondità (m da p.c.)	S02 (Nspt)
1.50	7
3.00	15
4.40	12
7.00	11

Tabella 6-4 – Prove sismiche (Italferr 2020).

PROVE SISMICHE							
ID	Profondità (m dal p.c.)	Data esecuzione	Quota (m s.l.m.)	Coordinate UTM Zone 32 N		V_{Seq}	Categoria di Suolo
				E	N		
MASW_1C	14	Ottobre 2020	5	471134.59	4914780.90	345	E
MASW_2C	24	Ottobre 2020	2	471093.91	4914683.94	413	B

7 ANALISI DELLA COMPATIBILITA' GEOMORFOLOGICA E IDRAULICA

Nel presente paragrafo vengono analizzate le eventuali criticità di carattere geomorfologico e idraulico che possono insistere sull'area di progetto e dunque sui relativi interventi e opere facenti parte del progetto stesso.

Tale analisi viene effettuata consultando la cartografia tematica redatta dall'Autorità di bacino Regionale nell'ambito del Piano di bacino stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico (ai sensi dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998) e quella del Piano Urbanistico Comunale del Comune di Cogoleto.

7.1 NORME DI ATTUAZIONE DEL PIANO DI BACINO STRALCIO PER LA TUTELA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO

Citando dunque le Norme di Attuazione del Piano:

7.1.1 Finalità del piano

Art. 1 – Finalità generali del Piano

1. I Piani per la tutela dal rischio idrogeologico negli Ambiti 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 18, relativi ai bacini dei torrenti Arrestra (per la parte ricadente nella Provincia di Genova), Rumaro ed aree scolanti di Cogoleto, Lerone ed aree scolanti di Arenzano, Cerusa, Leiro, bacini minori ed aree scolanti del Ponente genovese fino al bacino del t. Polcevera, Centro Storico ed aree scolanti interconnesse, zona Genova Levante, Sturla e Bacini Minori, Nervi, Poggio, Sori, Recco, S. Siro, S.Francesco, Boate, Tuia, Semorile ed aree scolanti comprese tra gli stessi, Rupinaro, del fiume Entella, dei torrenti Sturla, Graveglia, Fravega, Barassi e ed aree scolanti interconnesse, Gromolo, Petronio ed aree scolanti interconnesse, Castagnola (per la parte ricadente nella Provincia di Genova), redatti ai sensi del comma 1, dell'art. 1, del d.l. 11 giugno 1998 n.180 convertito, con modificazioni, in legge 3 agosto 1998 n.267:

2. I Piani definiscono le loro scelte attraverso la valutazione unitaria dei vari settori di disciplina con l'obiettivo di assicurare un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni di esondazione, di perseguire il ripristino, la riqualificazione e la tutela delle caratteristiche del territorio, nonchè la programmazione degli usi del suolo ai fini della difesa, della stabilizzazione e del consolidamento dei terreni.

3. I Piani perseguono le finalità della difesa idrogeologica e della rete idrografica, il miglioramento delle condizioni di stabilità del suolo, di recupero delle aree interessate da particolari fenomeni di degrado e dissesto, di salvaguardia della naturalità mediante la definizione:

a) del quadro della pericolosità e del rischio idrogeologico in relazione ai fenomeni di inondazione e di dissesto considerati;

b) dei vincoli e delle limitazioni d'uso del suolo in relazione al diverso grado di pericolosità;

c) delle esigenze di manutenzione, completamento ed integrazione dei sistemi di difesa esistenti in funzione del loro livello di efficacia in termini di sicurezza;

d) degli interventi per la sistemazione del dissesto dei versanti e delle aree instabili a protezione degli abitati e delle infrastrutture, adottando modalità di intervento che privilegino la conservazione ed il recupero delle caratteristiche naturali del territorio;

e) degli interventi per la difesa e la regolazione dei corsi d'acqua;

f) di nuovi sistemi di difesa, ad integrazione di quelli esistenti, con funzioni di controllo dell'evoluzione dei fenomeni di dissesto e di esondazione, in relazione al livello di riduzione del rischio da conseguire.

7.1.2 Individuazione e categorie di aree

Il Piano categorizza il territorio sulla base degli elementi di criticità che potenzialmente possono insistere sul territorio stesso. Si cita di seguito il *CAPO II - Articolazione del territorio in categorie*, ed in partuicolarel'Art.12 *Individuazione e categorie di aree*:

1. Sono individuate le seguenti tipologie di aree:

a) Alveo Attuale: fermo restando che la sua puntuale definizione è effettuata alla scala più di dettaglio.

Per quanto concerne le norme che disciplinano ciascuna area descritta sopra si rimanda al medesimo documento "Norme di Attuazione" ed in particolare al "CAPO III - Norme specifiche per ciascuna categoria di area Sezione I - Disciplina dell'assetto idraulico del fondovalle".

b) Fascia di riassetto fluviale (RF): è individuata nella "Carta della fascia di riassetto fluviale" o nella "Carta delle fasce di inondabilità" e comprende le aree esterne all'alveo attuale necessarie per l'adeguamento del corso d'acqua all'assetto definitivo previsto dai Piani. La sua delimitazione è effettuata sulla base delle strategie e delle scelte pianificatorie dei Piani e dell'insieme degli interventi strutturali individuati nell'ambito degli stessi. Comprende in particolare le aree necessarie al ripristino della idonea sezione idraulica, tutte le forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena e le aree da destinare alle opere di sistemazione idraulica previste. Può comprendere, inoltre, aree ritenute di pertinenza fluviale e/o di elevato pregio naturalistico-ambientale limitrofe al corso d'acqua.

2. Sono individuate le seguenti categorie di aree relative alla pericolosità idrogeologica, 11:

a1) Fasce di inondabilità («Aree AIN»)12: sono individuate nella "Carta delle fasce di inondabilità" ed articolate nel modo seguente:

1) Fascia A – pericolosità idraulica molto elevata (Pi3): aree perifluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T=50 anni;

2) Fascia B – pericolosità idraulica media (Pi2): aree perifluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T=200 anni;

3) Fascia C – pericolosità idraulica bassa (Pi1): aree perifluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T=500 anni, o aree storicamente inondate ove più ampie, laddove non si siano verificate modifiche definitive del territorio tali da escludere il ripetersi dell'evento;

4) Fascia B (ovvero A*): aree storicamente inondate, per le quali non siano avvenute modifiche definitive del territorio tali da escludere il ripetersi dell'evento, ovvero aree individuate come a rischio di inondazione sulla base di considerazioni geomorfologiche o di altre evidenze di criticità, in corrispondenza delle quali non siano state effettuate nell'ambito dei Piani le adeguate verifiche idrauliche finalizzate all'individuazione delle fasce di inondabilità.*

a2) Aree soggette ad eventi idrologici (aree allagabili): aree nelle quali si manifesta presenza di acqua associata a modesti tiranti idrici ed a estremamente bassa o assente velocità di scorrimento; sono determinate da mancata funzionalità della rete di smaltimento idrico.

b) Aree a diversa suscettività al dissesto di versante («Aree SDV»)13: sono individuate nella "Carta della suscettività al dissesto" articolata in base alle seguenti classi, metodologicamente determinate sulla base di quanto indicato nelle Relazioni dei Piani e di seguito sinteticamente riassunte:

1) suscettività al dissesto molto elevata: aree in cui sono presenti movimenti di massa in atto - frana attiva (Pg4);

2) suscettività al dissesto elevata comprensiva delle seguenti aree:

2.1) aree in cui sono presenti indicatori geomorfologici diretti, quali l'esistenza di frane quiescenti o di segni precursori o premonitori di movimenti gravitativi (Pg3a);

2.2) aree, prive al momento di movimenti gravitativi attivi e quiescenti, in cui sono presenti indicatori indiretti di elevata suscettività valutabili, dalla combinazione di elementi geomorfologici, litologici, strutturali e di uso del suolo. Sono comprese in tali aree le frane stabilizzate e relitte (paleofrane) e le zone a franosità diffusa inattive (Pg3b);

3) suscettività al dissesto media (Pg2): aree, in cui sono presenti elementi geomorfologici e di uso del suolo, dalla cui valutazione combinata risulta una propensione al dissesto di grado inferiore a quella indicata al punto 2);

4) suscettività al dissesto bassa (Pg1): aree, in cui sono presenti elementi geomorfologici e di uso del suolo caratterizzati da una bassa incidenza sulla instabilità, dalla cui valutazione risulta una propensione al dissesto di grado inferiore a quella indicata al punto 3);

5) suscettività al dissesto molto bassa (Pg0): aree, in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche fisiche dei terreni non costituiscono, se non occasionalmente, fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa.

c) Aree speciali: sono individuate con un apposito retino nella Carta della suscettività al dissesto ed articolare in base alle seguenti tipologie:

1) Aree speciali di tipo A – corrispondenti alle aree di cave attive, miniere attive e discariche in esercizio;

2) Aree speciali di tipo B1– corrispondenti ad areali sede di cave attualmente cessate o in corso di sistemazione, i cui limiti sono derivati dagli elaborati del Piano Territoriale Regionale delle attività di cava o, qualora non oggetto di tale piano, desunti da rilievi di terreno.

3) Aree speciali di tipo B2 – corrispondenti alle aree di discariche dismesse e di riporti antropici.

All'interno delle aree speciali di tipo B1 e B2 è rappresentata la classificazione di suscettività al dissesto come definita alla precedente lettera b).

3. Sono altresì individuate nella Carta del rischio idraulico e nella Carta del rischio geologico, ai fini della valutazione della priorità degli interventi di mitigazione del rischio e delle attività di protezione civile, le aree soggette a rischio idrogeologico di diverso livello in relazione agli elementi nelle stesse presenti, metodologicamente determinato sulla base di quanto indicato nelle Relazioni dei Piani14 e articolato nelle seguenti classi a gravosità decrescente:

a) R4: rischio molto elevato.

b) R3: rischio elevato.

c) R2: rischio medio.

d) R1: rischio moderato.

e) R0: rischio lieve.

7.2 ANALISI DELLA CARTOGRAFIA DELLA FRANOSITÀ REALE E DELLA SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO

Per quanto concerne le criticità di carattere geomorfologico vengono dunque analizzate:

- la Carta della franosità reale;

- la Carta della suscettività al dissesto.

Per quanto concerne la franosità reale, si riporta uno stralcio della Tavola 229040 (Figura 7-1) entro la quale ricade l'area di progetto. Come è possibile osservare dallo stralcio, l'area non è interessata da fenomeni franosi che possano interferire con il progetto oggetto di questo studio. Si segnala solo la presenza di una piccola scarpata adiacente all'area di progetto e un ciglio di frana attivo e diverse scarpate con ruscellamento diffuso ai lati della Via Aurelia (E80) a circa 150 m a nord est rispetto all'area di intervento. Il ciglio di frana attivo si suppone che non interferisca con l'opera in progetto a causa della presenza di muri e reti di protezione della Via Aurelia (SS1).

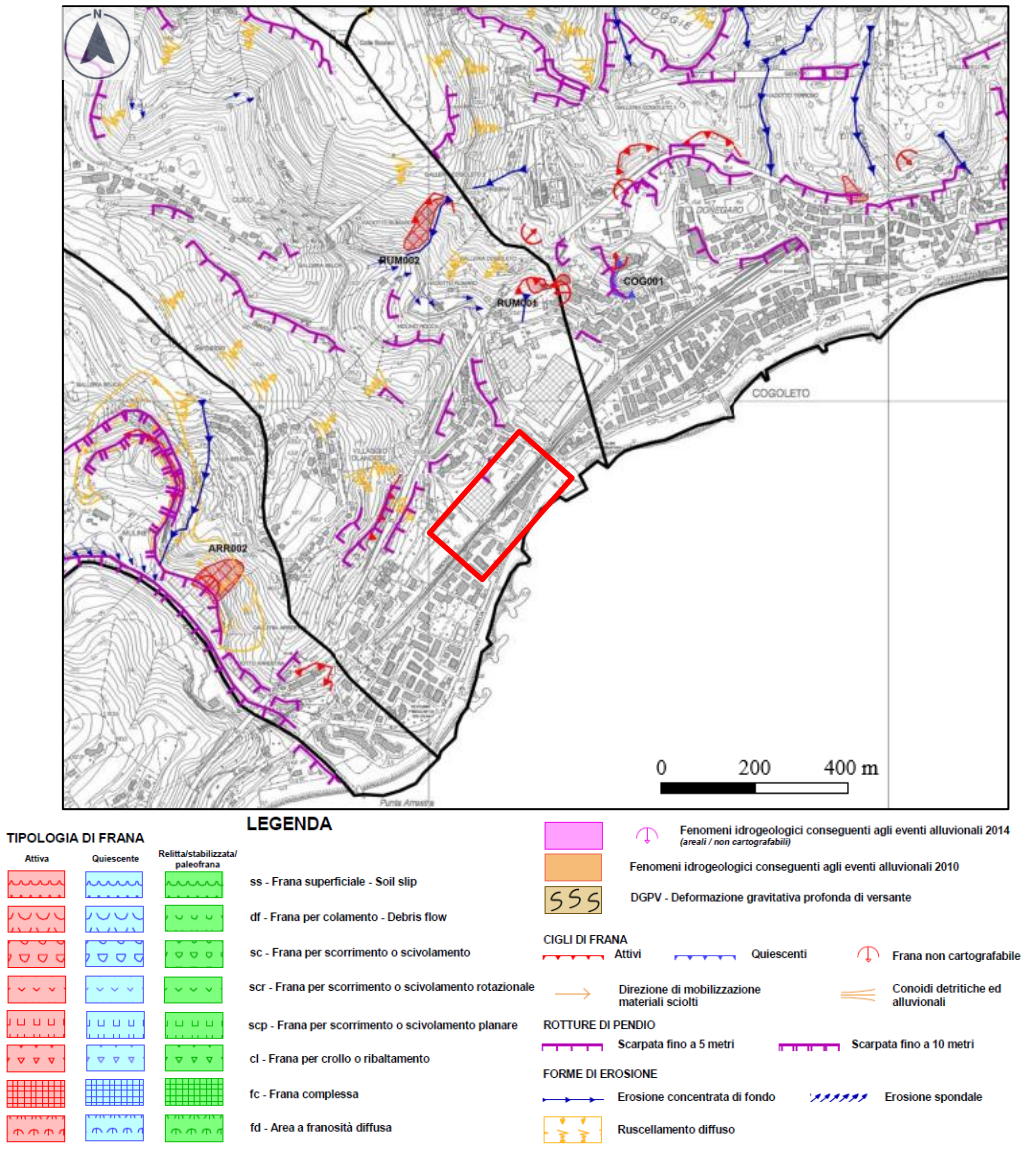


Figura 7-1 – Stralcio, non in scala, della Carta della Franosità Reale del Piano di Bacino della Provincia di Genova, ambiti 12 e 13 (scala 1:10.000). L'area di progetto è evidenziata in rosso.

In Figura 7-2 viene invece riportato uno stralcio della Carta della Suscettività al dissesto. Analizzando lo stralcio è possibile osservare come l'area di progetto ricada in classe di Suscettività al dissesto "Bassa" (Pg1) e "Molto Bassa" (Pg0).

Per tali classi si cita la Sezione II delle Norme di Attuazione dei Piani di Bacino Stralcio per la Tutela dal Rischio Idrogeologico, "Disciplina dell'assetto geomorfologico", ed in particolare l'Art.16, "Aree a diversa suscettività al dissesto", comma 4: *Nelle aree a suscettività al dissesto media (Pg2), bassa (Pg1) e molto bassa (Pg0) si demanda ai Comuni, nell'ambito della norma geologica di attuazione degli strumenti urbanistici o in occasione dell'approvazione sotto il profilo urbanistico-edilizio di nuovi interventi insediativi e infrastrutturali, la definizione della disciplina specifica di dette aree, attraverso indagini specifiche, che tengano conto del relativo grado di suscettività al dissesto.*

Per le aree a suscettività al dissesto media (Pg2) e bassa (Pg1) le indagini devono essere volte a definire gli elementi che determinano il livello di pericolosità, ad individuare le modalità tecnico-esecutive dell'intervento, nonché ad attestare che gli stessi non aggravino le condizioni di stabilità del versante.

Secondo quanto riportato dalla normativa appena citata, per l'area in esame risulta necessario consultare la normativa comunale.

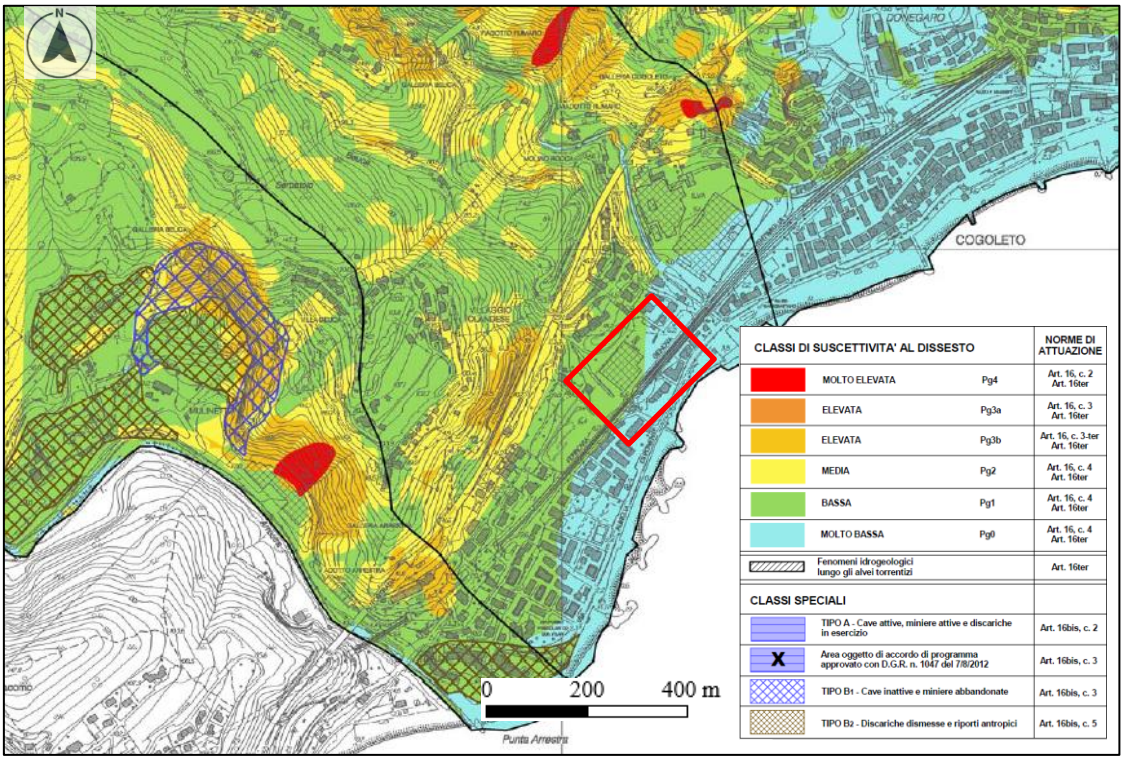


Figura 7-2 – Stralcio, non in scala, della Carta della Suscettività al Dissesto del Piano di Bacino della Provincia di Genova, ambiti 12 e 13 (scala 1:10.000). L'area di progetto è evidenziata nel rettangolo rosso.

7.3 ANALISI DELLA CARTOGRAFIA DELLE FASCE INONDABILI E DEL RISCHIO IDRAULICO

Per quanto concerne le criticità di carattere idraulico vengono dunque analizzate:

- la Carta delle fasce inondabili
- la Carta del rischio idraulico.

Analizzando lo stralcio delle Carta delle fasce inondabili (Figura 7-3) è possibile osservare come l'area di progetto risulta interessata dalla presenza di fasce inondabili A e B, a causa della presenza nell'area del Rio Beuca.

Le fasce A e B sono così definite nelle Norme di Attuazione dei Piani di Bacino Stralcio per la Tutela dal Rischio Idrogeologico della Provincia di Genova:

Fascia A – pericolosità idraulica molto elevata (Pi3): aree perifluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T=50 anni.

Fascia B – pericolosità idraulica media (Pi2): aree perifluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T=200 anni.

Per tali fasce di inondabilità si cita la Sezione II delle Norme di Attuazione dei Piani di Bacino Stralcio per la Tutela dal Rischio Idrogeologico, "Disciplina dell'assetto geomorfologico", ed in particolare l'Art.15, "Fasce di inondabilità", comma 2 e 3:

Nella fascia A, fermo restando che gli interventi ammessi sul patrimonio edilizio esistente non devono comunque aumentarne la vulnerabilità rispetto ad eventi alluvionali, anche attraverso l'assunzione di misure e accorgimenti tecnico-costruttivi di cui all'allegato 5, e non devono comportare cambi di destinazione d'uso, che aumentino il carico insediativo anche temporaneo, non sono consentiti:

a) interventi di nuova edificazione, di ampliamento dei manufatti esistenti, e di recupero del patrimonio edilizio esistente eccedenti quelli di restauro o risanamento conservativo, come definito dalla lett. c), comma 1, dell'art. 31 della l. n.457/78, fatti salvi gli interventi di ristrutturazione edilizia come definita dalla lett. d), comma 1, dell'art. 31 della l. n.457/78 ricadenti negli ambiti di tessuto urbano consolidato o da completare mediante interventi di integrazione urbanistico-edilizia sempre all'interno di ambiti già edificati e purché risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile previste nei Piani stessi e nei piani comunali di protezione civile; nel caso di interventi di demolizione con ricostruzione deve essere assicurata la riduzione della vulnerabilità dell'edificio, anche attraverso la messa in opera di tutti gli accorgimenti e le misure finalizzate a tutelare la pubblica incolumità, fermo restando il rispetto delle condizioni previste per procedere ad interventi di ristrutturazione edilizia di cui sopra;

b) l'installazione di manufatti anche non qualificabili come volumi edilizi e la sistemazione di aree che comportino la permanenza o la sosta di persone, salvi gli interventi inseriti nell'ambito di parchi urbani o di aree di verde attrezzato, come individuati dagli strumenti urbanistici comunali vigenti, i cui progetti prevedano l'assunzione delle azioni e delle misure di protezione civile di cui ai presenti Piani e ai piani comunali di protezione civile, purché corredati da parere positivo dell'ufficio regionale competente;

c) la realizzazione di nuove infrastrutture non inquadrabili tra le opere di attraversamento, fatti salvi gli interventi necessari ai fini della tutela della pubblica incolumità e quelli relativi a nuove infrastrutture pubbliche connesse alla mobilità, previo parere favorevole dell'ufficio regionale competente, purché progettate sulla base di uno

specifico studio di compatibilità idraulica, non aumentino le condizioni di rischio, e risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile di cui ai presenti Piani e ai piani comunali di protezione civile.

d) interventi di manutenzione, ampliamento o ristrutturazione di infrastrutture pubbliche connesse alla mobilità esistenti, fatti salvi quelli che non aumentano le condizioni di rischio, ed in relazione ai quali risultano assunte le azioni e misure di protezione civile di cui ai presenti Piani e ai piani comunali di protezione civile.

Nella fascia B non sono consentiti:

a) gli interventi di nuova edificazione nonché di ristrutturazione urbanistica, come definita dalla lett. e), comma 1, dell'art. 31 della l. n.457/78, salvi i casi in cui gli stessi siano corredati da parere favorevole dell'ufficio regionale competente, ricadano in contesti di tessuto urbano consolidato, o da completare mediante interventi di integrazione urbanistico-edilizia sempre all'interno di ambiti già edificati, e interessino aree individuate a minor pericolosità in relazione a modesti tiranti idrici e a ridotte velocità di scorrimento, e purché prevedano le opportune misure od accorgimenti tecnico-costruttivi di cui all'allegato 5, e risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile di cui ai presenti Piani e ai piani comunali di protezione civile;

b) interventi di ampliamento dei manufatti esistenti e di recupero del patrimonio edilizio esistente eccedenti quelli di restauro o risanamento conservativo, come definito dalla lett. c), comma 1, dell'art. 31 della l. n.457/78, fatti salvi gli interventi di ristrutturazione edilizia, come definita dalla lett. d), comma 1, dell'art. 31 della l. n.457/78, purché non aumentino la vulnerabilità degli edifici stessi rispetto ad eventi alluvionali, anche attraverso l'assunzione di misure e di accorgimenti tecnico-costruttivi di cui all'allegato 5, e purché risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile di cui ai presenti Piani e ai piani comunali di protezione civile;

c) gli interventi di realizzazione di nuove infrastrutture connesse alla mobilità non inquadrabili tra le opere di attraversamento, salvi quelli progettati sulla base di uno specifico studio di compatibilità idraulica 16, che non aumentino le condizioni di rischio, e in relazione ai quali risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile di cui ai presenti Piani e ai piani comunali di protezione civile.

Le opere oggetto del presente elaborato ricadono rispettivamente nei punti "d" e "c" della casistica delle Fasce di inondabilità "A" e "B" appena riportate. Di seguito vengono riportate le Deroghe per le opere pubbliche all'articolo 15-bis delle Norme di Attuazione dei Piani di Bacino Stralcio per la Tutela dal Rischio Idrogeologico.

Art. 15-bis Derogabilità alla disciplina delle fasce di inondabilità per opere pubbliche

1. In deroga alla disciplina relativa alle fasce A e B, ivi inclusi gli eventuali ambiti normativi, di cui ai commi 2,3 e 3bis dell'art.15 possono essere assentite opere pubbliche strategiche indifferibili ed urgenti, riferite a servizi essenziali e non diversamente localizzabili, previa acquisizione di parere obbligatorio e vincolante dell'ufficio regionale competente, a condizione che:

a) non pregiudichino la possibilità di sistemazione idraulica definitiva;

b) non si producano effetti negativi nei sistemi geologico ed idrogeologico;

c) non costituiscano significativo ostacolo al deflusso, non riducano in modo significativo la capacità di invaso, e non concorrano ad incrementare le condizioni di rischio, né in loco né in aree limitrofe;

d) siano realizzate con tipologie progettuali e costruttive compatibili con la loro collocazione, prevedendo in particolare accorgimenti tecnico-costruttivi o altre misure, anche con riferimento all'allegato 5 ai presenti Piani, che consentano l'adeguata protezione dell'opera dagli allagamenti rispetto alla portata duecentennale senza aggravio di condizioni di pericolosità e rischio in altre aree. In particolare:

- *la quota del piano di calpestio e tutte le aperture, soglie di accesso e prese d'aria delle edificazioni devono essere poste ad un livello adeguatamente superiore a quello del tirante idrico associato alla portata duecentennale;*
- *non sono ammesse in ogni caso strutture interrate, a meno di locali tecnici di servizio adeguatamente protetti;*

e) sia garantito il mantenimento della funzionalità ed operatività proprie della struttura in casi di evento alluvionale;

f) sia prevista nel progetto la messa in opera di tutte le adeguate misure ed azioni di protezione civile, comprese quelle di autoprotezione locale.

2. Ai fini della dichiarazione di indifferibilità ed urgenza di cui al comma 1, deve essere motivato il carattere di impellenza, improrogabilità e non diversa ubicabilità delle opere e deve essere accertata la copertura finanziaria dell'intera opera.

3. La verifica della sussistenza dei presupposti di applicabilità della deroga di cui al comma 1 viene effettuata in sede di Comitato Tecnico di Bacino.

4. L'ufficio regionale competente esprime il parere previsto sulla base di adeguata documentazione tecnica a corredo della progettazione delle opere in questione e valuta, in particolare, caso per caso, l'effettiva possibilità di messa in opera di misure ed accorgimenti tali da proteggere adeguatamente l'elemento dalle inondazioni e dai connessi possibili danni, nonché l'efficacia e l'affidabilità delle misure di protezione progettate in funzione delle grandezze idrauliche di riferimento. Valuta, inoltre, la possibile influenza sulla dinamica dell'inondazione sia dell'intervento edilizio richiesto sia degli accorgimenti costruttivi proposti, garantendo che non vengano aumentate le condizioni di pericolosità e di rischio nelle aree limitrofe.

5. Il suddetto parere, che ha efficacia per un periodo massimo di 3 anni, viene espresso sulla base del quadro conoscitivo del piano nonché, laddove necessario, di un adeguato studio di compatibilità idraulica che consenta di valutare il rispetto delle condizioni di cui sopra, con particolare riferimento alla compatibilità dell'intervento con le condizioni di inondabilità dell'area, in termini di pericolosità e di rischio, e all'assenza di effetti di incremento dell'esposizione al rischio della popolazione.

Infine è importante evidenziare che il Piano Stralcio dell'Assetto Idogeologico degli Ambiti 12 e 13 della Povincia di Genova prevede degli interventi idraulici e delle azioni di mitigazione del rischio idraulico per il fiume Beuca; di seguito si riporta un estratto di tali interventi in progetto descritti AL Paragrafo 1.3 del Piano degli interventi (PAI, 2019):

RIO BEUCA: Adeguamento del tratto sottostante la ferrovia compreso tra le sezioni BEU_S 9- BEU_S11 (vedi "Carta delle tracce delle sezioni idrauliche") con l'aumento della luce pari a 0.5 m per consentire il deflusso della portata duecentennale con un adeguato franco di sicurezza. In alternativa si propone il completamento dell'arginatura in cemento armato del tratto in corrispondenza del piazzale della Tubi Ghisa a monte della linea FFSS. Inoltre per evitare un possibile coinvolgimento della linea ferroviaria è opportuno ripristinare il muro di separazione dal suddetto piazzale che presenta alcune interruzioni. (A1-ID4).

Si prevedono come interventi, ordinarie e periodiche operazioni di pulizia dell'alveo, da specificarsi a cura dell'Ente competente, dei proprietari frontisti e dei concessionari ai fini di evitare ostruzioni delle tombinature presenti.

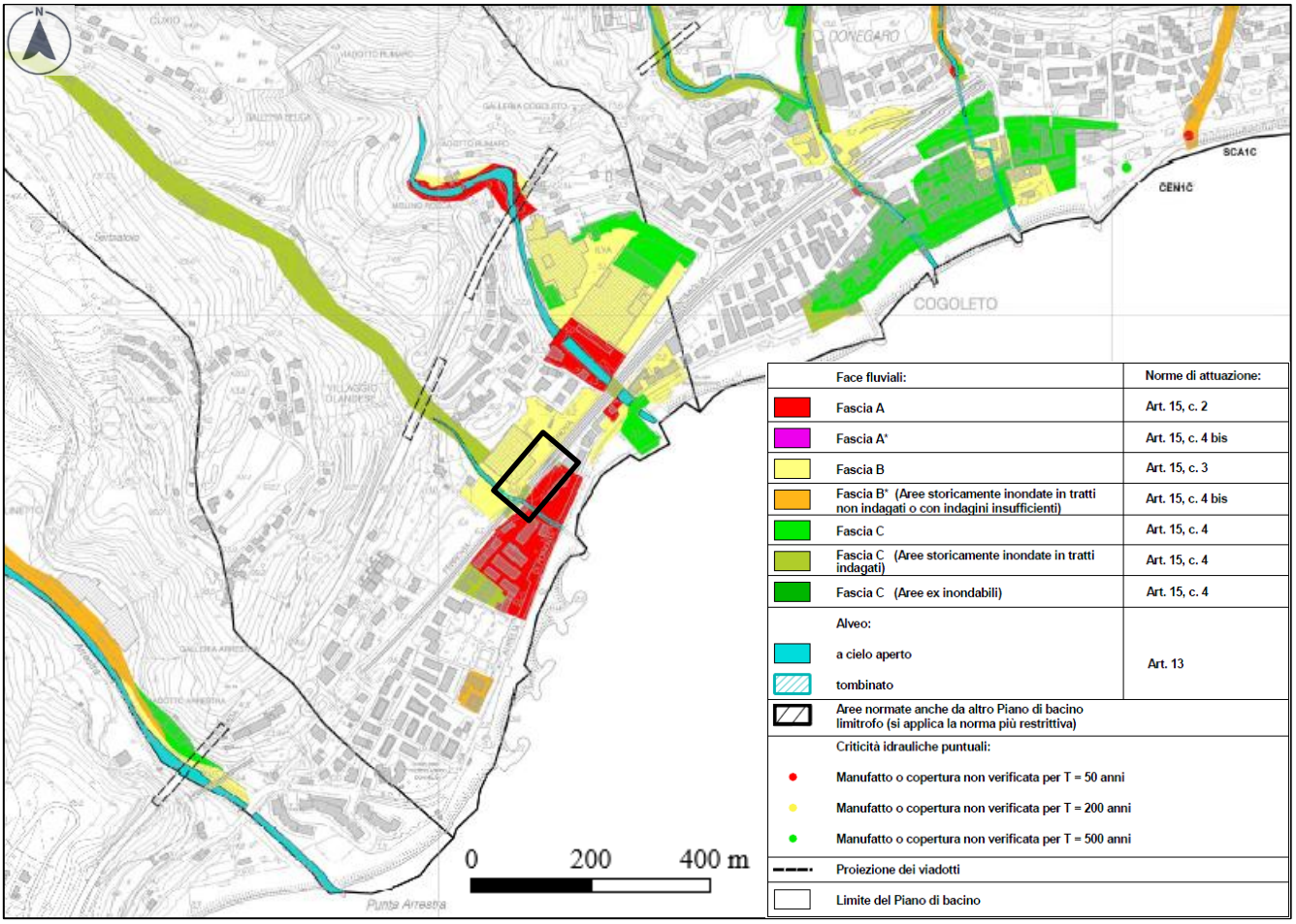


Figura 7-3 – Stralcio, non in scala, della Carta delle Fasce di Inondabilità del Piano di Bacino della Provincia di Genova, ambiti 12 e 13 (scala 1:10.000). L'area di progetto è evidenziata dal rettangolo nero.

Analizzando infine lo stralcio della Carta del rischio idraulico, riportata in Figura 7-4, si può evincere come l'area risulta essere interessata da rischio idraulico molto elevato (Ri4).

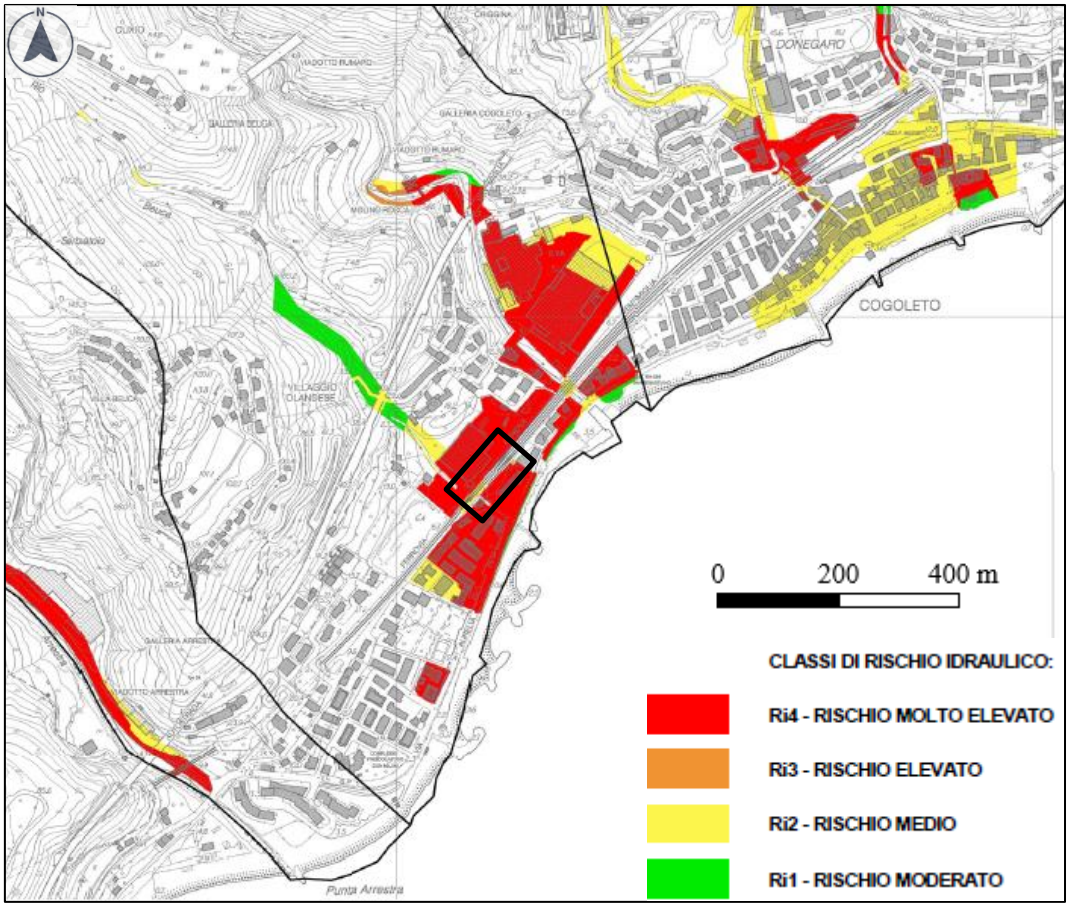


Figura 7-4 – Stralcio, non in scala, della Carta del Rischio Idraulico del Piano di Bacino della Provincia di Genova, ambiti 12 e 13 (scala 1:10.000). L'area di progetto è evidenziata nel rettangolo nero.

8 VINCOLI TERRITORIALI E CLASSI D'USO DEL COMPARTO IN ESAME

Per quanto concerne le classi d'uso del territorio si fa riferimento alla Normativa Geologica Attuativa del Piano Urbanistico comunale di Cogoleto. La cartografia in particolare riporta:

- Suscettività d'uso imposta dal PUC, comprendente aree di frana attiva e aree di inondabilità;
- Aree sottoposte a vincolo idrogeologico, piano di Bacino ambiti 12 e 13.

Analizzando dunque lo stralcio della Carta della suscettività d'uso riportata in Figura 8-1 è possibile osservare come l'area di studio ricada in zone a classe 5 e 4.

Relativamente alla classe 5 – codice di suscettività 5i (aree inondabili per portate con tempi di ritorno cinquantennali) si specifica quanto segue.

Ai sensi del Piano di Bacino in queste fasce, fermo restando che gli interventi ammessi sul patrimonio edilizio esistente non devono comunque aumentarne la vulnerabilità rispetto ad eventi alluvionali, anche attraverso l'assunzione di misure e accorgimenti tecnico-costruttivi di cui all'allegato 5 del Piano di Bacino, e non devono comportare cambi di destinazione d'uso che aumentino il carico insediativo anche temporaneo, non sono consentiti:

a) interventi di nuova edificazione, di ampliamento dei manufatti esistenti e di recupero del patrimonio edilizio esistente eccedenti quelli di restauro o risanamento conservativo, come definito dalla lett. c}, comma 1, dell'art. 31 della l. n. 457/78, fatti salvi gli interventi di ristrutturazione edilizia come definita dalla lett. d}, comma 1, dell'art. 31 della l. n. 457/78 ricadenti negli ambiti di tessuto urbano consolidato o da completare mediante interventi di integrazione urbanistico-edilizia sempre all'interno di ambiti già edificati e purché risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile previste nei Piani stessi e nei piani comunali di protezione civile; nel caso di interventi di demolizione con ricostruzione deve essere assicurata la riduzione della vulnerabilità dell'edificio, anche attraverso la messa in opera di tutti gli accorgimenti e le misure finalizzate a tutelare la pubblica incolumità, fermo restando il rispetto delle condizioni previste per procedere ad interventi di ristrutturazione edilizia di cui sopra;

b) l'installazione di manufatti anche non qualificabili come volumi edilizi e la sistemazione di aree che comportino la permanenza o la sosta di persone, salvi gli interventi inseriti nell'ambito di parchi urbani o di aree di verde attrezzato, come individuati dagli strumenti urbanistici comunali vigenti, i cui progetti prevedano l'assunzione delle azioni e delle misure di protezione civile di cui al Piano di Bacino e al piano comunale di emergenza, purché corredati da parere positivo della Regione;

c) la realizzazione di nuove infrastrutture non inquadrabili tra le opere di attraversamento, fatti salvi gli interventi necessari ai fini della tutela della pubblica incolumità e quelli relativi a nuove infrastrutture pubbliche connesse alla mobilità, previo parere favorevole della Regione, purché progettate sulla base di uno specifico studio di compatibilità idraulica, non aumentino le condizioni di rischio, e risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile di cui al Piano di Bacino e al piano comunale di emergenza.

d) interventi di manutenzione, ampliamento o ristrutturazione di infrastrutture pubbliche connesse alla mobilità esistenti, fatti salvi quelli che non aumentano le condizioni di rischio, ed in relazione ai quali risultano assunte le azioni e misure di protezione civile di cui ai presenti Piani e ai piani comunali di protezione civile.

Relativamente alla classe 4 – codice di suscettività 4i (aree inondabili per portate con tempi di ritorno duecentennali e aree storicamente inondate in tratti non indagati o con indagini non sufficienti}, ai sensi del Piano di Bacino in tali zone non sono consentiti:

a) gli interventi di nuova edificazione nonché di ristrutturazione urbanistica, come definita dalla lett. E), comma 1, dell'art. 31 della l. n.457/78, salvi i casi in cui gli stessi siano corredati da parere favorevole della Regione, ricadano in contesti di tessuto urbano consolidato, o da completare mediante interventi di integrazione urbanistico-edilizia sempre all'interno di ambiti già edificati, e interessino aree individuate a minor pericolosità in relazione a modesti tiranti idrici e a ridotte velocità di scorrimento purché prevedano le opportune misure od accorgimenti tecnico-costruttivi di cui all'allegato 5 del PdB, e risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile di cui al Piano di Bacino e al Piano Comunale di Emergenza;

b) interventi di ampliamento dei manufatti esistenti e di recupero del patrimonio edilizio esistente eccedenti quelli di restauro o risanamento conservativo, come definito dalla lett. c), comma 1, dell'art. 31 della l. n.457/78, fatti salvi gli interventi di ristrutturazione edilizia, come definita dalla lett. d), comma 1, dell'art. 31 della l. n.457/78, purché non aumentino la vulnerabilità degli edifici stessi rispetto ad eventi alluvionali, anche attraverso l'assunzione di misure e di accorgimenti tecnico-costruttivi di cui all'allegato 5 del PdB, e purché risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile di cui al Piano di Bacino e al Piano Comunale di Emergenza;

c) gli interventi di realizzazione di nuove infrastrutture connesse alla mobilità non inquadrabili tra le opere di attraversamento, salvi quelli progettati sulla base di uno specifico studio di compatibilità idraulica, che non aumentino le condizioni di rischio, e in relazione ai quali risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile di cui ai presenti Piani e ai piani comunali di protezione civile.

Le indicazioni per le indagini da eseguire per le classi di Suscettività d'uso presenti nell'area di progetto sono le seguenti, riportate al capitolo 9 del Normativa Geologica Attuativa del Piano Urbanistico comunale di Cogoleto sono le seguenti:

d) Per gli interventi ricadenti in Classe 5 (Suscettività d'uso limitata), Classe 4 (Suscettività d'uso parzialmente limitata) e Classe 3 (Suscettività d'uso condizionata), dovrà essere sempre eseguita una "campagna di indagini geognostiche" le cui risultanze dovranno essere illustrate nella suddetta relazione geologica, in conformità a quanto contenuto nelle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008.

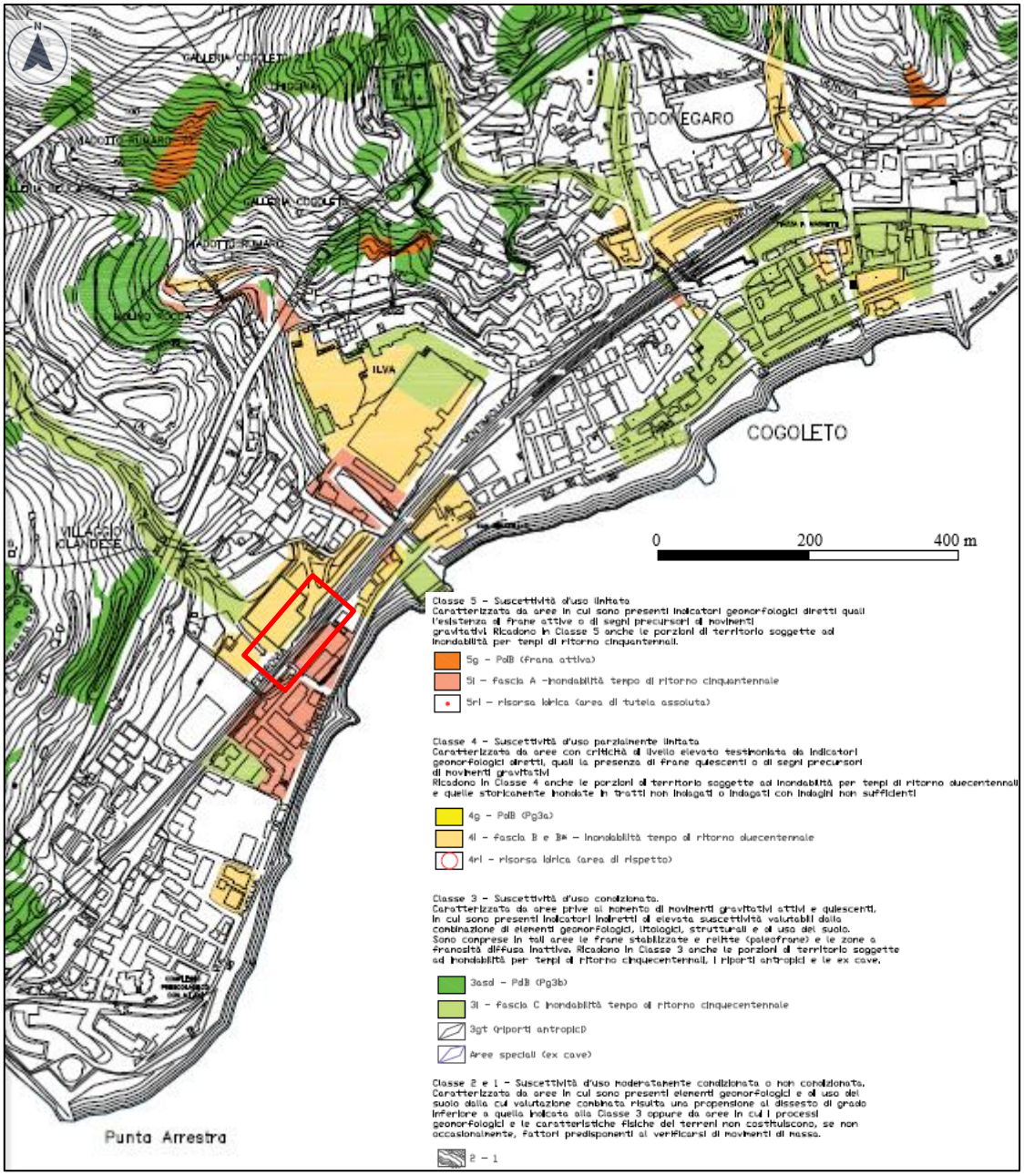


Figura 8-1 – Stralcio, non in scala, della Carta della suscettività d'uso del PUC del comune di Cogoleto (scala 1:5.000). L'area di progetto è evidenziata in rosso.

In Figura 8-2 si riporta uno stralcio della Carta delle aree sottoposte a vincolo idrogeologico, piano di Bacino ambiti 12 e 13, Piano Stralcio per la tutela del rischio idrogeologico di cui all'art. 1, comma 1 del DL 11/06/1998 n. 180 convertito in Legge 03/08/1998 n. 267 e s.m.i..

Dalla carta si può osservare come l'area di progetto sia, in parte, sottoposta a vincolo idrogeologico.

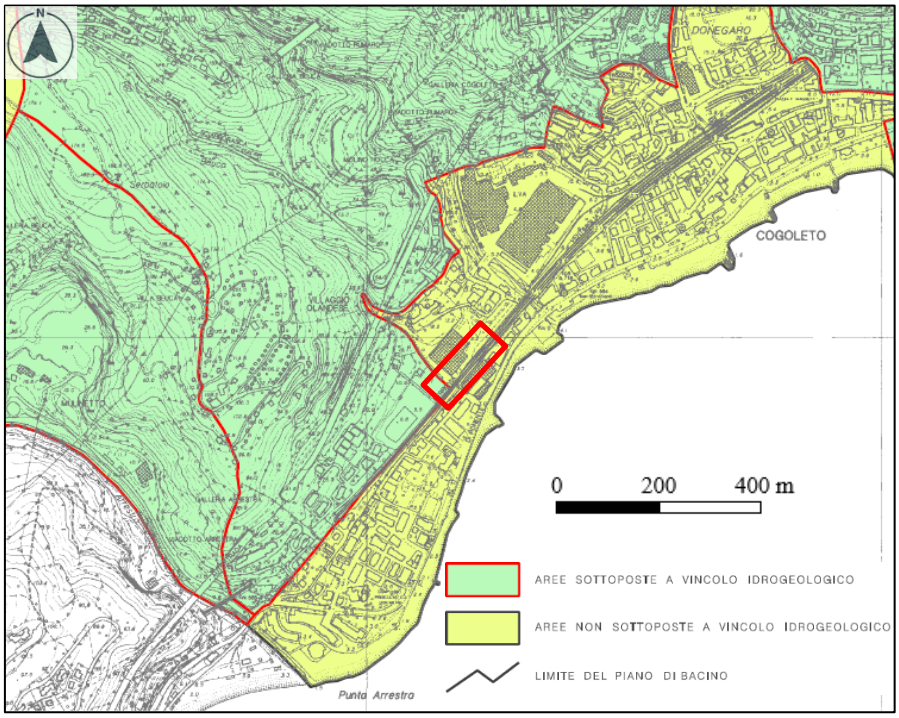


Figura 8-2 – Stralcio, non in scala, della Carta del Vincolo Idrogeologico del Piano di Bacino della Provincia di Genova, ambiti 12 e 13 (scala 1:10.000). L'area di progetto è evidenziata in rosso.

9 INQUADRAMENTO SISMICO

9.1 PREMESSA

Nel seguito, si fornisce un inquadramento dal punto di vista della sismicità locale, a partire dall'individuazione delle sorgenti sismiche di interesse e dei risentimenti macrosismici osservati al sito di progetto nel corso di terremoti storici. Successivamente, sulla scorta delle indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni[1] (nel seguito NTC2018), verrà definita l'azione sismica funzione delle probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento basato sulla vita nominale delle opere, la loro classe d'uso, nei diversi Stati Limite considerati. Seguendo sempre le indicazioni normative, l'accelerazione di progetto si definirà in base all'effettiva localizzazione delle opere.

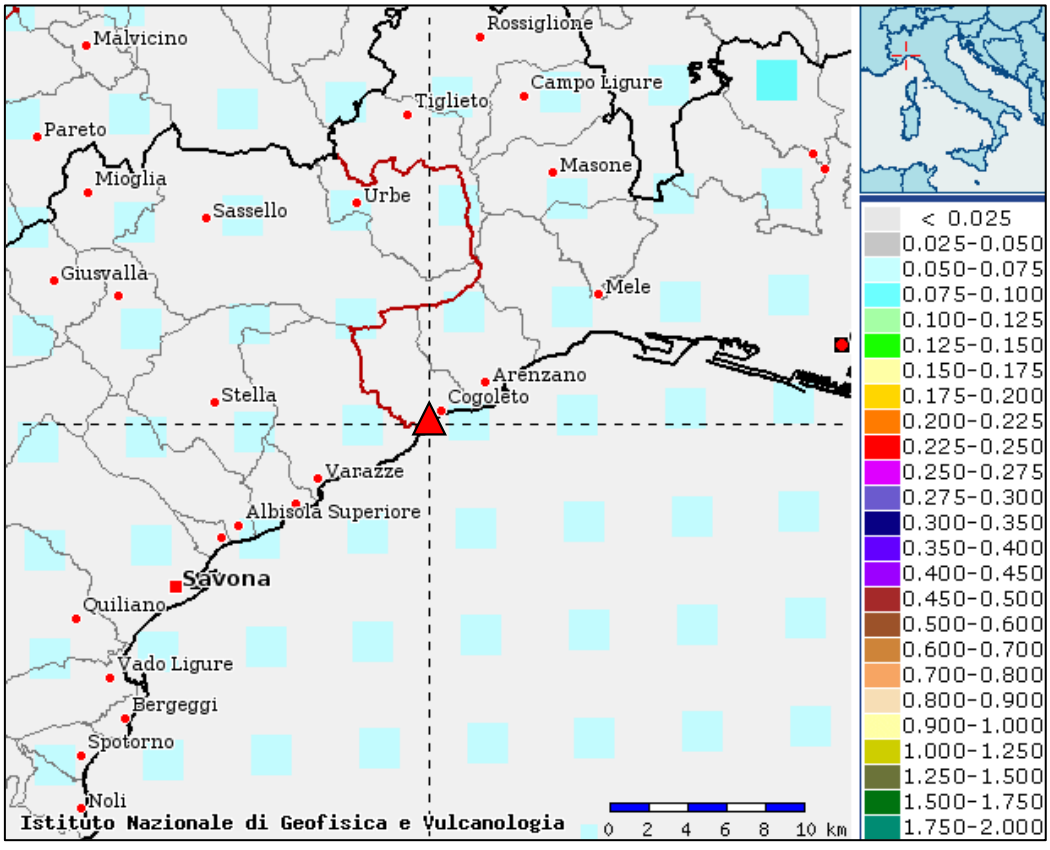


Figura 9-1 – Valori di pericolosità sismica in termini di accelerazione di riferimento su suolo rigido (g) nell'intorno del sito di progetto (triangolo rosso), da elaborazioni DPC-INGV S1 (http://esse1-gis.mi.ingv.it/).

[1] Norme Tecniche per le Costruzioni. Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20.02.2018 – Supplemento Ordinario n. 8.

Le NTC2018 dispongono che l'azione sismica sia innanzitutto determinata in campo libero, su sito di riferimento rigido (Categoria A) e superficie topografica orizzontale (Categoria T1); allo scopo, le tabelle allegate alla edizione 2008 delle NTC (non aggiornate nella nuova edizione delle Norme) elencano i valori di accelerazione massima al suolo, oltre ai parametri spettrali, nei punti di una griglia di passo 5x5 km a coprire il territorio nazionale (vedasi il dettaglio dell'area di progetto in Figura 9-1.

Per la localizzazione dell'opera in progetto, può essere fatto riferimento alla Figura 9-2 dove vengono altresì indicati i punti sede di indagini geofisiche.



Figura 9-2 – Localizzazione dell'opera di progetto con prove geofisiche eseguite.

9.2 AREE SISMOGENETICHE DI INTERESSE

In termini strettamente sismologici, la Figura 9-3 mostra la distribuzione degli epicentri dei terremoti inclusi nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, CPTI15 (Rovida et al., 2016). Assieme agli epicentri sono riportate le sorgenti sismiche del modello di zone sismogenetiche ZS9 (Meletti et al., 2008), alla base dell'attuale mappa di pericolosità del territorio italiano associata alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2008 e NTC2018). Sono inoltre riportate le principali faglie individuali (ISS) e le faglie composite (CSS) tratte dalla base di dati del progetto DISS3 (Haller e Basili, 2011). Si osserva come la definizione delle zone sismogenetiche ZS9 rifletta sia la distribuzione delle faglie sul territorio nazionale, come quella degli epicentri dei terremoti. Il modello sismogenetico racchiude pertanto informazioni sia di natura tettonica, sia dettate dalla sismicità storica.

In prossimità del sito di progetto troviamo la ZS911, la quale delimita l'estremità settentrionale dell'arco appenninico. Si ipotizza che le strutture di questa zona abbiano una funzione di "svincolo" cinematico del sistema in migrazione (Gruppo di Lavoro, 2004). L'evento più significativo compreso nella ZS911 è il terremoto del 1828 dell'Oltrepò Pavese con M_W =5.72 (cerchietto in giallo nella ZS911, in Figura 9-3).

Procedendo verso est, le zone sismogenetiche seguono longitudinalmente l'asse appenninico. Si evidenzia la ZS915 contenente eventi di magnitudo superiori a 6.0, fra cui il terremoto della Garfagnana del 1920 (Guidoboni et al., 2007). Più lontano dall'area di interesse, troviamo le zone 913, 914 e 918. Estese da Parma fino all'Abruzzo, esse ricadono in una fascia di transizione a carattere misto, ovvero in cui convivono meccanismi diversi (essenzialmente compressivi a NW e distensivi a SE). In questa fascia se verificano terremoti prevalentemente compressivi nella porzione nord-occidentale e probabilmente distensivi nella porzione più sud-orientale. L'intera fascia è caratterizzata da terremoti storici che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo, con profondità ipocentrali mediamente elevate.

Le zone 916 e 921 coincidono con il settore in distensione tirrenica definito nel modello sismo-tettonico di Meletti et al. (2008). Queste zone sono caratterizzate da una sismicità a bassa energia che sporadicamente raggiunge valori di magnitudo relativamente elevati.

Ad ovest, troviamo ZS908 e ZS909, le quali disegnano l'arco delle Alpi occidentali e che sono disposte secondo due fasce parallele all'asse della catena. Queste zone presentano una sismicità diffusa di intensità modesta.

Infine, a S-O si incontra la ZS910 in cui è avvenuto il terremoto distruttivo di Diano Marina del 1887 (M_W 6.29 in CPT15). Dal punto di vista strutturale, essa è considerata (come il Vallese) l'area di svincolo che consente l'arretramento dell'arco alpino occidentale (Meletti et al., 2008).

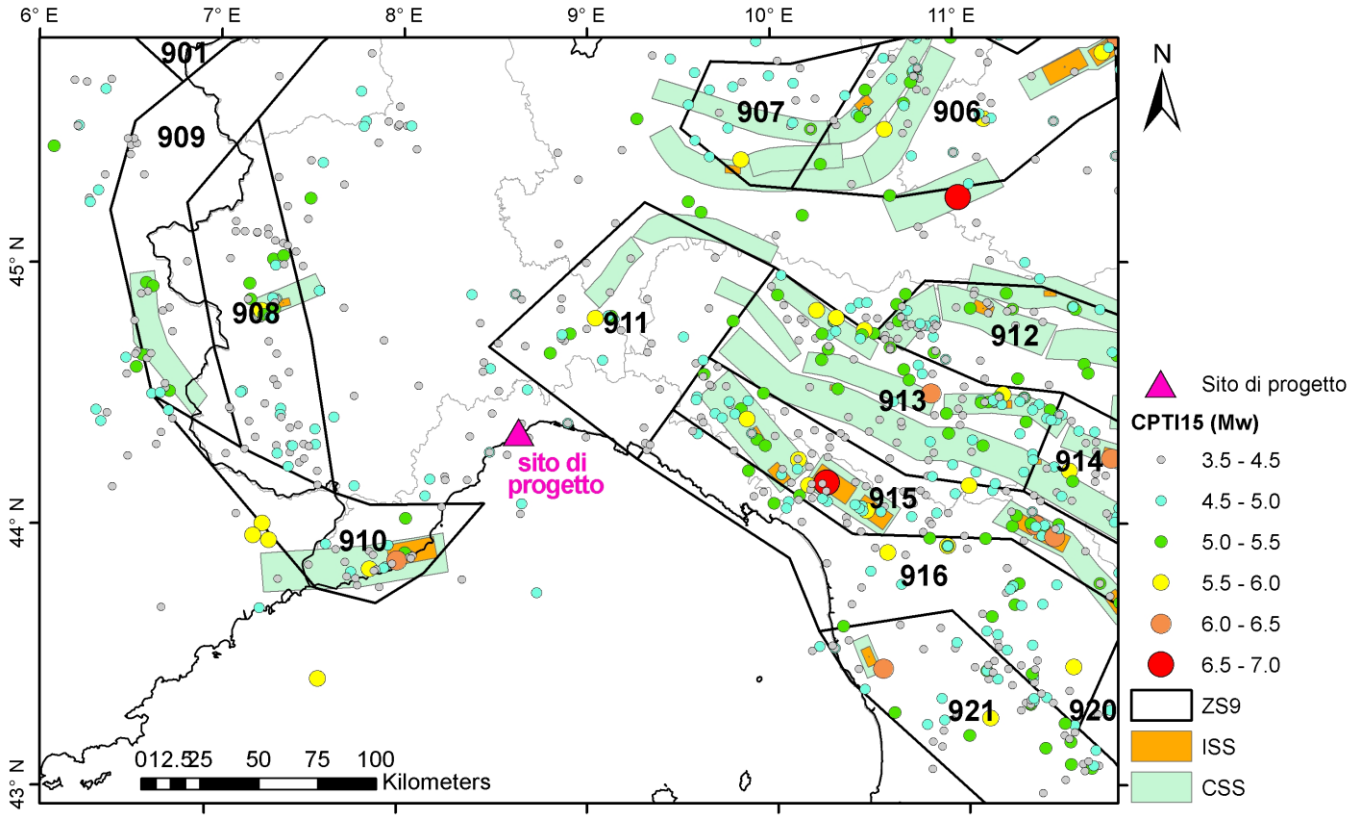


Figura 9-3 – Contesto sismo-tettonico della regione estesa nell'intorno dell'area di progetto: i poligoni in nero rappresentano i confini delle sorgenti sismogenetiche del modello ZS9 (Meletti et al., 2008), i cerchietti colorati rappresentano gli epicentri dei terremoti inclusi nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15). I rettangoli arancioni rappresentano le faglie individuali del modello DISS3 mentre quelli verdi i sistemi di faglie composite.

I lineamenti di faglia più prossimi al sito di progetto (vedi l'estratto dal database italiano delle zone sismogenetiche DISS3.2 riportato nella Figura 9-4) sono costituiti da sistemi di faglie composite (CSS), all'interno dei quali si classificano alcune sorgenti individuali (ISS). Le principali zone sismogenetiche composite sono quelle della Lunigiana (ITCS026) e della Imperia Promontory (ITCS022), rispettivamente con magnitudo di 6.0 e 6.6. All'interno della zona sismogenetica della Lunigiana si riconoscono le faglie di Pontremoli (M_W =5.7) e Aulla (M_W=5.8). In corrispondenza della CSS Imperia Promontory si identifica la faglia individuale ITIS130 (Imperia Promontory), con magnitudo 6.6.

Sulla base delle indicazioni del catalogo delle Faglie Capaci ITHACA, curato da ISPRA, non sono state individuate lineazioni potenzialmente interagenti con il sito di progetto. (http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci).

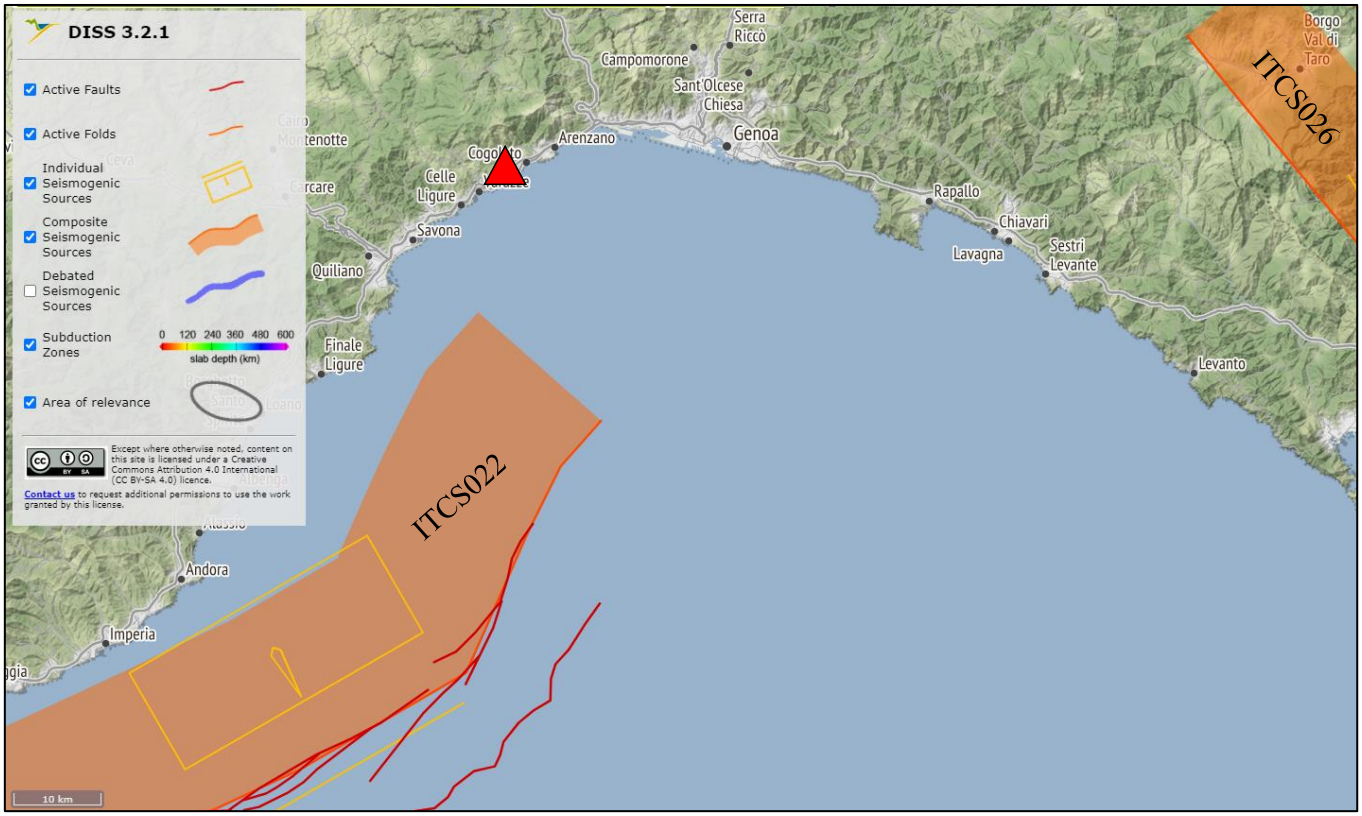


Figura 9-4 – Sorgenti sismogenetiche individuali e composite dal "Database of Individual Seismogenic Sources" (DISS 3.2.1) rilevanti per l'area in oggetto (triangolo rosso).

Per comporre un quadro completo dei livelli di sismicità dell'area di interesse, un utile riferimento è costituito dal Database Macrosismico Italiano DBMI15 (Locati et al., 2016), il quale contiene tutte le informazioni riguardanti le intensità macrosismiche (I_{MCS}) risentite a seguito dei terremoti accaduti fino al 2014.

In particolare, la Figura 9-5 mostra la storia sismica associata al comune di Cogoleto in termini di intensità macrosismica con osservazioni concentrate negli ultimi 100 anni, sostanzialmente per una limitazione legata alla documentazione disponibile relativa ai danni co-sismici. Per avere un quadro più completo, in Figura 9-6 viene mostrata la storia sismica associata al comune di Genova (a 30 km ad est del sito di progetto), sempre in termini di intensità macrosismica. Si nota come la frequenza di eventi sismici in grado di produrre risentimenti al sito sia moderata, con intensità sismiche massime avvertite non superiori a 6-7. Gli eventi più importanti in termini di intensità percepita nell'area del Comune di Cogoleto sono costituiti dal terremoto del 1887 della Liguria occidentale (M_W = 6.27) ed il terremoto del 1897 del Mar Ligure (M_W = 4.22).

Da quanto sopra si evince come sia associabile all'area interessata di progetto una sismicità moderata.

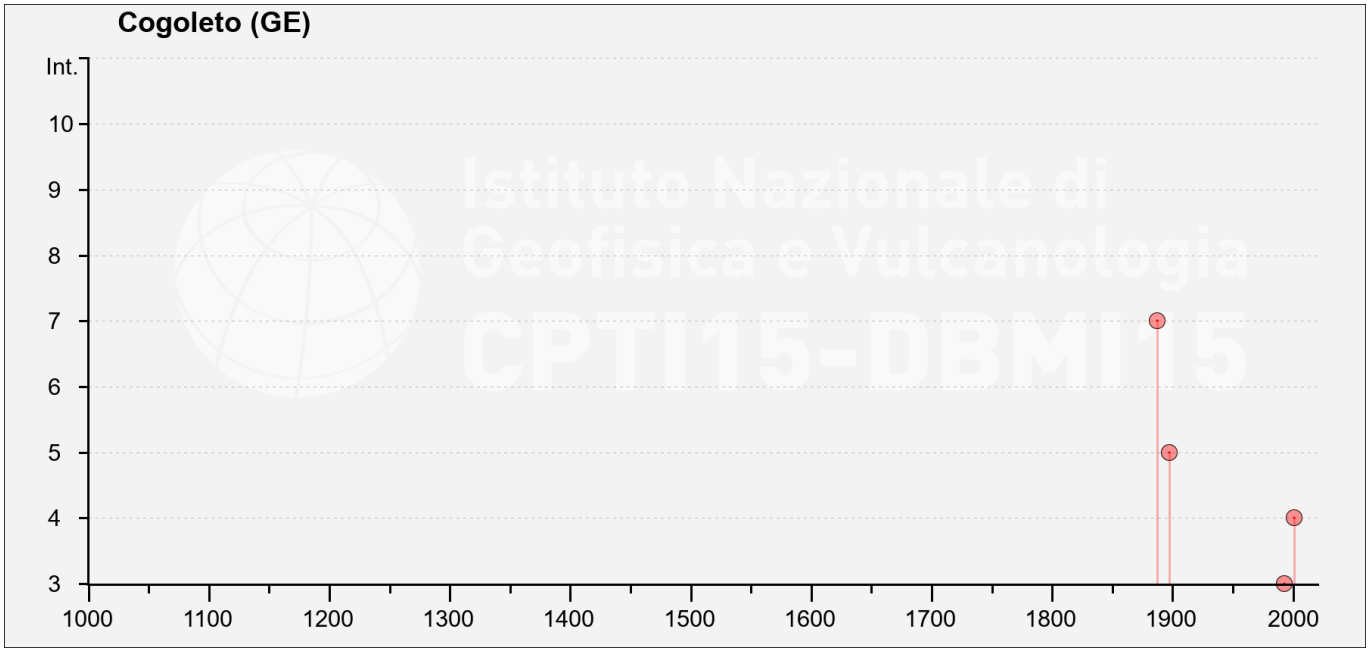


Figura 9-5 – Storia sismica del comune di Cogoleto (dal catalogo DBMI 2015, Rovida et al., 2016).

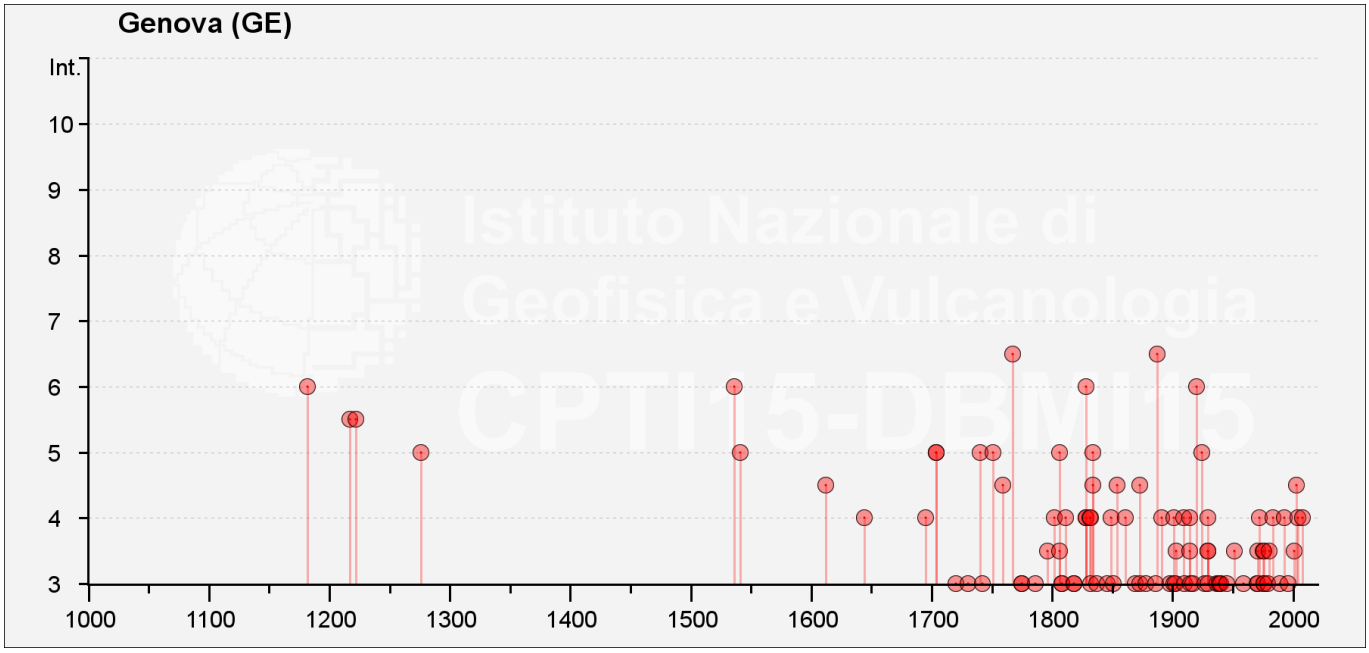


Figura 9-6 – Storia sismica del comune di Genova (dal catalogo DBMI 2015, Rovida et al., 2016).

9.3 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

9.3.1 Generalità

La definizione dell'azione sismica di progetto per l'opera segue quanto disposto dalle NTC2018. In particolare, l'azione sismica in base alla quale va valutato il rispetto dei diversi Stati Limite per le strutture in progetto (di esercizio – SLE e Ultimi - SLU) deve essere definita a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, a sua volta esprimibile in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale.

La definizione dell'azione sismica comprende la determinazione delle ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione S_e (T) con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R per la vita utile della struttura. Data la probabilità di superamento nel periodo temporale di riferimento, funzione dello Stato Limite considerato per la verifica, la forma degli spettri di risposta di progetto è definita dai seguenti parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima per sito rigido e superficie topografica orizzontale;
- Fo valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- Tc* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei paragrafi seguenti verrà dapprima determinato il periodo di riferimento per l'azione sismica (par. 9.3.2) sulla base delle indicazioni progettuali in termini di vita utile e classificazione delle opere. Successivamente, nel par. 9.3.3 saranno definiti gli stati limite di interesse per la verifica strutturale, arrivando a definire i periodi di ritorno corrispondenti dell'azione sismica da considerare determinata a sua volta per suolo rigido ed in corrispondenza dei punti definiti. La determinazione della categoria di suolo (e topografica) di riferimento attraverso l'interpretazione delle indagini geotecniche e geofisiche disponibili sarà oggetto del par. 9.3.5 arrivando a definire, per i diversi stati limite, l'azione sismica di riferimento da adottare per le verifiche.

9.3.2 Vita utile e classe d'uso

La Vita Nominale V_N di un'opera, intesa come il periodo temporale entro cui l'opera stessa possa essere usata per lo scopo al quale è destinata, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, è così definita dalle NTC2018:

- $V_N \leq 10$ anni, per opere provvisorie e opere provvisionali.
- $V_N \geq 50$ anni, per opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.

- $V_N \geq 100$ anni, per grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di importanza strategica.

Nel caso in esame, ai fini della definizione dell'azione sismica, i progettisti hanno assunto:

$$V_N = 50 \text{ anni}$$

Con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso in presenza di azioni sismiche, le opere sono suddivise dalle NTC2018 in classi d'uso, la cui appartenenza è stabilita in base all'importanza dell'opera rispetto alle esigenze di operatività a valle di un evento sismico. Nel caso in esame, sempre sulla base delle indicazioni dei progettisti, le opere appartengono alla Classe d'Uso III, ossia:

"Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.".

Pertanto, sulla base delle indicazioni NTC2018, alla Classe d'Uso III corrisponde un coefficiente d'uso C_U pari a:

$$C_U = 1.5$$

Il periodo di riferimento V_R si ottiene moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U. Nel caso in esame:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1.5 = 75 \text{ anni}$$

9.3.3 Stati limite e probabilità di superamento

L'azione sismica di progetto va quindi determinata in funzione degli Stati Limite di verifica e delle corrispondenti probabilità P_{VR} di realizzarsi nel periodo di riferimento V_R.

Gli Stati Limite di riferimento per verifiche in presenza di sisma, così come definiti nelle NTC2018 al par. 3.2.1 sono:

- Stati Limite Ultimi (SLU):
    - Stato Limite di Salvaguardia della Vita umana, SLV, definito come lo stato limite in corrispondenza del quale la struttura subisce una significativa perdita della rigidezza nei confronti dei carichi orizzontali ma non nei confronti dei carichi verticali. Permane un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

- Stato Limite di Prevenzione del Collasso, SLC, stato limite nel quale la struttura subisce gravi danni strutturali, mantenendo comunque un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza a collasso per carichi orizzontali.

- <u>Stati limite di Esercizio (SLE):</u>

  - Stato Limite di immediata Operatività SLO per le strutture ed apparecchiature che debbono restare operative a seguito dell'evento sismico.

  - Stato Limite di Danno SLD definito come lo stato limite da rispettare per garantire la sostanziale integrità dell'opera ed il suo immediato utilizzo.

Il tempo di ritorno T_R dell'azione sismica di verifica è legato al periodo di riferimento V_R ed alla probabilità di superamento P_{VR} dalla relazione:

$$T_R = - V_R / ln(1-P_{VR})$$

Nel caso in esame, i valori di periodo di ritorno dell'azione sismica e le probabilità di superamento per i diversi Stati Limite sono mostrati in Tabella 9-1.

Tabella 9-1 – Periodi di ritorno per l'azione sismica di progetto per i diversi stati limite.

Stato limite di riferimento		**Probabilità di superamento P_{VR}**	**Periodo di ritorno dell'azione sismica T_R**
Stati limite di esercizio (SLE)	Stato limite di immediata operatività (SLO)	81%	45
	Stato limite di danno (SLD)	63%	75
Stati limite ultimi (SLU)	Salvaguardia della vita umana (SLV)	10%	712
	Stato limite di prevenzione del collasso (SLC)	5%	1462

9.3.4 Accelerazione di riferimento su suolo rigido a_g

In allegato al Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 (riferita dalle NTC2018) i valori a_g (accelerazione orizzontale massima su sito rigido e superficie topografica orizzontale), F_o (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T_{c*} (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) sono forniti per ognuno dei 10751 nodi del reticolo di

riferimento a coprire il territorio nazionale. I valori corrispondenti a punti intermedi alla griglia si ottengono per interpolazione sui quattro punti adiacenti. In Tabella 9-2, si riporta l'identificativo dei nodi del reticolo di riferimento entro cui è compreso il punto di calcolo dell'azione sismica (elaborazione da foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v.1.0.3b, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2009).

I risultati dell'interpolazione per i parametri a_g, F_o e T_{c^*} per i diversi Stati Limite per il sito di progetto sono indicati in Tabella 9-3.

Tabella 9-2 – Nodi del reticolo di riferimento nell'intorno del sito di progetto. Elaborazione da foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v. 1.0.3b, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2009.

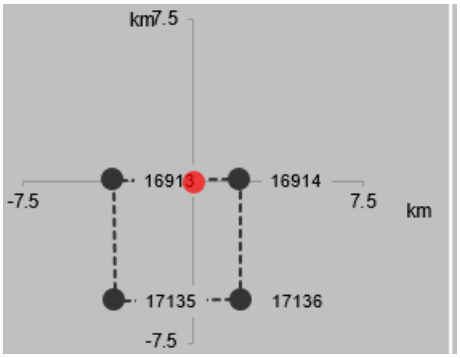
Longitudine	Latitudine	Localizzazione punti di griglia
8.637151°	44.385141°	

Tabella 9-3 – Valori dei parametri a_g, Fo, Tc* per gli stati limite di riferimento per il sito di progetto (ottenuti attraverso l'impiego del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSLLPP (2009)) per V_R = 75 anni.

SL	T_R (anni)	a_g (g)	Fo (-)	Tc* (s)
SLO	45	0.024	2.563	0.183
SLD	75	0.029	2.548	0.209
SLV	712	0.060	2.677	0.311
SLC	1462	0.072	2.787	0.330

9.3.5 Risposta sismica locale

Le NTC2018 definiscono il fattore S di amplificazione di sito come funzione sia della categoria di sottosuolo (S_S), che dell'andamento della superficie topografica (attraverso il coefficiente S_T):

$$S = S_s \cdot S_T$$

La classificazione del sottosuolo si definisce sulla base delle condizioni stratigrafiche e del valore equivalente di velocità di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ (in m/s) definito dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

h_i = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ = valore di velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per il presente studio, è stata considerata la campagna di indagini geofisiche che ha compreso l'esecuzione di n. 2 prove di tipo MASW (MASW_1C e MASW2_C nella Figura 9-2). I risultati ottenuti dall'elaborazione dei dati restituiscono i valori equivalenti di velocità di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$, pari a 345 e 413 m/s con H (spessore delle terre poste al di sopra del substrato di riferimento rigido 800 m/s) pari a 14 e 24 m, rispettivamente (categoria di suolo E e B, rispettivamente da Tabella 9-4). Di conseguenza e in via cautelativa, il sito di progetto viene classificato nella categoria di suolo E.

I coefficienti S_S per la categoria di sottosuolo E si ottengono dalla seguente espressione (vedi Tabella 3.2.IV del par. 3.2.3 delle NTC2018):

$$S_S = 1.00 \leq 2.00\text{-}1.10 \cdot F_o \cdot a_g/g \leq 1.60$$

Per ciò che concerne l'amplificazione topografica, il sito di progetto si colloca su superficie sostanzialmente pianeggiante (cat. T1 - Superficie pianeggiante e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°, in accordo alla Tabella 3.2.III al par.3.2.2. delle NTC2018). Pertanto, il fattore di amplificazione topografica risulta pari a:

$$S_T = 1$$

Sulla base di quanto sopra, i valori del fattore di sito S e dell'azione sismica di progetto $a_{max} = S*a_g$ per i periodi di ritorno corrispondenti ai diversi stati limite sono riportati in Tabella 9-5.

Si rimanda al testo delle NTC2018 per ogni altra indicazione, ad esempio in merito alla definizione degli spettri elastici di risposta.

Tabella 9-4 – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato. (Tabella 3.2.II delle NTC2018).

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

Tabella 9-5 – Valori di a_g e dei coefficienti di sito S (S_T=1) e accelerazione di progetto a_{max} per gli stati limite di riferimento (ottenuti attraverso l'impiego del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSLLPP (2009)) per V_R = 75 anni per il sito di progetto.

SL	T_R (anni)	a_g (g)	S (-)	a_{max} (g)
SLO	45	0.024	1.6	0.038
SLD	75	0.029	1.6	0.047
SLV	712	0.060	1.6	0.095
SLC	1462	0.072	1.6	0.114

9.4 ANALISI DI PERICOLOSITÀ RISPETTO AL FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE

Le NTC2018 al paragrafo 7.11.3.4.2 stabiliscono che la verifica alla liquefazione può essere omessa qualora si manifesti una delle seguenti circostanze:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero minori di 0.1 g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione verticale efficace di 100 kPa;
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone comprese tra le curve che delimitano il campo di suscettibilità, fornite nelle NTC2018.

Per il sito di progetto, l'accelerazione massima attesa corrispondente allo stato limite ultimo di verifica (SLV, cfr. Tabella 9-5) è minore di 0.1 g e perciò, la verifica a liquefazione può essere omessa ed il sito di progetto classificato come stabile rispetto a tale fenomeno.

10 CONCLUSIONI

Riassumendo lo studio riportato nei paragrafi precedenti, si può affermare che:

- dal punto di vista geografico l'area di studio ricade lungo la riviera di Ponente nel comune di Cogoleto (GE), lungo la linea ferroviaria Genova-Savona in prossimità della stazione di Cogoleto.

- Dal punto di vista geologico-strutturale l'area ricade nel dominio Pennidico delle Alpi occidentali il cui assetto geologico-strutturale è dovuto all'orogenesi alpina ed in particolare all'inversione dei movimenti relativi tra le placche. A partire dal Cretaceo si ha la convergenza dei margini continentali e la subsidenza della litosfera oceanica, che porta alla chiusura del bacino Ligure-Piemontese, con conseguente collisione continentale ed esumazione delle unità subdotte. Ne consegue che le Alpi Liguri si presentano come la sovrapposizione di unità di crosta oceanica (ofioliti) e di mantello che testimoniano, causa la diversa profondità, differenti condizioni di pressione e temperatura. Nel Cenozoico si instaura un regime tettonico distensivo nel bacino Tirrenico con conseguente formazione di strutture a horst e graben e deposizione di sedimenti marnosi, argillosi, sabbiosi e conglomeratici. Nell'area sono presenti depositi quaternari di versante, depositi alluvionali e di spiaggia. L'area è dunque caratterizzata da diverse unità tettoniche ofiolitiche, calcaree e terrigene appartenenti al Gruppo di Voltri.

- Dal punto di vista geologico-locale l'area ricade in un contesto completamente urbanizzato nel quale i riporti antropici mascherano quasi completamente i sottostanti litotipi naturali. L'area è caratterizzata dalla presenza di depositi quaternari alluvionali e di spiaggia che si sono deposti sopra alle unità cenozoiche marine a loro volta sovrastanti le unità tettoniche ofiolitiche. L'area in particolare è localizzata sui depositi delle spiagge recenti e sulle serpentiniti della sequenza ofiolitica dell'Unità di Varazze.

- Dal punto di vista geomorfologico l'area di studio si trova in una zona litoranea prevalentemente pianeggiante posta a ridosso di pendii naturali spesso rimodellati dall'uomo con terrazzamenti e coperti da coltri eluvio colluviali. I moti eustatici hanno originato due ordini di terrazzamenti separati da scarpate con pendenze medie di 27° e 31°. Le scarpate dei terrazzi risultano attualmente stabilizzate dalla vegetazione e dalle opere di sostegno legate all'urbanizzazione dell'area. A nord rispetto ai terrazzi marini sono presenti diverse valli perpendicolari alla linea di costa che coincidono con il tracciato dei principali torrenti dell'area.

- Dal punto di vista idrografico in prossimità dell'area di progetto sono presenti due corsi appartenenti al reticolo idrico minore: il torrente Rumaro, che scorre a circa 100 metri a nord est rispetto all'area di

progetto, e il Rio Beuca, che si trova all'interno dell'area di progetto e diventa tombinato in prossimità della linea ferroviaria per poi sfociare in mare 90 m a valle della ferrovia.

- Dal punto di vista idrogeologico l'area ricade su una superfice impermeabilizzata dall'urbanizzazione costiera. Sotto ad un primo sottile livello impermeabilizzato dall'urbanizzazione sono presenti i depositi di spiaggia, permeabili per porosità, e le serpentiniti, permeabili per fessurazione. La permeabilità dei depositi sabbioso ghiaiosi di spiaggia è elevata come anche quella delle serpentiniti, che in affioramento appaiono fortemente alterate e fratturate. Per quanto riguarda il livello di falda, definito nel sondaggio S02, esso si attesta a -6.11 metri dal piano campagna.
- Dal punto di vista della pericolosità e del rischio geomorfologico è stata analizzata la cartografia tematica del Piano per l'assetto idrogeologico dell'Autorità dei Bacini della Liguria ed in particolare la Carta della franosità reale e la Carta della suscettività al dissesto; la prima evidenzia una piccola scarpata di frana attiva e un'area a ruscellamento diffuso a nord dell'area di progetto, la seconda indica che l'area di progetto ricade in classi a suscettività al dissesto bassa e molto bassa (Pg1 e Pg0). Si rimanda al comma 5 dell'Art. 16, "Aree a diversa suscettività al dissesto" per la verifica delle procedure da ottemperare in caso di realizzazione di opere in tali tipologie di aree.
- Per quanto concerne le criticità di carattere idraulico, analizzando la cartografia delle Fasce Inondabili e del Rischio idraulico del Piano di Bacino Stralcio per la Tutela dal Rischio Idrogeologico, si evidenzia come l'area di studio si trovi in Fasce di inondabilità A e B (del Rio Beuca) e sia ubicata in una zona a elevato rischio idraulico. Per la verifica delle procedure da ottemperare in caso di realizzazione di opere in tali tipologie di aree si rimanda a al comma 2 e 3 dell'Art. 15, "Fasce di inondabilità".
- Per quanto riguarda i vincoli territoriali è stata analizzata la cartografia della suscettività d'uso del PUC del comune di Cogoleto e la cartografia delle aree sottoposte a vincolo idrogeologico del piano di Bacino ambiti 12 e 13. Secondo la prima carta l'area ricade in zone "a suscettività d'uso limitata e parzialmente limitata per rischio idraulico". Per la verifica delle procedure da ottemperare in caso di realizzazione di opere in tali tipologie di aree si rimanda ai capitoli 4 e 5 "Disciplina Normativa Classi 5 e 4" della Normativa Geologica Attuativa. La carta delle aree sottoposte a vincolo idrogeologico del piano di Bacino ambiti 12 e 13 permette di affermare che l'area è sottoposta, in parte, a vincolo idrogeologico e quindi bisognerà attuare quanto previsto dalla normativa al Capitolo 8 della Normativa Geologica Attuativa.

- Dal punto di vista sismico si può affermare che l'area è caratterizzata da una sismicità moderata. Le indagini geofisiche riportano la categoria di suolo E e B, ma, in via cautelativa, il sito viene classificato nella categoria di suolo E.

- Per quanto riguarda il potenziale di liquefazione dei terreni le verifiche condotte evidenziano come il sito di progetto sia da ritenersi stabile rispetto a tale fenomeno.

11 BIBLIOGRAFIA

- Allasinaz, A., Gelati, R., Gnaccolini, M., Martinis, B., Orombelli, G., Pasquarè, G., & Rossi, P. M. (1971). Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1/100000-Foglio 82 Genova. Servizio Geologico d'Italia, Roma, 134.

- Allasinaz, A., Gelati, R., Gnaccolini, M., Martinis, B., Orombelli, G., Pasquarè, G., & Rossi, P. M. (1971). Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1/100000-Foglio 82 Genova. Servizio Geologico d'Italia, Roma, 134.

- Buzzi F., Palazzo F., Rizzi G., Loda A. (2010-2018) Progetto di Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.) di Cogoleto riadottato ai sensi dell'art. 38 comma 2 della L.R. n.36/1997 e s.m.i. con D.C.C. n.20 del 18.06.2018 - Relazione integrativa al Rapporto ambientale con D.C.C. n.29 del 12.09.2018.
- Carobene, L., & Cevasco, A. (2011). *A large scale lateral spreading, its genesis and Quaternary evolution in the coastal sector between Cogoleto and Varazze (Liguria—Italy). Geomorphology, 129 (3-4), 398-411*.
- Convenzione INGV-DPC 2004 – 2006, Progetto S1, Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi, Coordinatore: Carlo Meletti (INGV). Sito web: http://esse1.mi.ingv.it/.
- DISS Working Group (2018). *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. http://diss.rm.ingv.it/diss/. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: 10.6092/INGV.IT-DISS3.2.1*.
- Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G., Valensise G. (2007.) *CFTI4Med, Catalogue of Strong Earthquakes in Italy (461 B.C.-1997) and Mediterranean Area (760 B.C.-1500). INGV-SGA. http://storing.ingv.it/cfti4med.*
- Haccard, D. (1972). *Essai sur l'evolution tectogenetique de la liaison Alpes-Apennins (de la Ligurie a la Calabre).*
- Haller K. M.m and Basili R. (2011). *Developing seismogenic source models based on geologic fault data. Seismol. Res. Lett., 82, 519-525.*
- Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A, Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). *DBMI15, the 2015 version of the Italian*

Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15.

- Meletti C., Galadini F., Valensise G., Stucchi M., Basili R., Barba S., Vannucci G., Boschi E. (2008). *A seismic source model for the seismic hazard assessment of the Italian territory. Tectonophysics, 450(1), 85-108. DOI:10.1016/j.tecto.2008.01.003.*
- Piani di Bacino, stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico. Ambiti Regionali di Bacino 12 e 13 (2019).
- 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.
- Vanossi, M., Corte Sogno, L., Galbiati, B., Messiga, B., & Piccardo, G. (1984). Geologia delle Alpi Liguri: dati, problemi, ipotesi. Memorie della Società Geologica Italiana, 28, 5-75.

12 ALLEGATI

STRALCIO RELAZIONE GEOLOGICA (1999) – "Realizzazione di un edificio residenziale sull'area ex cantieri Bianchi e Cecchi".

- Frontespizio
- Risultati indagini (n.6 pozzetti)
- Planimetria ubicazione indagini

COMUNE DI COGOLETO (GE)

REALIZZAZIONE DI UN EDIFICIO RESIDENZIALE SULL'AREA EX CANTIERI BIANCHI E CECCHI

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA

Richiedente: Cantieri navali Bianchi e Cecchi s.r.l. Cogoleto (GE)

Gruppo di progettazione: Arch. G. Barisione – Arch. G. Chessi – Arch. L.Grasso – Arch. Valle

Genova, Ottobre 1999

Dott. Geol. Roberto DE FRANCHI
Via Caffaro 31/4 – 16124.- Genova;
Tel/Fax 010 / 2471323 – 0335 / 6371274
Consulenze geologiche - Indagini geognostiche
Prove geotecniche in sito - Prospezioni geofisiche
Sondaggi penetrometrici statico-dinamici



P_1

Falda = 1.8m dal p.c.

Strato n.	Profondità dal p.c.	Tipo di terreno	Valore caratteristico $N_{SPT,60}$	N_{SPT}	Angolo d'attrito ϕ' (°)	Coesione non drenata Cu (Kg/cm²)	Peso di volume γ (t/m³)
1	0.0 – 0.6	Pavimentazione e sottofondo	/	/	/	/	/
2	0.6 – 2.6	Livello superficiale detritico terroso eminentemente fine poco consistente	2	3	27°	0.19	1.75
3	2.6 – 6.2	Terreno eterogeneo, eminentemente granulare e sabbioso, moderatamente addensato	8	13	31°	/	1.9
4	6.2 – 9.2	Terreno granulare sabbioso ciottoloso Da moderatamente addensato ad addensato	12	19	33°	/	2.0
5	9.2 – 11.2	Terreno eterogeneo, sabbioso-limoso con ciottoli da poco a moderatamente addensato	8	13	31°	/	1.9

P_2

Falda = 2.0m dal p.c.

Strato n.	Profondità dal p.c.	Tipo di terreno	Valore caratteristico $N_{SPT,60}$	N_{SPT}	Angolo d'attrito ϕ' (°)	Coesione non drenata Cu (Kg/cm²)	Peso di volume γ (t/m³)
1	0.0 – 0.4	Pavimentazione e sottofondo	/	/	/	/	/
2	0.4 – 1.8	Livello superficiale detritico terroso eminentemente fine poco consistente	2	3	27°	0.19	1.8
3	1.8 – 3.0	Terreno eterogeneo, eminentemente granulare e sabbioso, moderatamente addensato	6	10	30°	/	1.9
4	3.0 – 4.0	Terreno granulare sabbioso ciottoloso Da moderatamente addensato ad addensato	12	19	33°	/	2.0
5	4.0 – 4.40	Terreno eminentemente ghiaioso molto grossolano che impedisce ulteriori avanzamenti	36- rif.	> 50	>40°	/	2.0

P_3

Falda = 1.8m dal p.c.

Strato n.	Profondità dal p.c.	Tipo di terreno	Valore caratteristico $N_{SPT,60}$	N_{SPT}	Angolo d'attrito ϕ' (°)	Coesione non drenata Cu (Kg/cm²)	Peso di volume γ (t/m³)
1	0.0 – 1.8	Livello superficiale detritico terroso eminentemente fine poco consistente	1	2	26°	0.13	1.75
2	1.8 – 2.8	Terreno eterogeneo, eminentemente granulare e sabbioso, moderatamente addensato	7	11	30°	/	1.90
3	2.8 – 3.4	Terreno eminentemente ghiaioso molto grossolano che impedisce ulteriori avanzamenti	32- rif.	> 50	>40°	/	2.0

P_4

Falda = 1.9m dal p.c.

Strato n.	Profondità dal p.c.	Tipo di terreno	Valore caratteristico $N_{SCPT,SPT}$	N_{SPT}	Angolo d'attrito ϕ' (°)	Coesione non drenata Cu (Kg/cm²)	Peso di volume γ (t/m³)
1	0.0 – 1.0	Pavimentazione e sottofondo	/	/	/	/	/
2	1.0 – 1.8	Livello superficiale detritico terroso eminentemente fine poco consistente	1	2	26°	0.13	1.75
3	1.8 – 2.4	Terreno eterogeneo, eminentemente granulare e sabbioso, moderatamente addensato	7	11	30°	/	1.90
4	2.4 – 3.8	Terreno granulare sabbioso ciottoloso Da moderatamente addensato ad addensato	11	18	32°	/	2.0
5	3.8 – 4.0	Terreno eminentemente ghiaioso molto gross. che impedisce ulteriori avanzamenti	>50 - rif.	> 50	>40°	/	2.0

P_5

Falda = 1.8m dal p.c.

Strato n.	Profondità dal p.c.	Tipo di terreno	Valore caratteristico $N_{SCPT,SPT}$	N_{SPT}	Angolo d'attrito ϕ' (°)	Coesione non drenata Cu (Kg/cm²)	Peso di volume γ (t/m³)
1	0.0 – 1.4	Pavimentazione e sottofondo	/	/	/	/	/
2	1.4 – 2.0	Livello superficiale detritico terroso eminentemente fine poco consistente	1	2	26°	0.13	1.75
3	2.0 – 4.4	Terreno granulare sabbioso ciottoloso moderatamente addensato	10	16	32°	/	1.95
4	4.4 – 4.8	Terreno eminentemente ghiaioso molto grossolano che impedisce ulteriori avanzamenti	27 - rif.	> 43	>39°	/	2.0

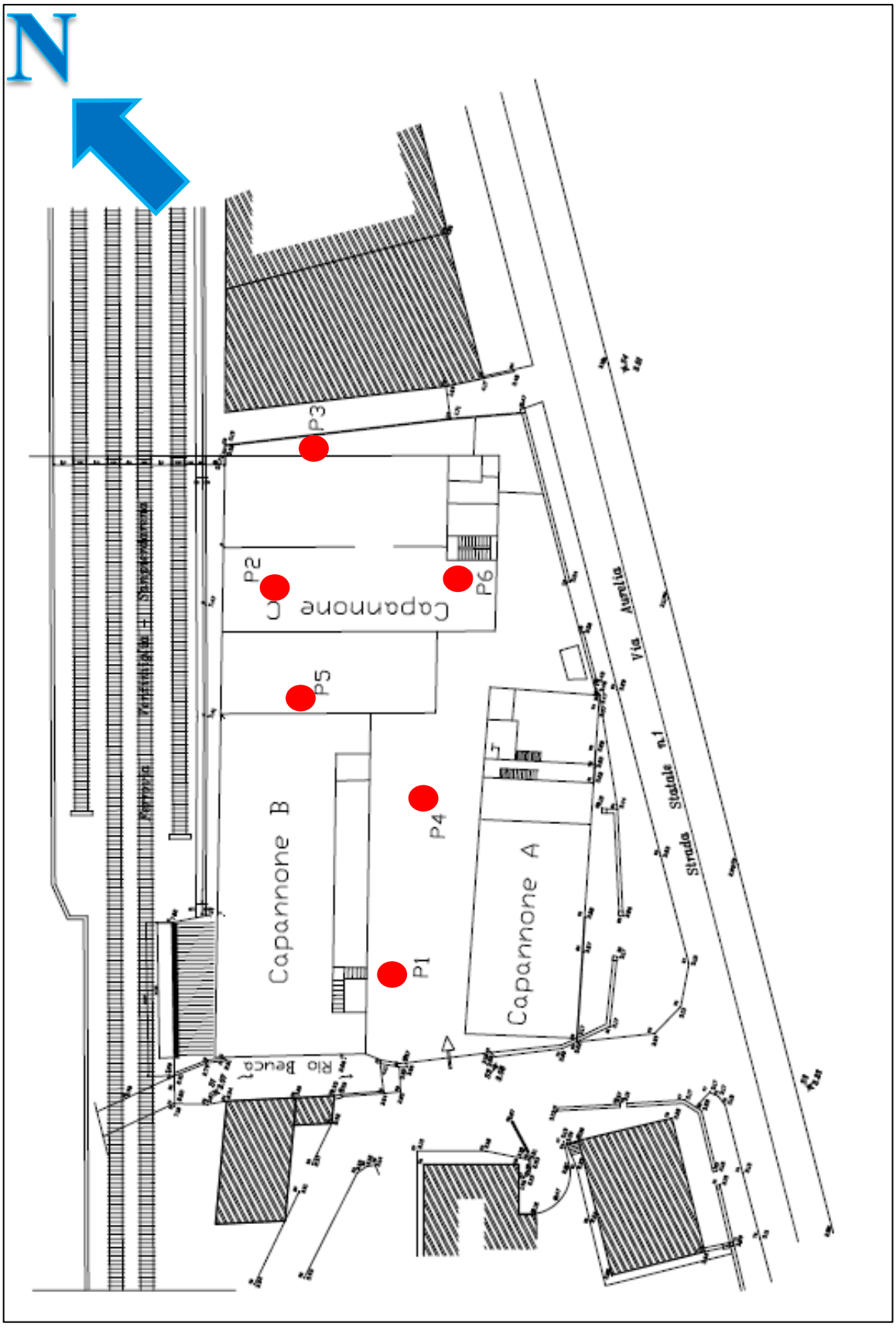
P_6

Falda = 2.2m dal p.c.

Strato n.	Profondità dal p.c. (m)	Tipo di terreno	VCA N_{20TGBo}	VCA N_{SPT}	ϕ' (°)	Cu (Kg/cm²)	γ (t/m³)
1	0.0 – 1.6	Pavimentazione e sottofondo	/	/	/	/	/
2	1.6 – 2.8	Livello superficiale detritico terroso eminentemente fine poco consistente	1	2	26°	0.13	1.75
3	2.0 – 4.4	Terreno granulare sabbioso ciottoloso moderatamente addensato	7	11	30°	/	1.95
4	4.4 – 4.8	Terreno eminentemente ghiaioso molto grossolano che impedisce ulteriori avanzamenti	32 - rif.	> 50	>40°	/	2.0

dove:

VCA =Valore Caratteristico Assunto per rappresentare lo strato (valore medio e/o più frequente, con esclusione dei picchi anomali riferibili a ciottoli e ghiaia)
ϕ' (°) = Angolo d'attrito efficace in terreni granulari (*Peck, Hanson, Thorburn, 1953-1974*)
c_u (Kg/cm²) = coesione non drenata per terreni fini (*Terzaghi & Peck, 1948-1967*)
Υ (t/m³) = peso di volume (*Terzaghi & Peck, 1948-1967 Bowles, 1982*)


N
P1
P2
P3
P4
P5
P6
Capannone A
Capannone B
Capannone C
Via Aurelia
Strada Statale n.1
Rio Beuca