Firmato digitalmente da:
DE FERRARI ROLLERI ARIANNA
Firmato il 17/12/2024 16:55
Seriale Certificato: 2250457
Valido dal 03/03/2023 al 03/03/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

COMUNE DI SAVONA

PROVINCIA DI SAVONA

INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA E RIEMPIMENTO DELLA VALLETTA DEL RIO ERXO

RELAZIONE GEOLOGICA
(D.M. 17/01/2018)

Committente: Società VALECO S.r.l. - Stella (SV)

Data: Aprile 2024

Francesco Valle geologo

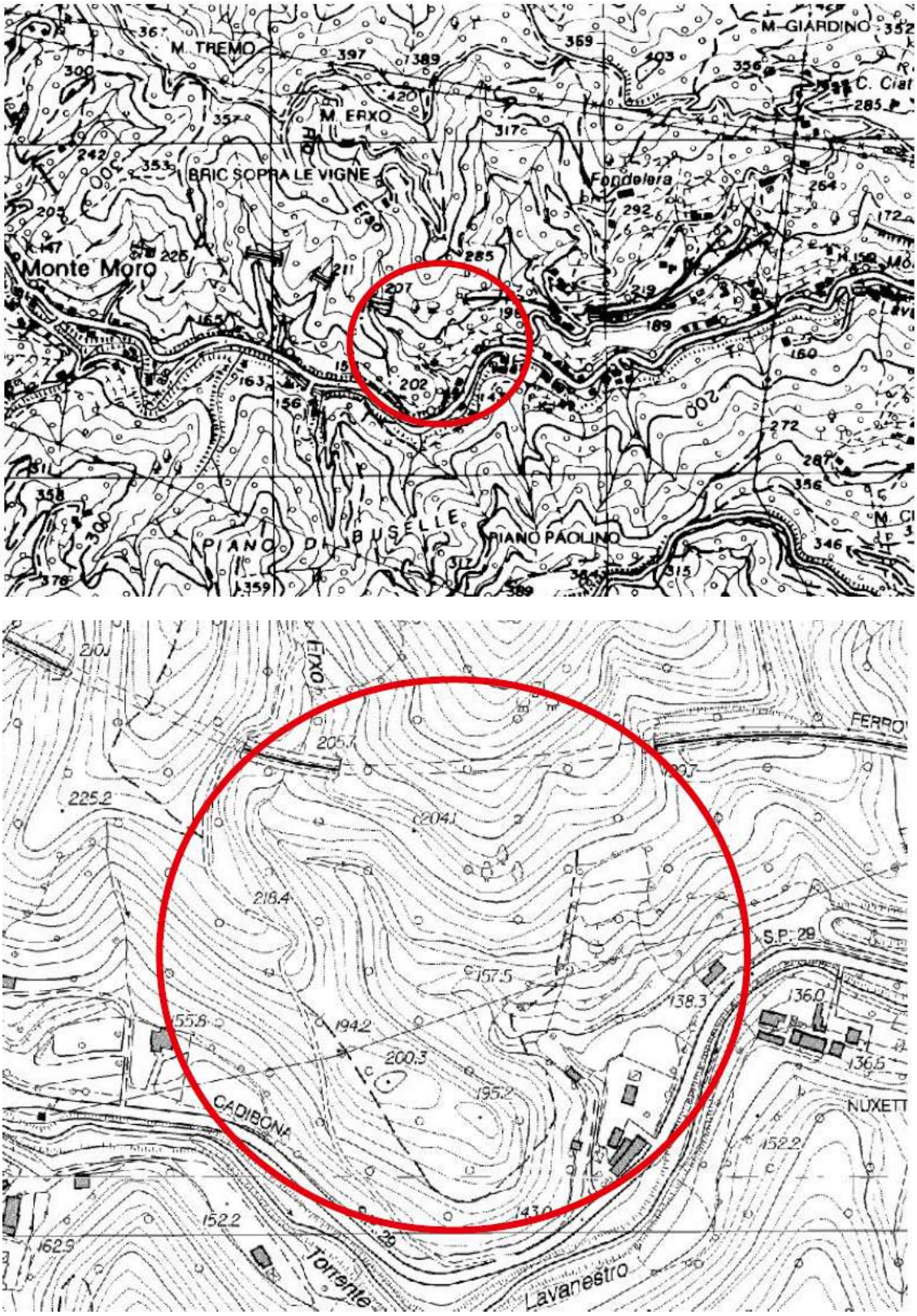


1. PREMESSA

La presente relazione riferisce su quanto è emerso dall'indagine eseguita dal sottoscritto dott. Geol. Francesco Valle, iscritto al n° 409 dell'Albo Professionale dell'Ordine Regionale dei Geologi della Liguria, in relazione al progetto di messa in sicurezza e riempimento della valletta del rio Erxo, da realizzarsi in località Maschio, in Comune di Savona, sulle aree del demanio idrico del rio Erxo e sulle unità immobiliari identificate al N.C.T. al foglio 38, mappali 99, 100, 102, 103, 104, 117 e 118 e al N.C.E.U. al foglio 38, mappale 101.



Fig. 1. Localizzazione della zona oggetto d'intervento da Google Maps (scala grafica).



Figg. 2. Localizzazione della zona oggetto d'intervento su stralci corografia C.T.R. (scala grafica).



Fig. 3. Localizzazione sedime in disponibilità su stralcio corografia C.T.R. (scala grafica).

L'area interessata dalle opere è ubicata in località Maschio, nel tratto terminale del bacino del rio Erxo, affluente di sinistra del Torrente Lavanestro e a sua volta tributario del Torrente Letimbro.
L'area di intervento è situata immediatamente a monte della S.P. n. 29 del Colle di Cadibona, presso la progressiva chilometrica 9+500 della suddetta viabilità.

L'ipotesi progettuale (vedi figure seguenti e più in dettaglio documentazione progettuale) prevede, in sintesi, la realizzazione di un abbancamento all'interno del tratto terminale della valle del rio Erxo con la messa in sicurezza geomorfologica della parte inferiore del bacino e la contestuale sistemazione idraulica di un tratto dell'asta fluviale.

L'abbancamento interessa una superficie di circa 30.000 mq, mentre il tratto di corso d'acqua oggetto di reinalveazione per transito sul rilevato ha una lunghezza di circa 350 m.

A corredo delle opere sono previsti interventi di riqualificazione vegetazionale delle superfici, di regimazione delle acque superficiali, di drenaggio interno al corpo del rilevato, di mitigazione della pericolosità idraulica del tratto terminale del rio Erxo e ipoteticamente, di adeguamento della tombinatura di sottopasso alla S.P. n. 29 del Colle di Cadibona.

L'abbancamento costituisce l'elemento principale del progetto e consiste nella realizzazione di un rilevato con volumetria totale di circa 637 000 mc, sviluppato tra la quota di sbocco del rio Erxo nella fascia di raccordo coi depositi terrazzati del Torrente Lavanestro (142 m s.l.m. circa) e la quota massima del riempimento (230 m s.l.m.).

L’opera presenta caratteristiche geometriche di sostanziale regolarità morfologica e può essere suddivisa in due comparti principali:

- il primo ha un volume di circa 413 000 m³, è collocato tra il piede del rilevato e la quota del piazzale inferiore (200 m s.l.m.), interessa entrambi i versanti dell’impluvio, ha geometria triangolare e andamento irregolare, allungato verso NW e adattato per adeguarsi all’andamento planimetrico del rio Erxo.
- il secondo ha un volume di circa 224 000 m³, si sviluppa tra quota 200 (piazzale inferiore) e 230 m s.l.m. (piazzale superiore), è caratterizzato da morfologia vagamente troncopiramidale ed è adagiato sul versante sinistro dell’impluvio; il rilevato superiore si estende tra la linea ferroviaria e la sommità della scarpata inferiore (quota 200); al suo interno è prevista la realizzazione e il mantenimento di una pista interna che parte dal piede dell’opera (in corrispondenza dell’innesto con la pista di arroccamento) e si sviluppa con due tratti in rettifilo (pendenza del 12%) alternati da altrettante curve (a quota 215 m s.l.m., con funzioni di area di manovra, e a quota 226.5 m s.l.m.)

Per la realizzazione dell’abbancamento è previsto l’impiego di terre e rocce da scavo gestite in regime di sottoprodotto ai sensi del d.P.R. 13 giugno 2017, n. 120 e di materie prime seconde (nel seguito “MPS”) derivanti da attività di recupero (operazione R5) di rifiuti materiali inerti provenienti da operazioni di costruzione e demolizione. I materiali da impiegare rispettano la legislazione tecnica vigente, sono conformi ai requisiti prestazionali di progetto da raggiungere e perseguire la compatibilità ambientale dell’opera, privilegiando l’utilizzo di materiali a moderato impatto ambientale.

Al fine di consentire il conferimento dei materiali, immediatamente a levante dell’area d’intervento è prevista la realizzazione di una pista di arroccamento, caratterizzata da due tornanti e realizzata a mezza costa con scavi e riporti e la costruzione di opere di contenimento e di sostegno in blocchi da scogliera; sarà sviluppata progressivamente in funzione della quota raggiunta dal rilevato, dotata di eventuale viabilità di raccordo a quota 160 m s.l.m. e di sistemi di regimazione delle acque superficiali (canaletta in terra per la raccolta dei deflussi e sistemi di dispersione per la riduzione dell’azione erosiva in corrispondenza delle zone di rilascio); la viabilità avrà carattere temporaneo e sarà dismessa al termine dei lavori, previo conferimento di materiali al fine di ripristinare, per quanto possibile, la morfologia originaria dei luoghi.

Allo scopo di garantire la funzionalità e la conservazione dei requisiti statici dell’abbancamento in condizioni economicamente compatibili con la destinazione d’uso dell’area, l’intervento prevede l’esecuzione di drenaggi di fondo del rilevato e dei sistemi di regimazione delle acque superficiali, costituite da un apparato di trincee drenanti di tipo tradizionale, collocate in corrispondenza della superficie di base del rilevato, con organizzazione planimetrica di tipo dendritico, preferibilmente a contatto col livello litoide scarsamente permeabile.
Alla base delle trincee saranno collocate tubazioni corrugate esternamente e lisce internamente, flessibili e microfessurate.
Il sistema, con punto di rilascio collocato al piede del rilevato, ha la funzione di deprimere l’eventuale falda freatica origina-tasi per infiltrazione e accumulo entro il corpo del rilevato delle acque del rio Erxo e delle precipitazioni meteoriche.

Le opere di regimazione delle acque superficiali sono invece rappresentate da canali di gronda perimetrali, al contatto tra rilevato e versante, e da canalette su bancate e viabilità interna, sempre con recapito entro il nuovo canale del rio Erxo.
Verranno realizzate opere di rivestimento dell'abbancamento con funzioni di protezione dall'erosione da ruscellamento areale e dilavamento e di rinaturalizzazione del sito costituite dalla posa in opera, su tutte le scarpate e i piazzali, di uno strato di terreno vegetale proveniente (almeno in parte) da operazioni di scotico delle aree oggetto di abbancamento o da materiali di scavo in regime di sottoprodotto. Le scarpate saranno inoltre interessate dalla posa di un rivestimento superficiale formato da residui vegetali derivanti da operazioni di recupero di ramaglia e tronchetti secchi, adeguatamente compattati (bricchettatura), fissati al rilevato mediante picchetti in legno.

Il progetto prevede inoltre la modifica plano-altimetrica dell'asta fluviale nel tratto che intercetta l'abbancamento, tra la quota di sbocco della tombinatura di sottopasso alla linea ferroviaria Torino-Savona (201 m s.l.m.) e il piede del rilevato (141.7 m s.l.m.). Al fine di mantenere i deflussi in sezione aperta, il corso d'acqua viene reinalveato mediante sopraelevazione e traslazione per una lunghezza di circa 370 m.
In esito agli studi idraulici eseguiti a corredo del progetto si prevede il possibile adeguamento delle sezioni chiuse che interessano la viabilità pubblica mediante la demolizione dell'opera esistente e la realizzazione di una nuova tombinatura a sezione rettangolare, con sponde e copertura in calcestruzzo armato.
Per maggiori dettagli circa la criticità idraulica e l'ipotesi progettuale si rimanda alla relazione idraulica a corredo del progetto.

Saranno effettuate sia attività di controllo in corso d'opera sia attività di monitoraggio aventi lo scopo di verificare che le deformazioni del corpo del rilevato, sia in fase realizzativa e sia al suo completamento, presentino valori comparabili con i valori attesi, in relazione alla vita nominale dell'opera.

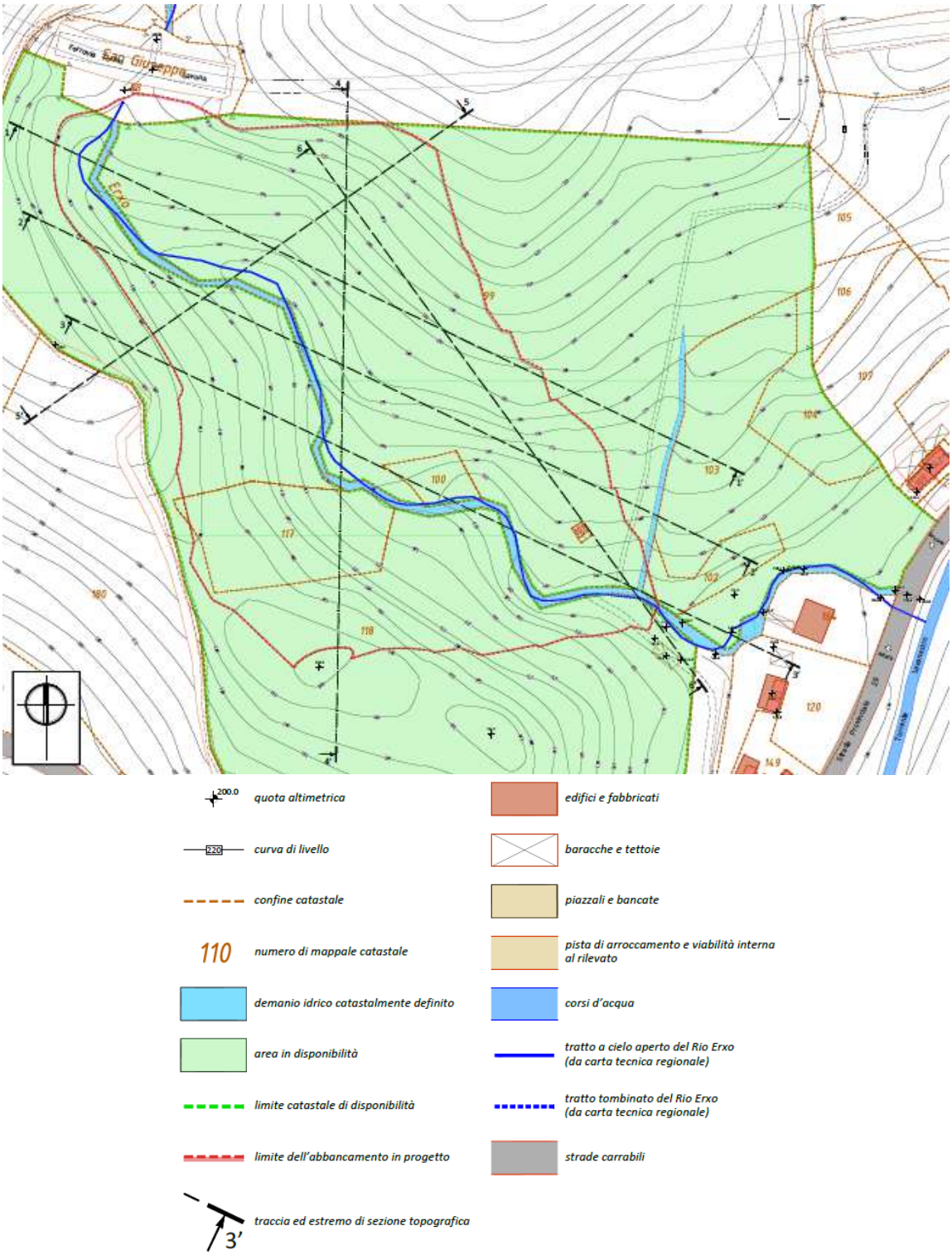


Fig. 4. Planimetria stato attuale (scala grafica).

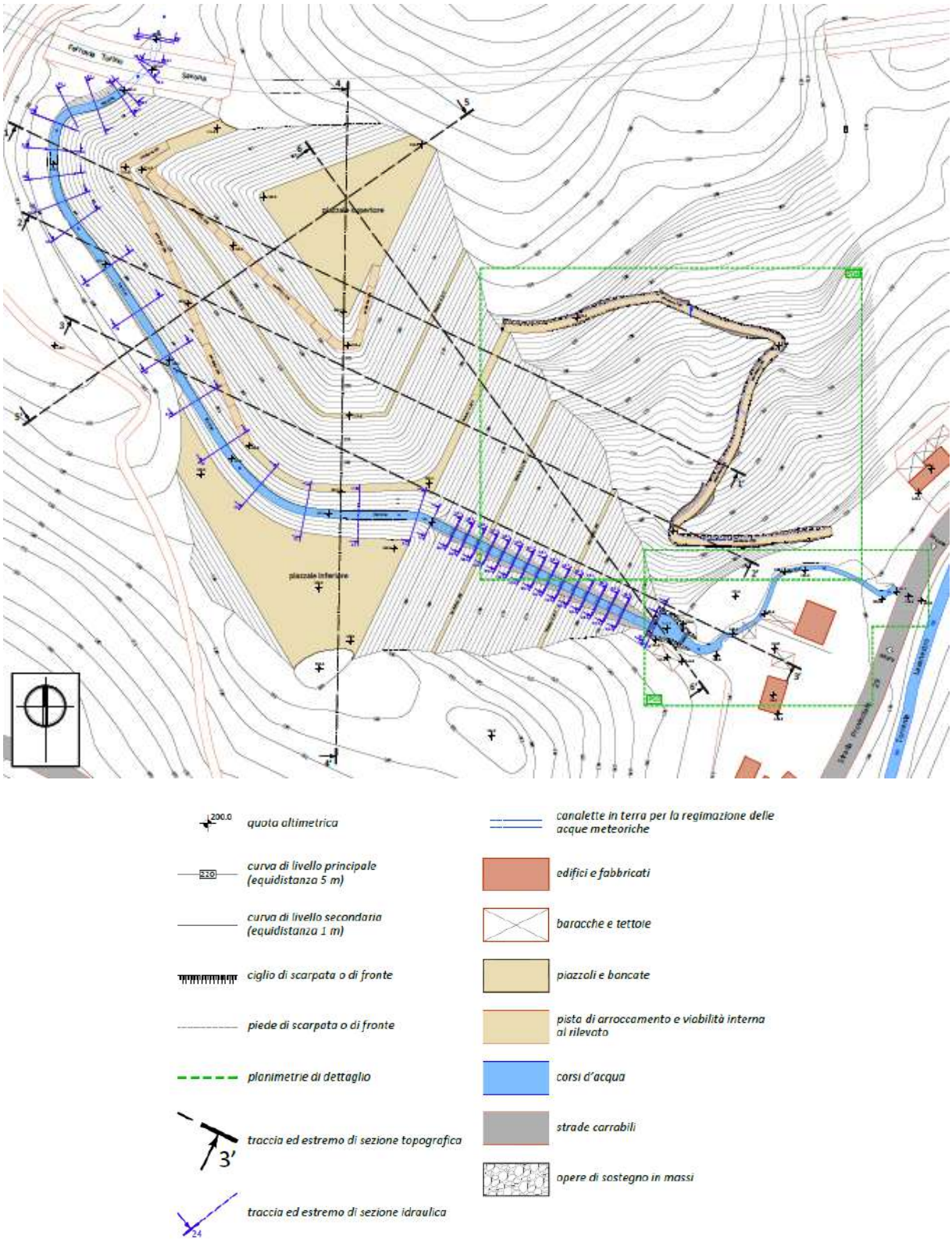


Fig. 5. Planimetria di progetto (scala grafica).

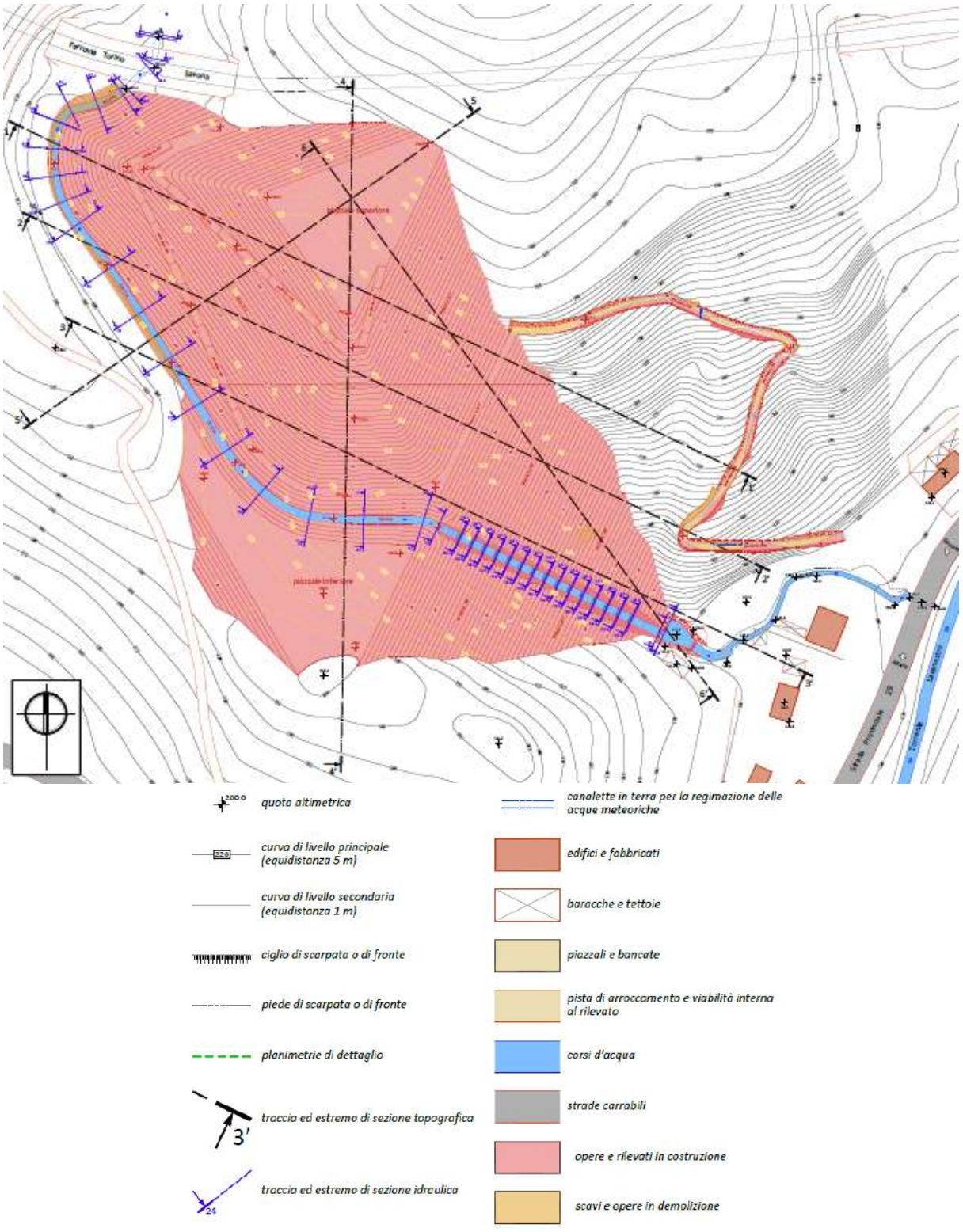


Fig. 6. Planimetria di raffronto (scala grafica).

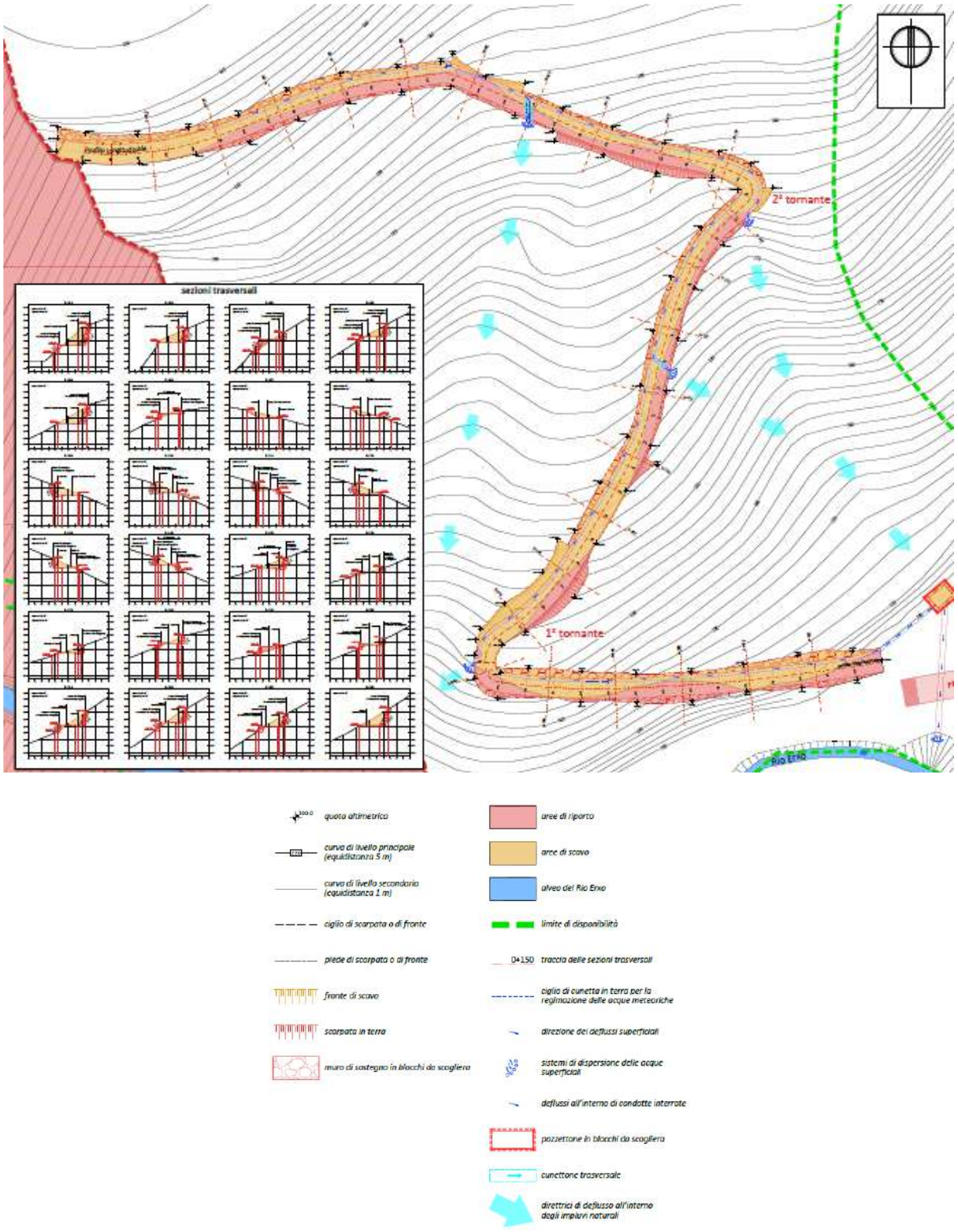


Fig. 7. Planimetria strada di arroccamento (scala grafica).

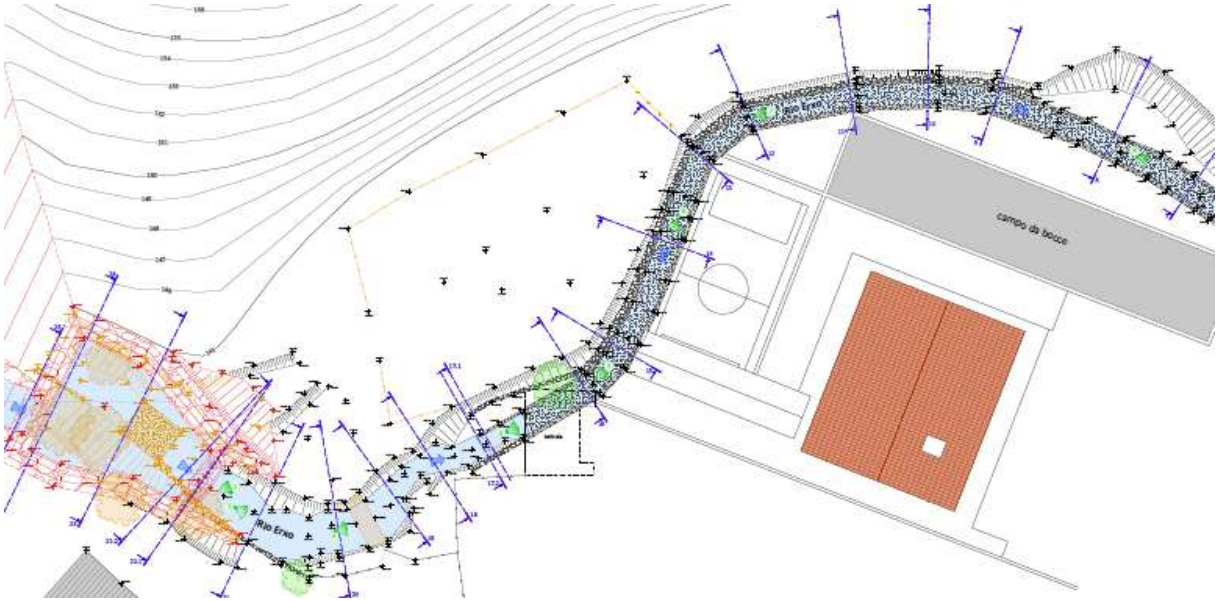
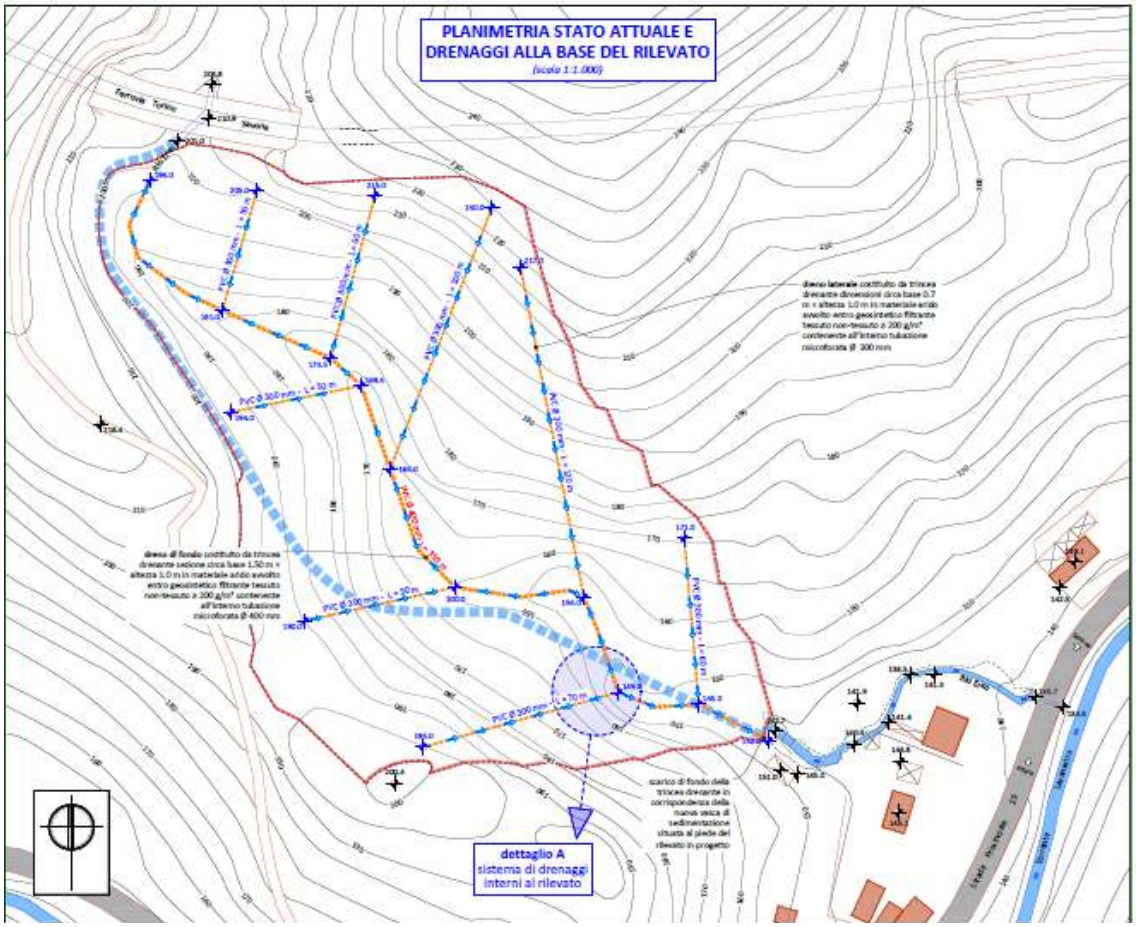
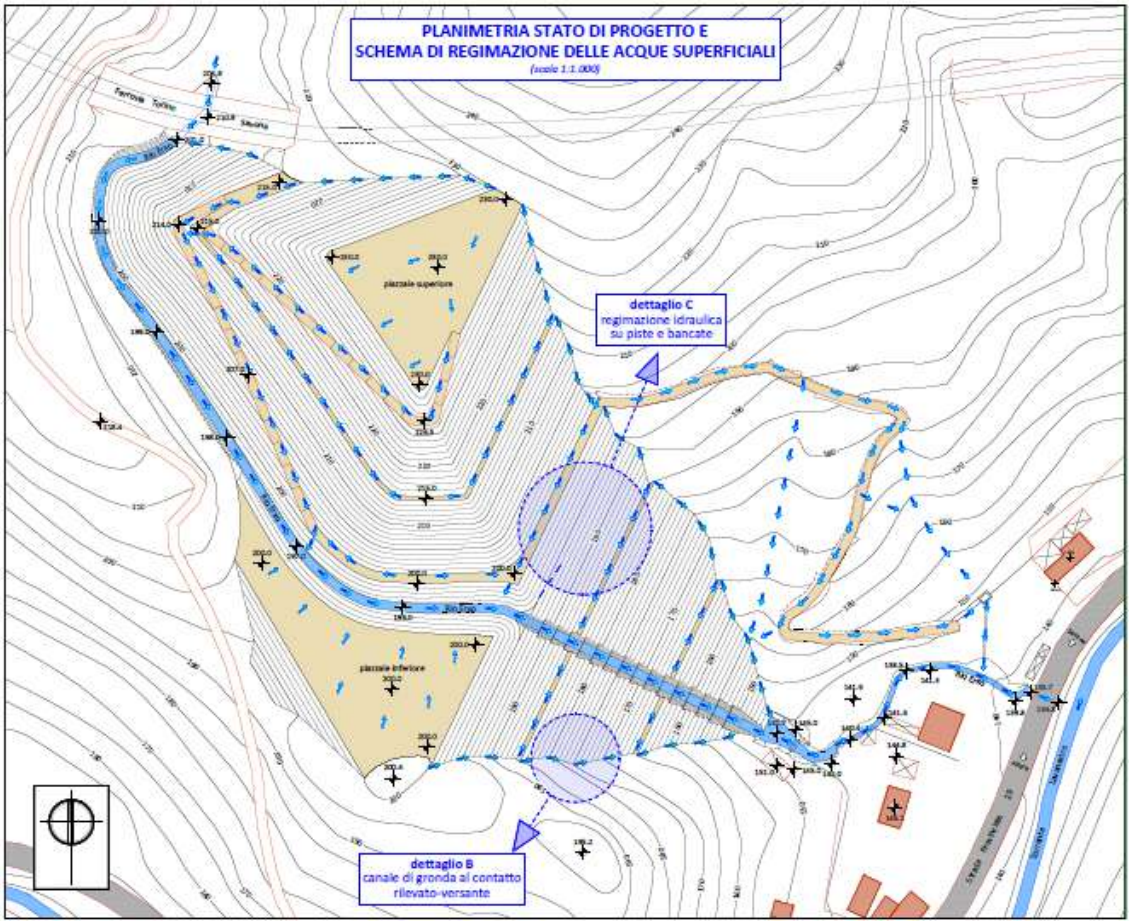
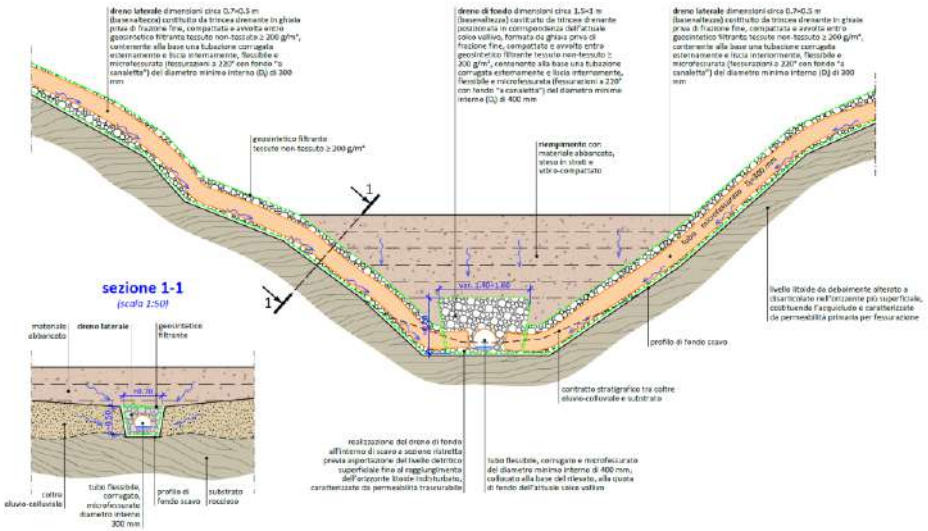


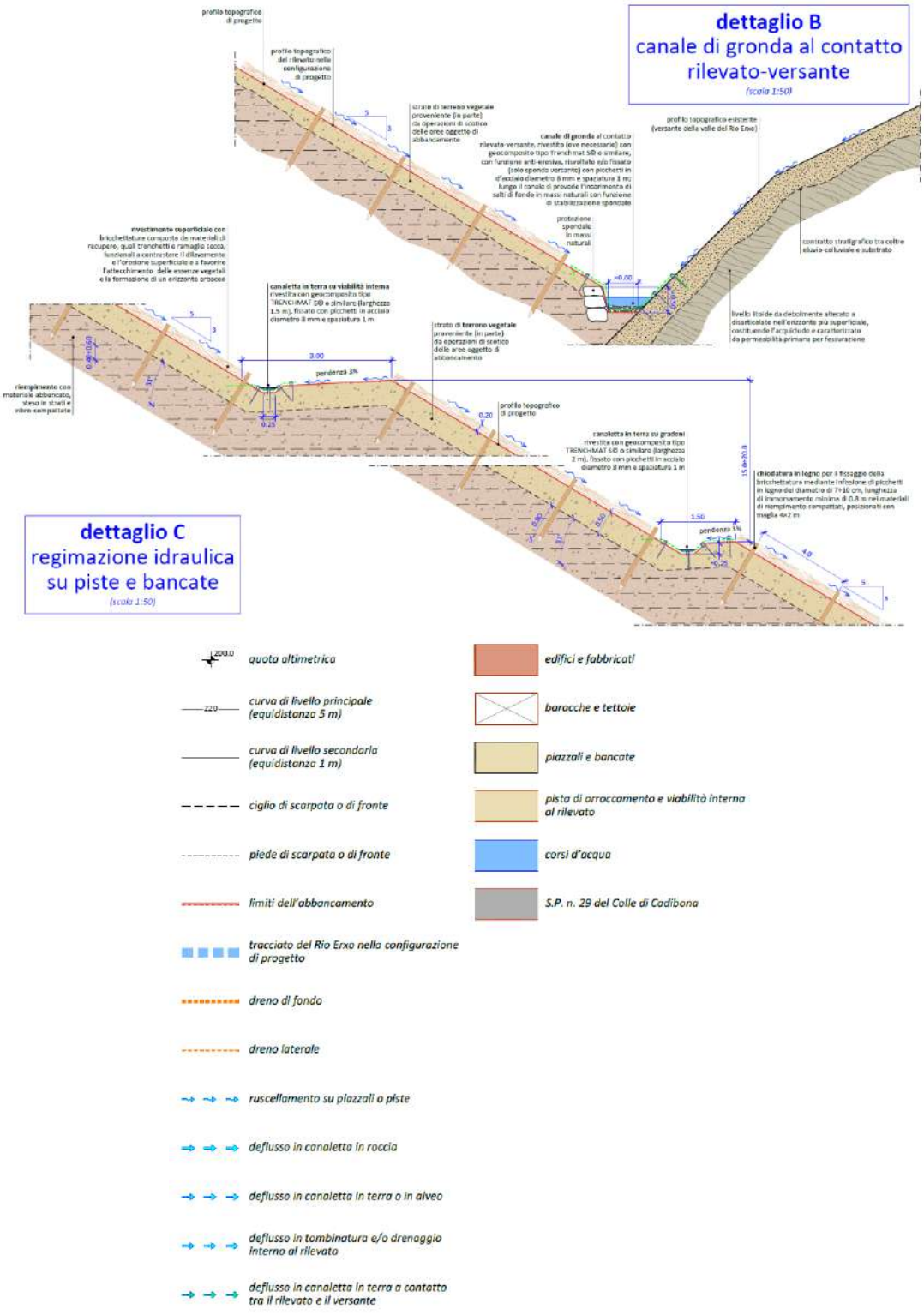
Fig. 8. Planimetria tratto terminale sistemazione Rio Erxo (scala grafica).





dettaglio A
sistema di drenaggi interni al rilevato
(scala 1:50)





Figg. 9. Planimetrie e dettagli schematici regimazione acque (scala grafica).

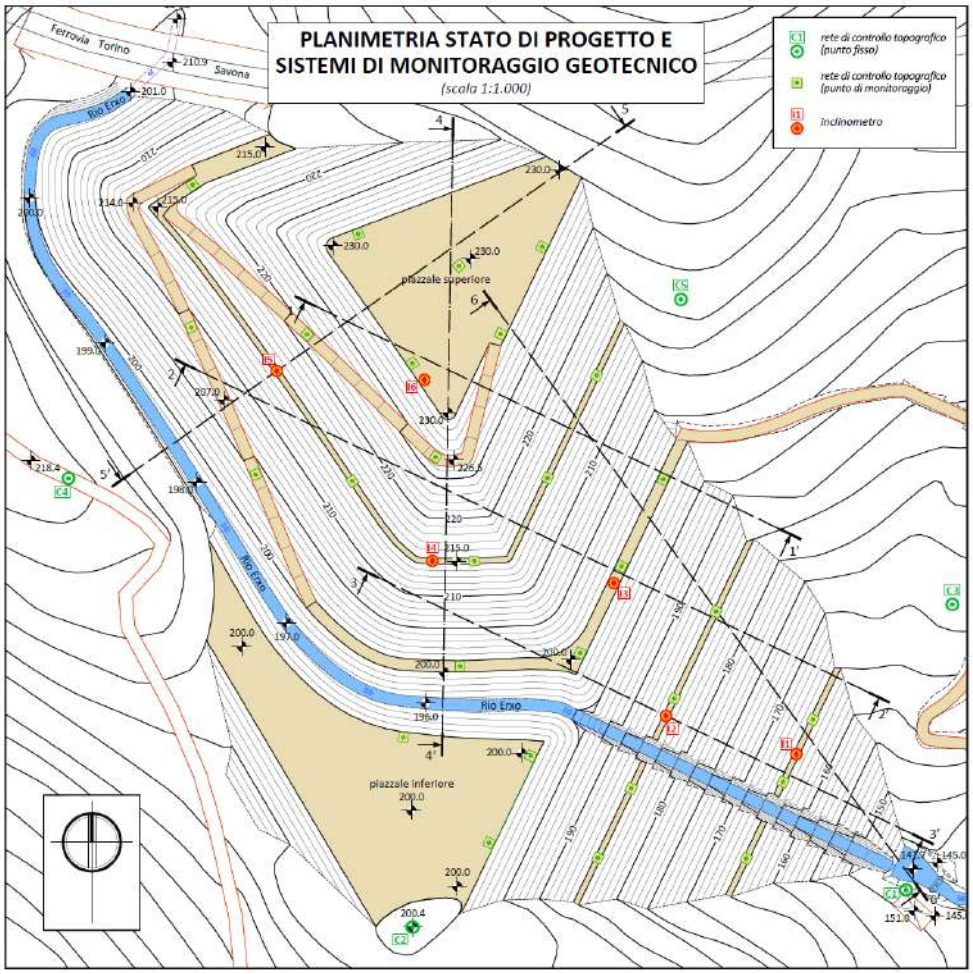


Fig. 10. Planimetria progetto monitoraggi (scala grafica).

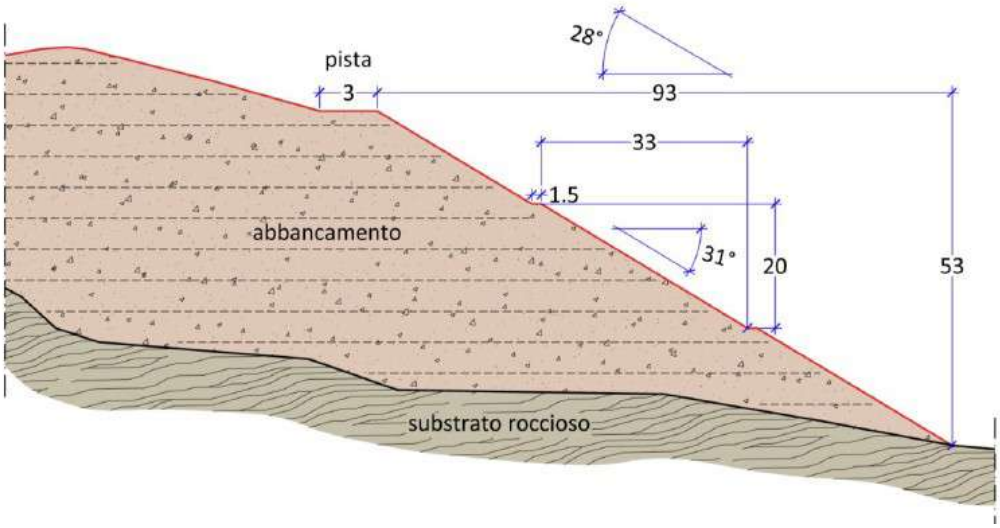


Fig. 11. Sezione tipologica del rilevato (scala grafica).

Eseguiti i necessari rilievi si espongono qui di seguito le condizioni emerse, tenendo conto che l'indagine, servita a verificare le condizioni lito-stratigrafiche del terreno e la compatibilità dell'intervento con l'assetto geomorfologico ed idrogeologico della zona e con la Normativa di P.A.I. si è sviluppata secondo i seguenti criteri:

- inquadramento dell'area nell'ambito del P.A.I.;
- rilevamento geologico, geomorfologico ed idrogeologico della zona per un'area sufficientemente significativa;
- esecuzione di prove ed osservazioni in posto;
- elaborazione ed analisi dei dati acquisiti e redazione della presente relazione geologica.

2. QUADRO NORMATIVO

Il presente studio è stato redatto in conformità a quanto previsto dalla normativa vigente di seguito elencata:

- D.M. 17/01/2018: Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni
- DGR n° 216 del 17/03/2017 (OPCM 3519. Aggiornamento classif. sismica del territorio della Regione Liguria).

3. INQUADRAMENTO NORMATIVO

ZONAZIONE SISMICA

In base alla Delibera della Giunta Regionale n° 216 del 17/03/2017 – Norme Tecniche per le Costruzioni. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria, il Comune di Savona rientra nella zona sismica 3.
Inoltre, riferendosi alla D.G.R. 535 del 18.06.2021 della Regione Liguria, il Comune risulta suscettibile a liquefazione ed in base alla D.G.R. n. 534 del 18.06.2021 "Zone sismogenetiche della Liguria", in prossimità del sito di indagine non si rilevano faglia di tipo "principale".

ROCCE E TERRE DA SCAVO

Il substrato roccioso dell'area non appartiene alle "Pietre Verdi" .

NORMATIVA DI P.U.C. DI SAVONA – NORME GEOLOGICHE

L'area d'intervento risulta così inquadrata nella cartografia del P.U.C.:

Carta geomorfologica - La zona d'intervento ricade prevalentemente nelle aree "4a" e "4b" relative a coltri incoerenti di spessore da sottile a medio (compreso tra <1 e 4m) di origine e natura varie, spesso detritico - eluviale o francamente colluviali o francamente detritiche

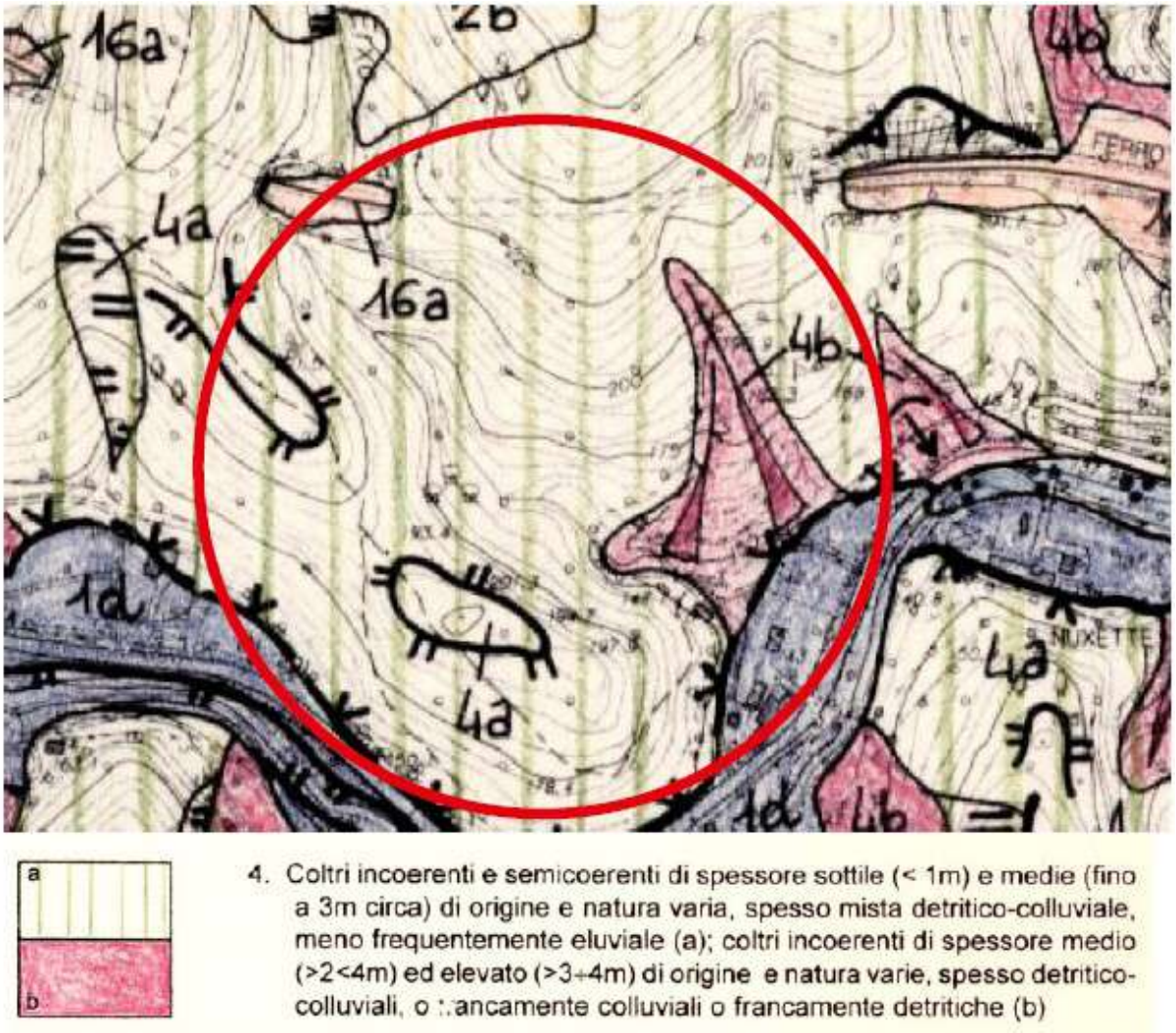


Fig. 12. Stralcio della carta geomorfologica del PUC di Savona (scala grafica).

Carta della Pericolosità o della predisposizione al dissesto – La zona ricade prevalentemente tra le aree “Imi” di pericolosità minima, relativa a pericolosità geologico geomorfologica con prevalente coinvolgimento del substrato roccioso.

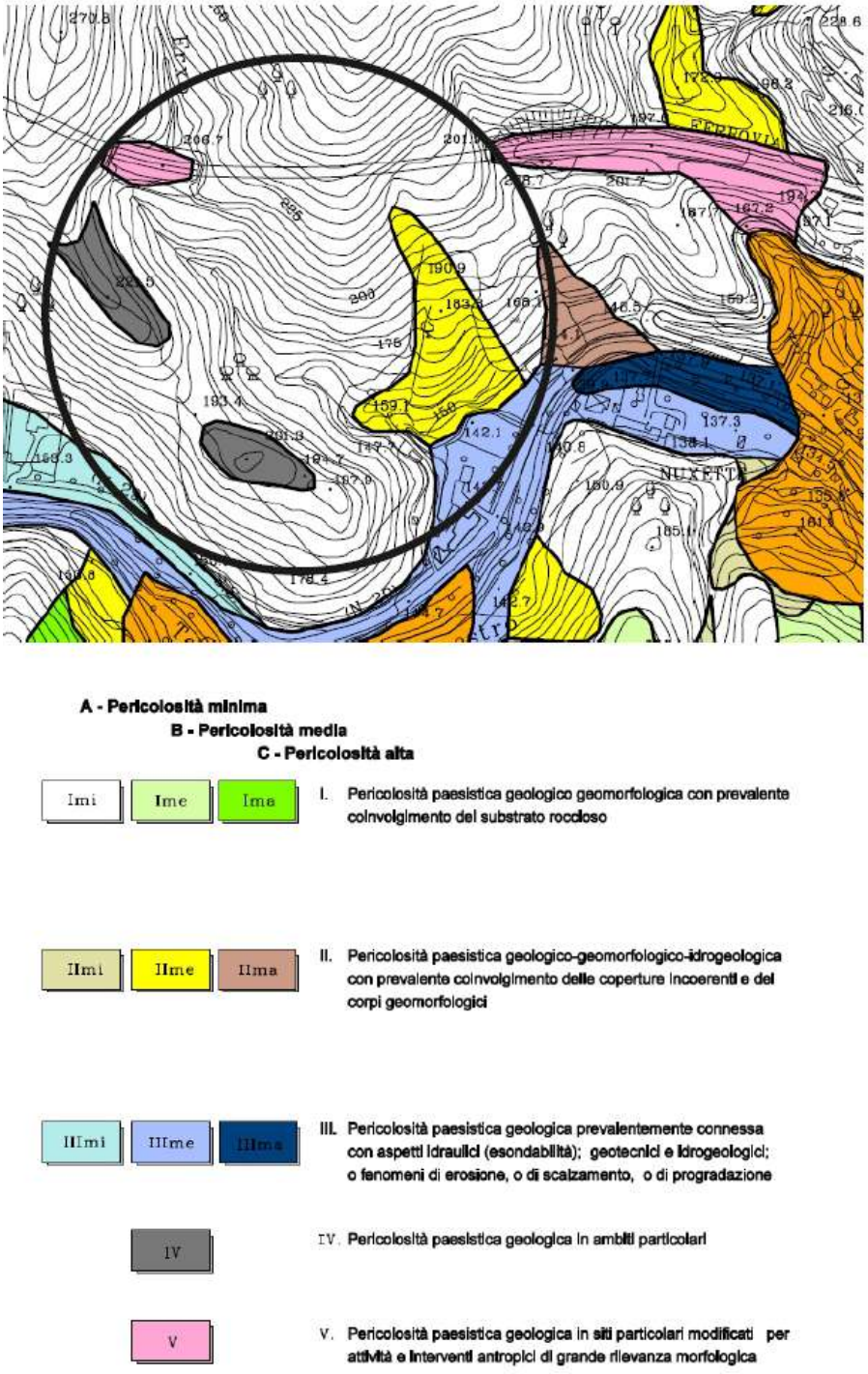
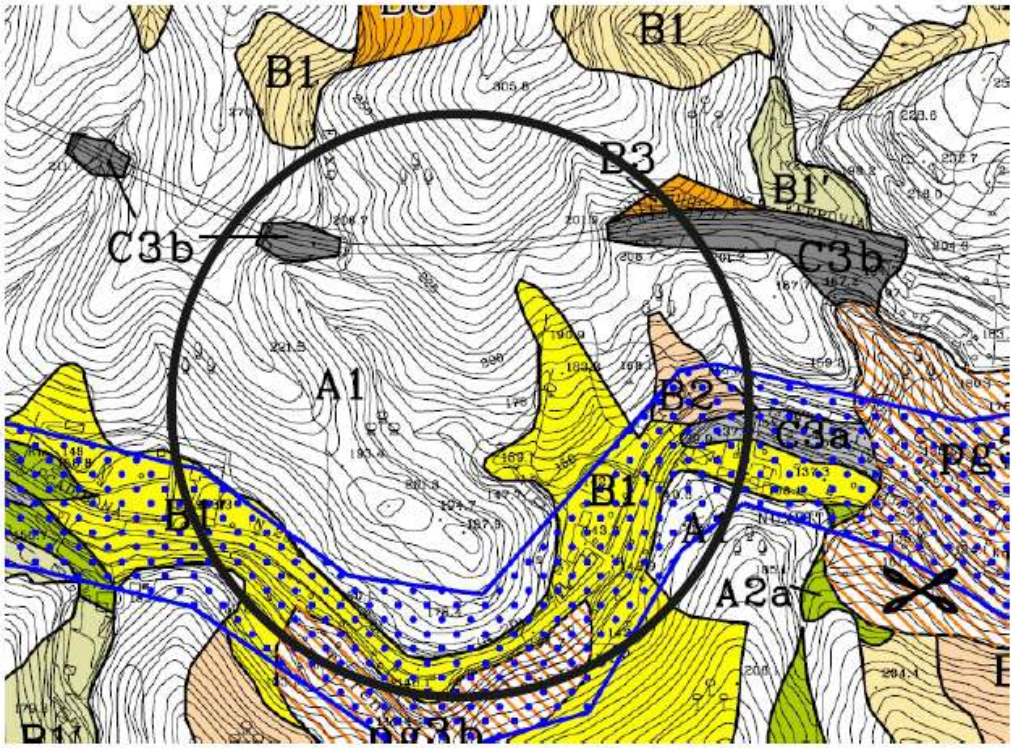


Fig. 13. Stralcio della carta della pericolosità al dissesto del PUC di Savona (scala grafica).

Carta di zonizzazione geologica e suscettività d'uso - La zona ricade prevalentemente tra le aree "A1", senza condizionamenti d'ordine geologico, se non per interventi di eccezionale incidenza sull'attuale assetto. Rientra parzialmente in aree B1 con condizionamenti di ordine geologico eliminabili con necessità di particolari cautele in zone urbanizzate e nei centri minori per le pre esistenze urbanistiche; risulta inoltre soggetta a specifica normativa sovraordinata relativa all'inviluppo delle aree inondabili indicate dal PAI



CARTA DI ZONIZZAZIONE GEOLOGICA E DI SUSCETTIVITA' D'USO

A. AREE CON AMPIA GAMMA DI SUSCETTIVITA' D'USO

A1 — A 1 Senza condizionamenti d'ordine geologico, se non per interventi di eccezionale incidenza sull'attuale assetto
(rif.: n.i., § 5.1.1.; N., Capo IV, §. 1.1.)

B. AREE CON SUSCETTIVITA' D'USO CONDIZIONATE

B1 / B1' / B1* — B 1 Con condizionamenti d'ordine geologico eliminabili con interventi di piccola e media difficoltà e onerosità (B1); con necessità di particolari cautele in zone urbanizzate e nei centri minori per le presistenze urbanistiche (B1'); e per condizioni di esondabilità (B1*)
(rif.: n.i., § 5.2.1.; N., §. 2.1.)

Fig. 14. Stralcio della carta della zonizzazione geologica e suscettività d'uso del PUC di Savona.

Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) - La zona d'intervento ricade prevalentemente tra le zone "A stabili", sottozona "1" di substrato lapideo non stratificato.

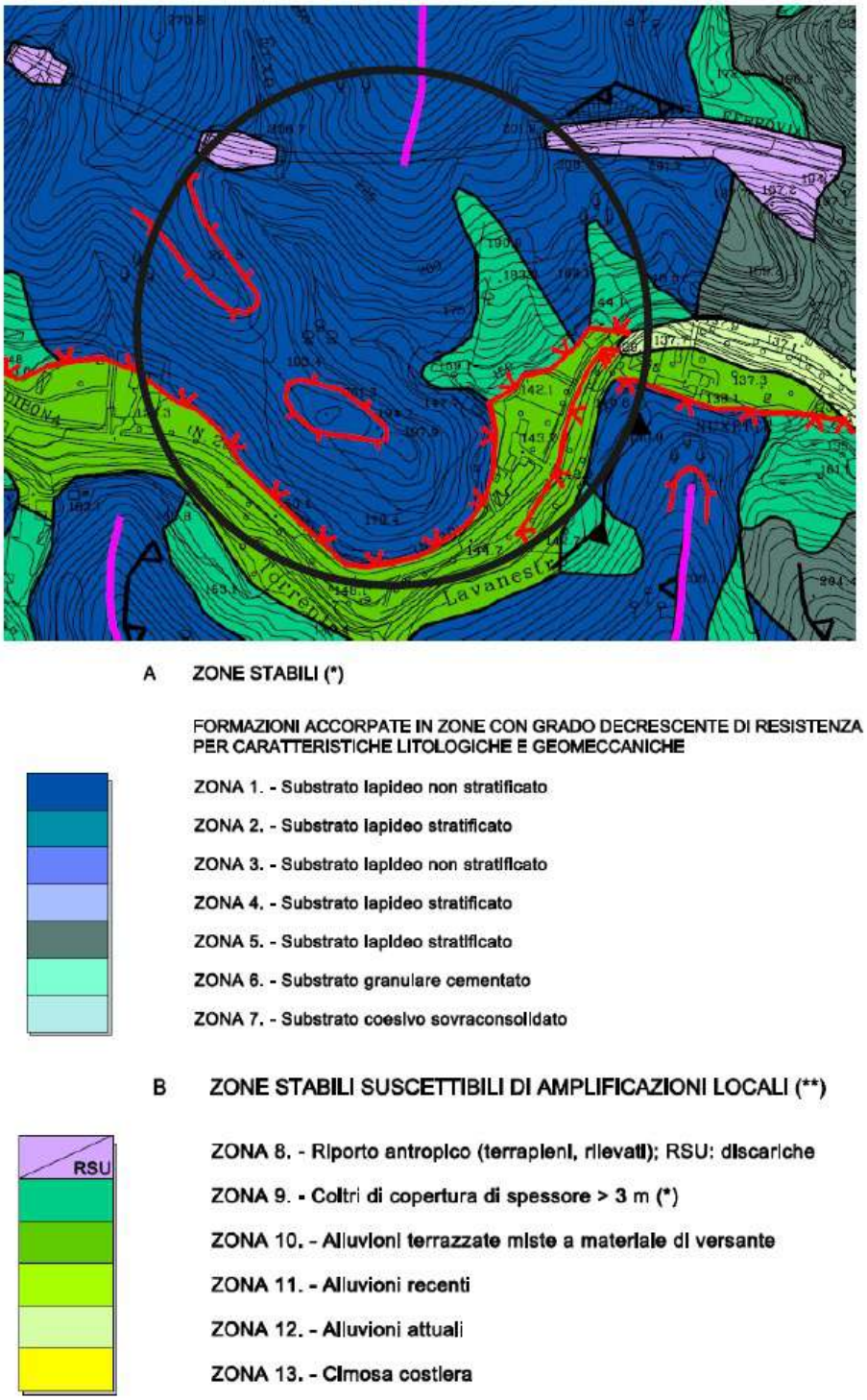


Fig. 15. Stralcio carta della microzonazione sismica MOPS del PUC di Savona (scala grafica).

VINCOLO IDROGEOLOGICO

La zona d'indagine risulta all'interno delle aree soggette al vincolo idrogeologico.

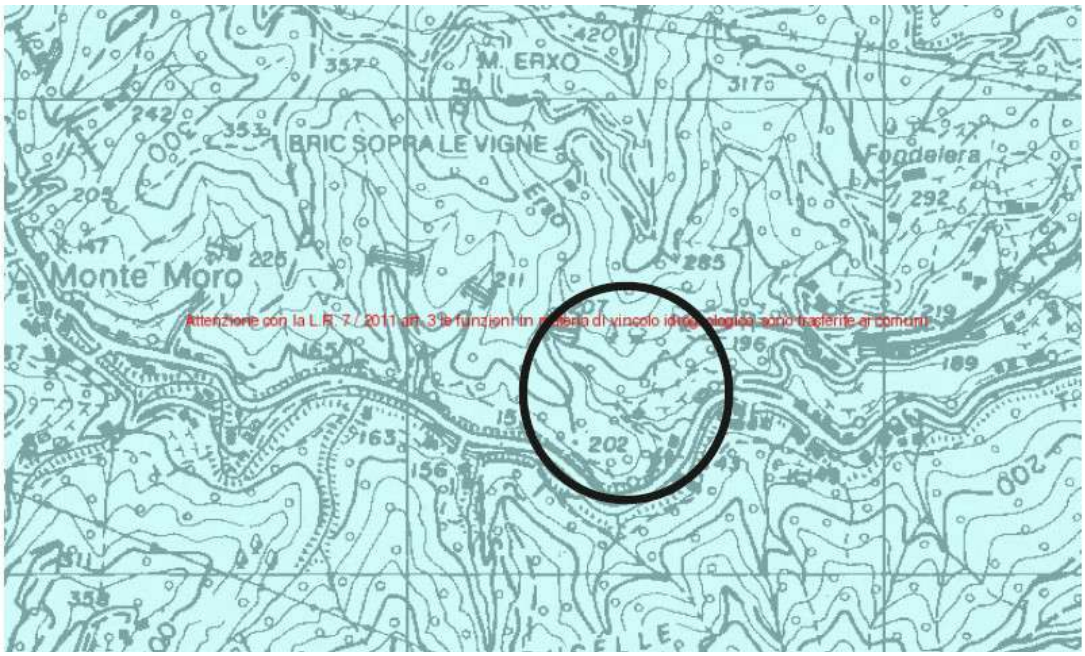


Fig. 16. Stralcio carta vincolo idrogeologico (scala grafica).

ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL TERRITORIO
PIANO DI BACINO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE PER LA GESTIONE DEL RISCHIO DA DISSESTI DI NATURA GEOMORFOLOGICA

Con deliberazione n. 39 del 28 marzo 2024, la Conferenza Istituzionale Permanente (CIP) dell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale ha adottato il piano di bacino stralcio assetto idrogeologico del distretto idrografico dell'Appennino settentrionale per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica (PAI dissesti).
Contestualmente all'adozione per garantire un'adeguata tutela del territorio e disciplinare il periodo transitorio nelle more dell'approvazione del PAI, con deliberazione n. 40 del 28 marzo 2024, la CIP ha adottato specifiche misure di salvaguardia. Tali misure sono entrate in vigore, per l'intero territorio distrettuale, il giorno 8 aprile 2024, e resteranno in vigore fino all'approvazione del PAI dissesti.
A seguito di queste misure, le mappe del PAI dissesti e, in particolare, la mappa di pericolosità trova applicazione e sostituisce interamente la carta della suscettività al dissesto del PAI vigente, che non ha più valore formale. Questo implica anche l'applicazione della corrispondente disciplina.
In attesa dell'emanazione da parte della Regione Liguria delle disposizioni concernenti l'attuazione del nuovo PAI dissesti, nel settore urbanistico continuano ad applicarsi le disposizioni dei PAI vigenti e le ulteriori disposizioni regionali adottate in attuazione dei medesimi, in coerenza con la finalità del PAI dissesti.
Pertanto, è stata consultata la mappa di pericolosità dal sito dell'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino settentrionale, disponibile in rete.

In particolare, la zona in esame ricade in area compresa prevalentemente nella pericolosità P1 (moderata propensione al dissesto) ed in parte risulta priva di pericolosità geomorfologica.
In relazione all'allegato 1 (tabella di corrispondenza per l'applicazione degli artt. 5, 6 e 7 della deliberazione n. 40 del 28 marzo 2024), le aree P1 (a pericolosità moderata) corrispondono alle aree Pg1 (a suscettività al dissesto bassa), le aree prive di pericolosità alle aree Pg0.(a suscettività al dissesto molto bassa).

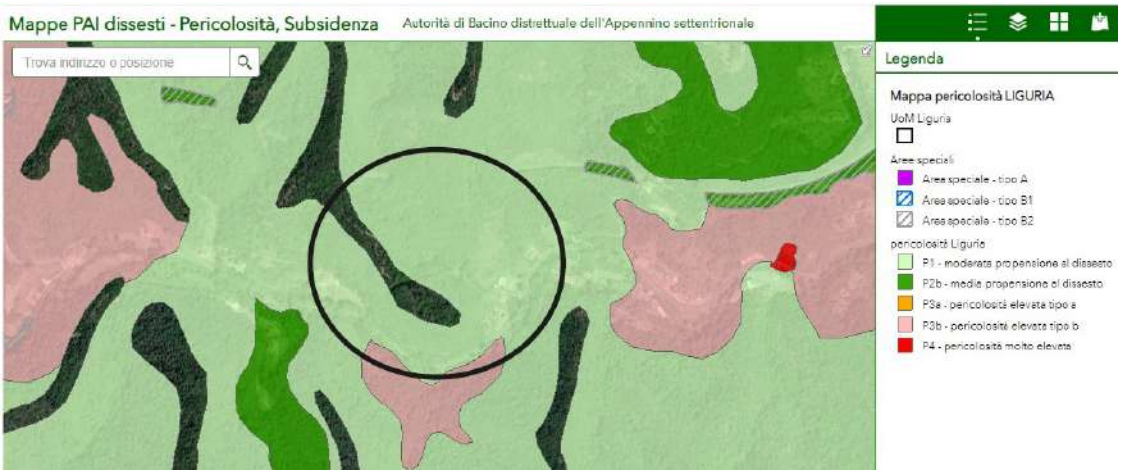


Fig. 17. Stralcio della mappa PAI di pericolosità dissesti (scala grafica).

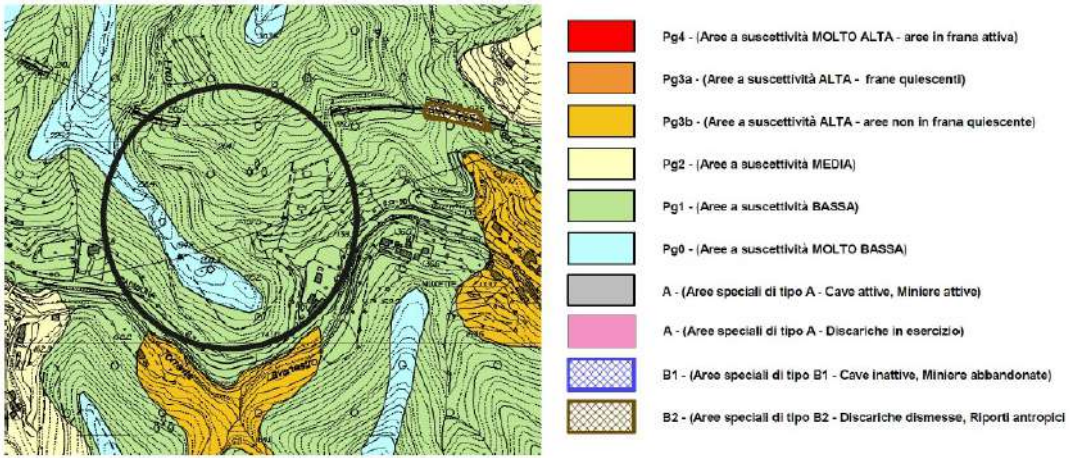


Fig. 18. Stralcio della mappa suscettività al dissesto (scala grafica).

In merito all'aspetto idraulico, il rio Erxo è un affluente sinistro del Torrente Lavanestro (a sua volta confluente nel Torrente Letimbro), che confluisce nel recettore in corrispondenza della località Maschio, immediatamente a monte della S.P. n. 29 del Colle di Cadibona, presso la progressiva chilometrica 9+500 della suddetta viabilità.
La porzione inferiore del bacino presenta una fascia di esondazione cinquecentennale, a pericolosità fluviale P1.
Come detto in premessa, per maggiori dettagli circa la criticità idraulica e l'ipotesi progettuale si rimanda alla relazione idraulica a corredo del progetto.
Il bacino presenta una forma allungata e risulta disposto lungo una direttrice nord-sud. La superficie del bacino imbrifero (valutata alla sezione di chiusura) è pari a circa 0.29 kmq; conseguentemente, il tratto di asta fluviale oggetto di studio appartiene al reticolo idrografico di secondo livello (ovvero ai bacini di superficie compresa tra 0.25 e 1.0 kmq).

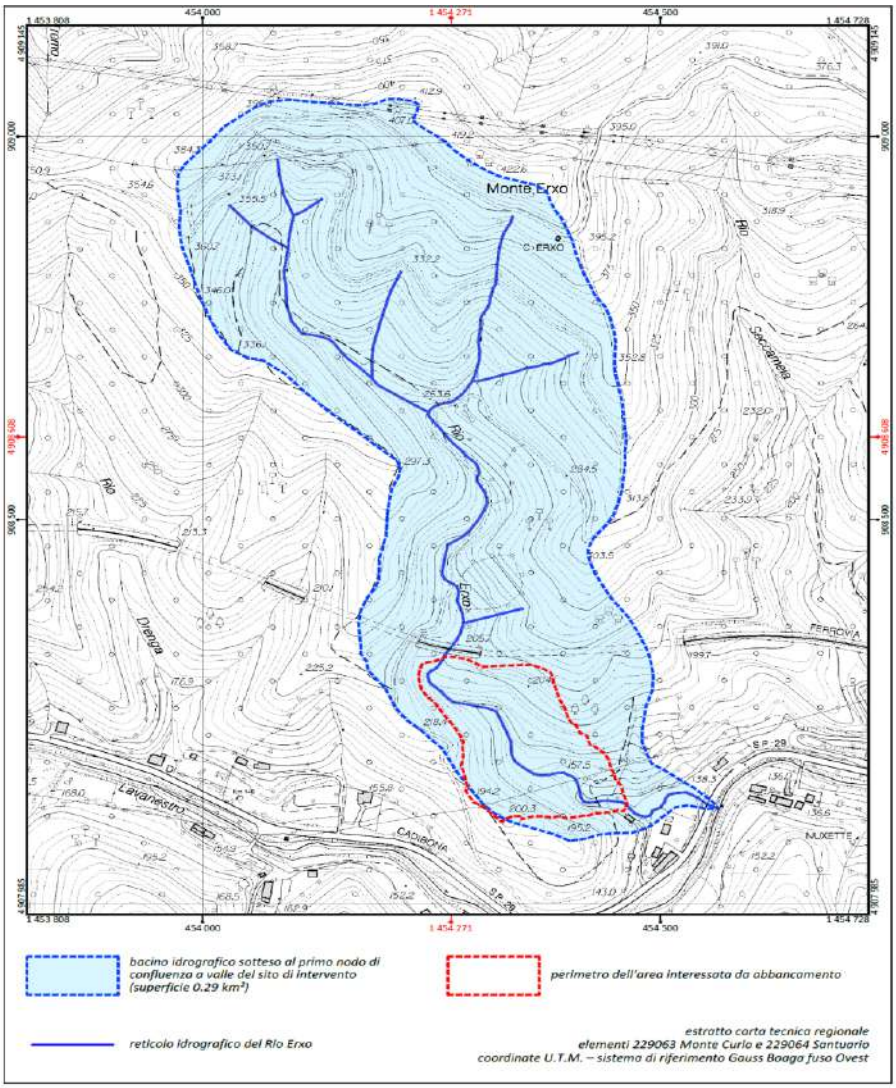


Fig. 19. Bacino idrografico Rio Erxo (scala grafica).

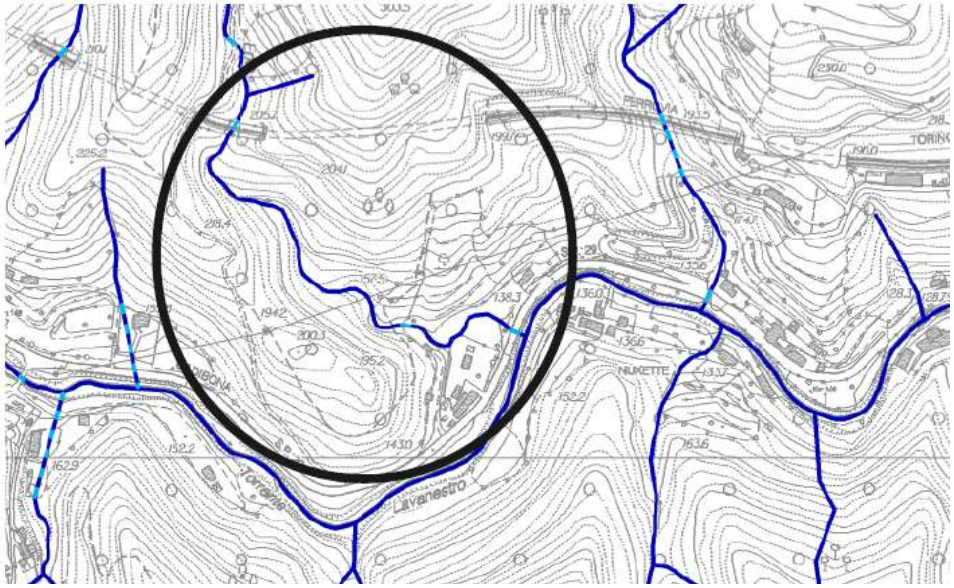


Fig. 20. Stralcio della carta del reticolo idrografico regionale (scala grafica).

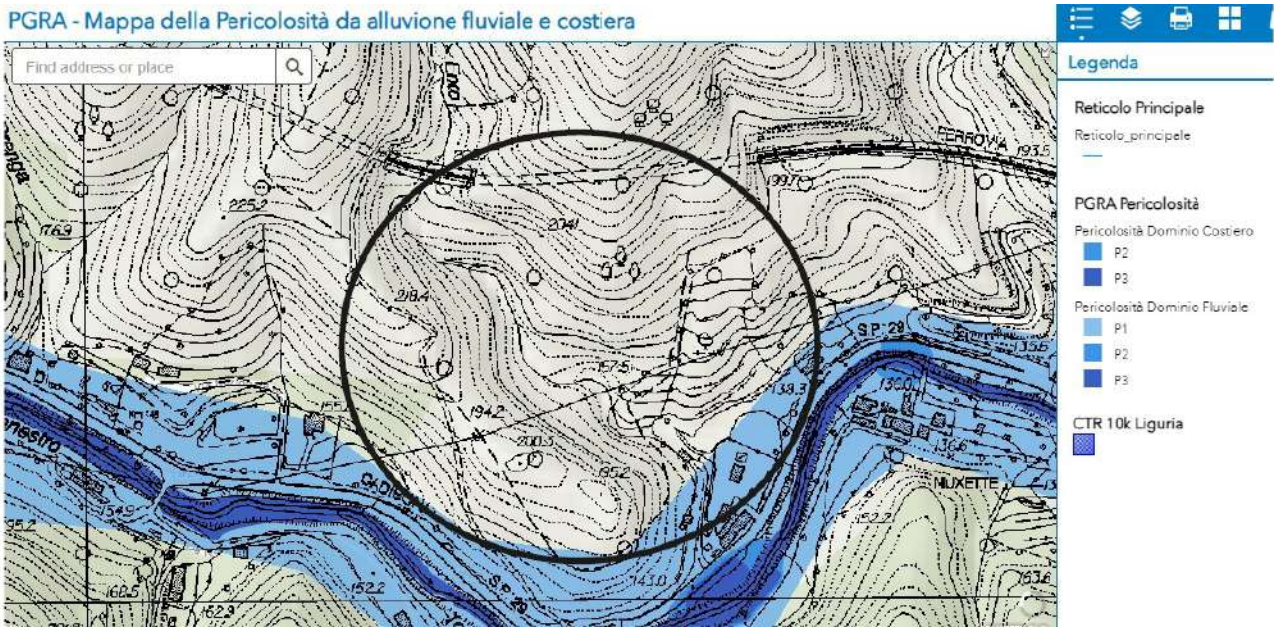


Fig. 21. Stralcio della mappa PAI di pericolosità alluvionale (non in scala).

4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

L'area interessata dalle opere è ubicata in località Maschio, nel tratto terminale del bacino del rio Erxo, affluente di sinistra del Torrente Lavanestro e a sua volta tributario del Torrente Letimbro.

La zona di intervento è situata immediatamente a monte della S.P. n. 29 del Colle di Cadibona, presso la progressiva chilometrica 9+500 della suddetta viabilità ed è delimitata a monte dal tracciato ferroviario.

La vallecola del Rio Erxo è caratterizzata dalla quasi completa assenza di insediamenti abitativi (ad esclusione di una antica casa colonica, da tempo abbandonata, posta a quota 265 m s.l.m.) ed è attraversata, in direzione est-ovest, da 3 direttrici di comunicazione: la linea funiviaria Savona Miramare – San Giuseppe (presso il crinale superiore a quota circa 400 m s.l.m.); la linea ferroviaria Savona – Altare via Maschio (a quota 200 m s.l.m.); la S.P. n. 29 del Colle di Cadibona (immediatamente ad ovest della confluenza nel Torrente Lavanestro, ad una quota di circa 140 m s.l.m.).

Il corso d'acqua si sviluppa in un contesto collinare, senza quindi apprezzabili antropizzazioni lungo tutto il percorso, ad esclusione del tratto terminale (per una lunghezza di circa 150 m), ove perde la morfologia naturale, essendo prima arginato e poi tombinato, in corrispondenza del sottopasso al piano viario della S.P. 29, con opere di antropizzazione tali da presentare sezioni di deflusso potenzialmente critiche.

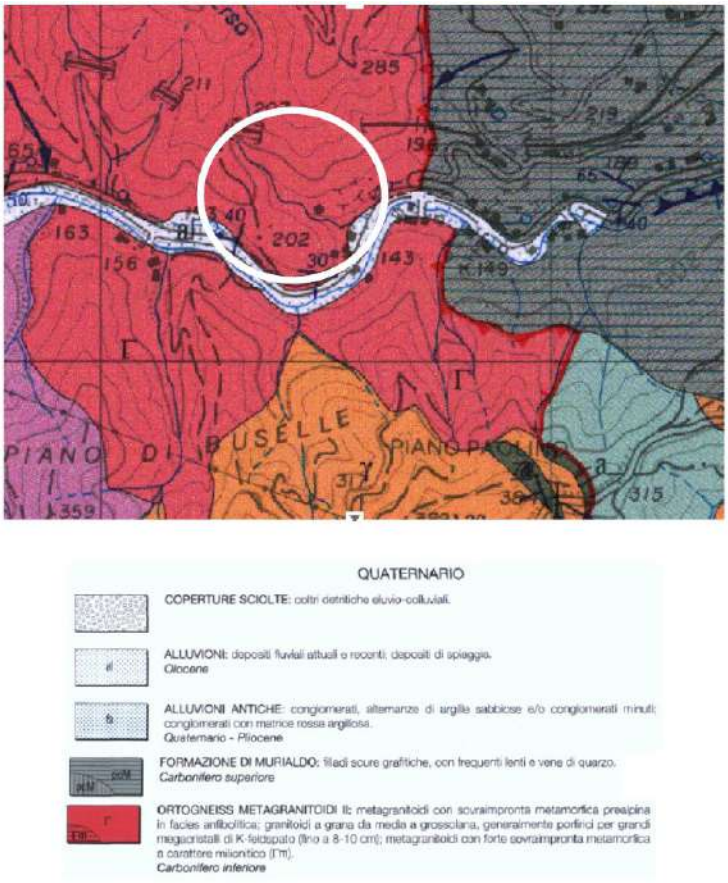


Fig. 22. Stralcio della carta geologica Carg di Savona (scala grafica).

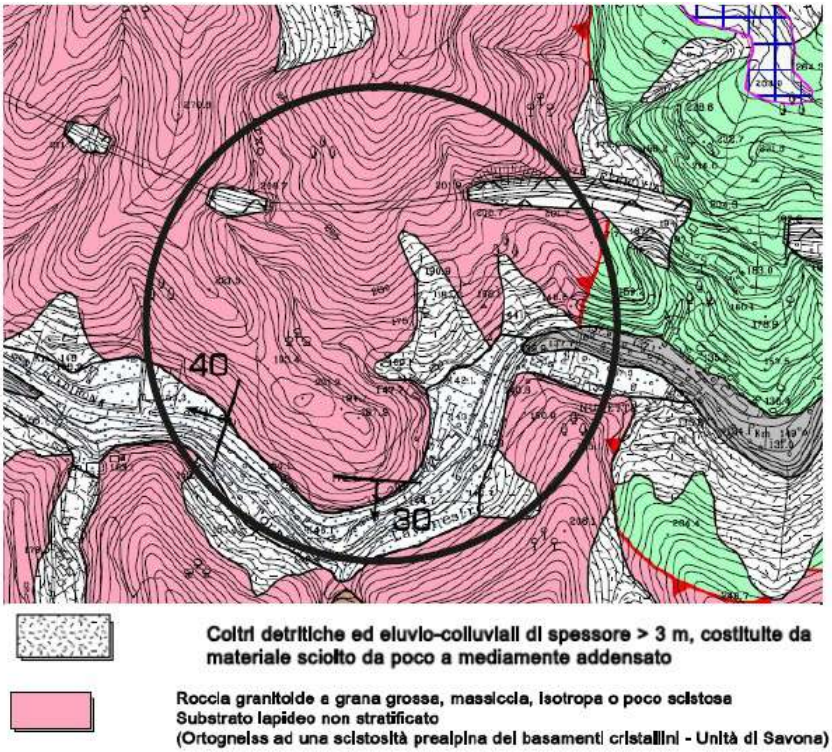


Fig. 23. Stralcio della carta geologica di PUC di Savona (scala grafica).

Dal punto di vista geolitologico il bacino è impostato interamente in rocce metamorfiche rappresentate da metagranitoidi, paragneiss e micascisti quarzitici, tutti con sovraimpronta metamorfica in facies anfibolitica prealpina, strutturalmente ascritti all'Unità di Calizzano Savona e attribuiti alla Formazione degli Gneiss di Albisola.
Si tratta di rocce metagranitoidi a grana prevalentemente grossolana, alta percentuale di componente biotitico – muscovitica fortemente scistosi e che hanno subito un'intensa tettonizzazione e risultano sovente in facies cataclasitica; la roccia è ben visibile sia sul versante della vallecola lungo i tagli delle strade camperecce presenti sia nell'alveo del Rio Erxo, dove si presenta in uno stato di conservazione estremamente vario a testimoniare l'intensa tettonizzazione subita, passando da condizioni massicce ad altre in cui appare diffusamente alterato e disgregato.
Tenuto conto della composizione mineralogica, delle caratteristiche e dell'elevata frequenza di distribuzione delle discontinuità, l'ammasso roccioso presenta caratteristiche geomeccaniche generalmente scadenti/discrete quantomeno nei livelli più superficiali che favoriscono la formazione e l'accumulo di depositi detritici di spessore plurimetrico, non di rado soggetti a fenomeni di instabilità gravitativa caratterizzati da movimento complesso a prevalente componente rotazionale e traslazionale.

Soprattutto in corrispondenza dei margini del bacino si osservano coltri di copertura di tipo colluviale, a granulometria eterogenea, con una significativa componente fine, derivanti dall'alterazione e dalla detrizione delle metamorfiti, arealmente discontinue e con spessore variabile tendenzialmente da 1 a 3 m.
In corrispondenza del solco vallivo principale si rinvengono inoltre depositi alluvionali plurimetrici caratterizzati da clasti di forma irregolare, poco o per nulla arrotondati, di dimensioni variabili (talvolta sono presenti blocchi di dimensioni superiori a 0.5 m), generalmente riconducibili a colate detritiche o a fenomeni di ero-sione spondale e di fondo, a loro volta in grado di favorire l'innesco di instabilità di versante e di accelerare i processi erosivi.



Figg. 24. Coperture detritico eluviali



Figg. 25. Substrato affiorante nel sito di indagine





Figg. 26. Substrato affiorante nell’alveo del Rio Erxo

L’orizzonte arboreo risulta generalmente degradato, con frequenti evidenze di schianti ed eradicazioni, mentre il soprassuolo mostra erosione diffusa per ruscellamento areale con sviluppo di una frangia detritica eterogenea che si unisce e alimenta i depositi alluvionali di fondovalle, talvolta sospesi o ubicati in tratti d’alveo caratterizzati da fenomeni di erosione regressiva sia sul letto che sulle scarpate spondali.



Figg. 27. Versanti oggetto di intervento

Dal punto di vista idrogeologico ci troviamo in presenza di coperture variamente permeabili per porosità sovrapposte ad un substrato permeabile per fessurazione e/o fratturazione in quanto sono frequenti venute d'acqua all'interno di fessurazioni e/o zone particolarmente fratturate.
E' probabile la presenza di una laminazione a carattere stagionale e/o in concomitanza di intensi e perduranti eventi piovosi al contatto coltri/substrato.
Le acque superficiali in eccesso vengono essenzialmente intercettate dai fossi di scolo dei terrazzamenti e quindi smaltite nel sottostante torrente tramite la rete di raccolta stradale.
.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Visto il contesto geomorfologico e litologico dell'area, già ben evidenziato dal rilevamento di superficie, e le caratteristiche del progetto, le indagini sono state finalizzate essenzialmente alla definizione dell'andamento stratigrafico del terreno ed alla caratterizzazione geotecnica e sismica delle coperture e del substrato nei livelli più superficiali, interessabili dall'intervento.
Nel sito sono state eseguite prove penetrometriche dinamiche, una prova sismica masw per la determinazione della velocità VS30/VSEq, oltre ad osservazioni e determinazioni sui diversi affioramenti più prossimi.



Fig. 28. Posizionamento indagini

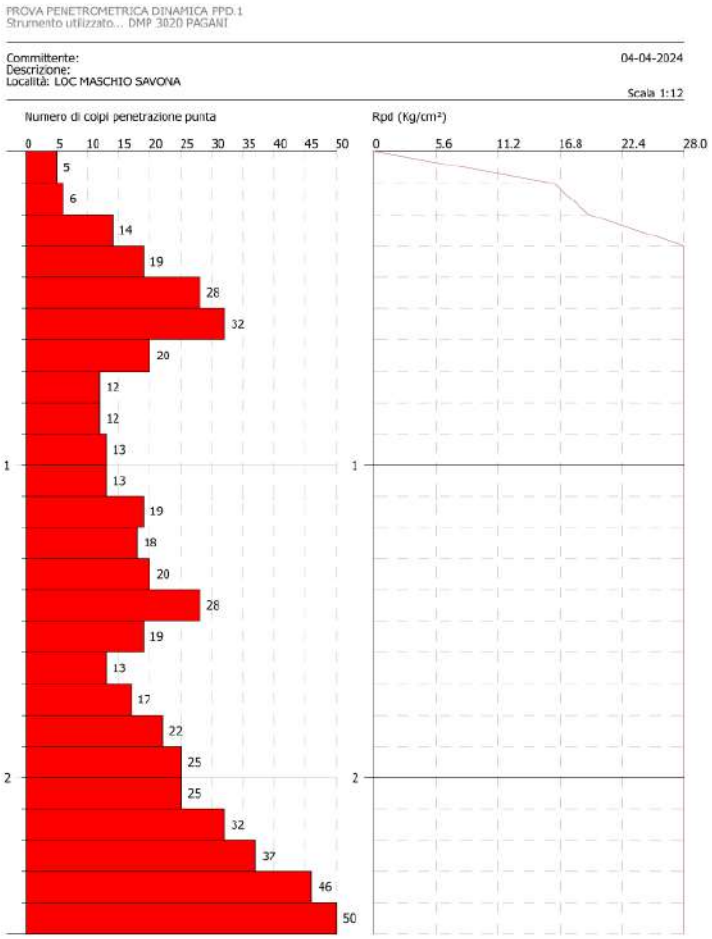
Penetrometrie dinamiche

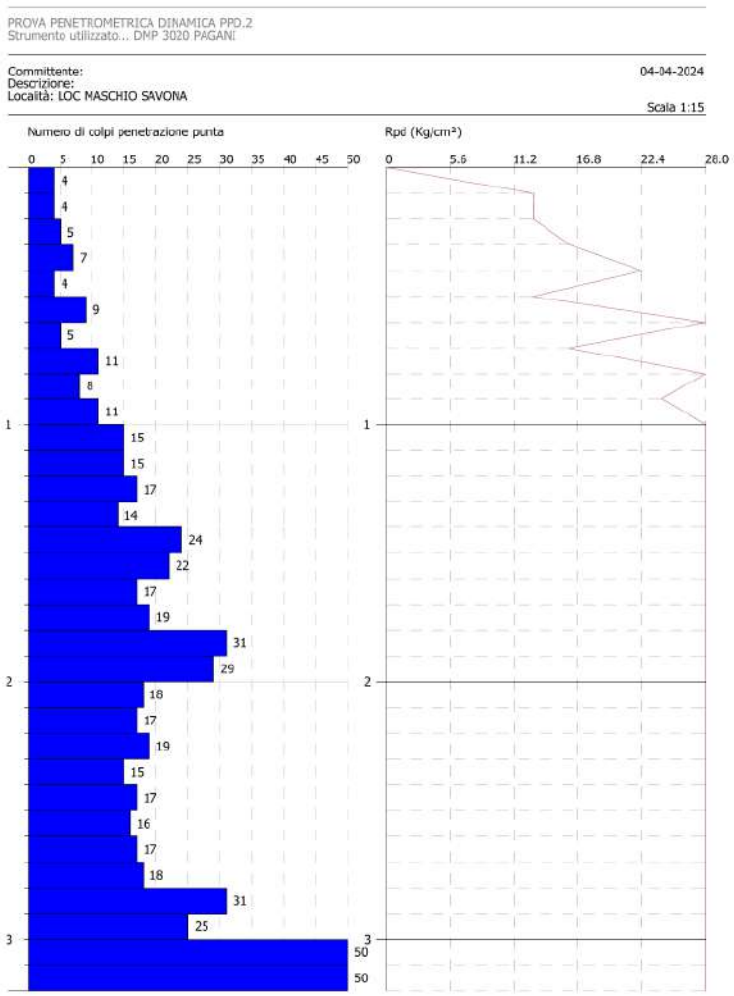
Le prove penetrometriche dinamiche consistono nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta d'acciaio, prolungabile con l'aggiunta di successive aste.

L'infissione avviene per battitura di un maglio che cade su un'incudine con frequenza ed altezza costante; contando i colpi necessari per l'infissione di un tratto di 10cm si risale alla resistenza del terreno.
Si tratta di una prova continua che avviene senza un controllo diretto del terreno indagato, influenzabile in modo determinante dalla granulometria del terreno. Per le prove in oggetto è stato utilizzato un penetrometro dinamico idraulico " avente le seguenti caratteristiche:

peso maglio	= 30 Kg	diametro aste	= 20 mm
altezza di caduta	= 20 cm	diametro punta	= 35.6 mm
lunghezza aste	= 1.00 m	sezione punta	= 10 cmq
peso aste	= 2.4 Kg/m	angolo apertura punta	= 60°

Le prove (vedi anche dati del numero di colpi N per 10cm di avanzamento) hanno evidenziato la presenza nel sito idi indagine di un livello superficiale (circa 2,5 – 3m) di materiali eterogenei mediamente addensati passanti a cappellaccio d'alterazione ancora in buona parte disgregato, ma sostanzialmente impenetrabile allo strumento. Nel corso delle prove non si è riscontrata presenza d'acqua all'interno dei fori ma solo una normale umidità.





Figg. 29. Numero colpi/profondità

Analisi sismica MASW

E' stata effettuata una prospezione sismica denominata P.S.1, acquisendo i dati mediante un sismografo Dolang DBS280 della "Dolang Geophysical" a 24 canali digitali a 24 bit utilizzando 12 geofoni. con energizzazione a massa battente dal peso di 10 kg con piastra di battuta in alufer e di cui vengono allegate le risultanze.
L'elaborazione delle risultanze della prova sismica P.S.1 attraverso lo specifico programma d'interpretazione ha fornito un valore della VSEq riconducibile ai terreni di tipo E.

Risultati delle analisi MASW

Autore: Geol. F. Valle
Sito: località Maschio - Savona
Data: Aprile 2024

Redatto da MASW

(c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori 12
Distanza tra i sensori: 4m
Numero di campioni temporali 2048
Passo temporale di acquisizione..... 1.024ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 12
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 2096.13ms

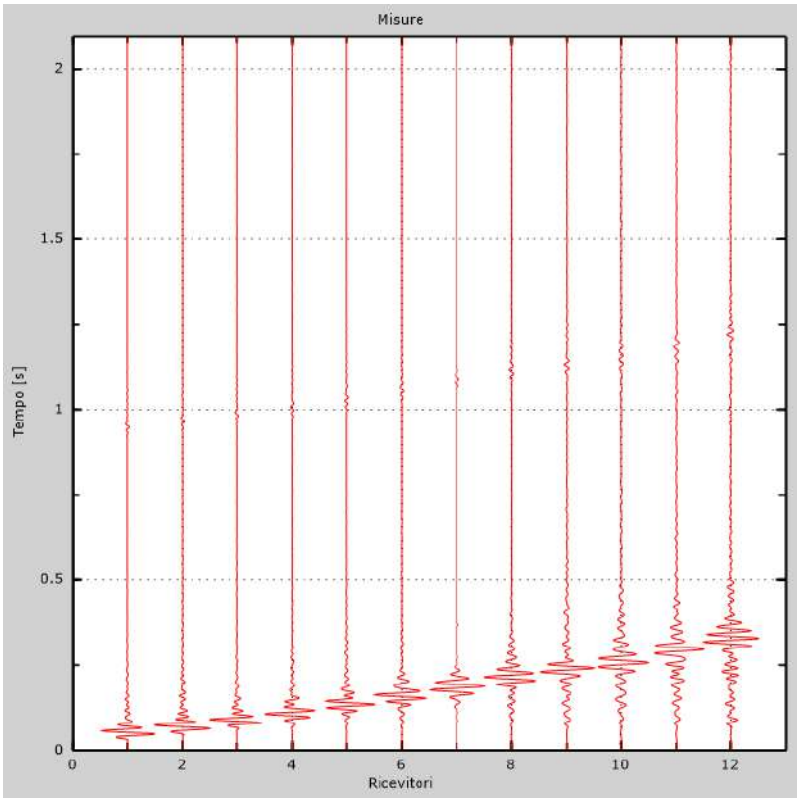


Figura 30: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale 40Hz
Frequenza iniziale 20Hz

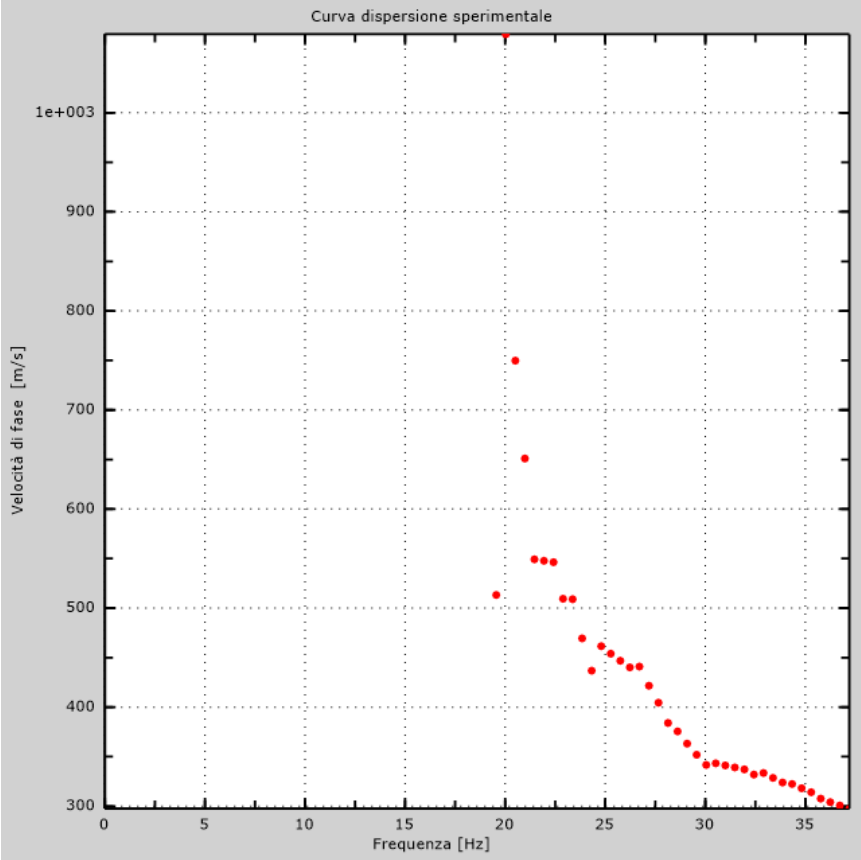


Figura 31: Curva dispersione sperimentale

3 - Curva di dispersione

Tabella 1:Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
20.5994	730.097	657.087	803.106
21.6484	548.721	493.849	603.593
22.6974	524.271	471.843	576.698
23.7465	477.413	429.672	525.154
24.7955	461.648	415.483	507.812
25.8446	445.572	401.015	490.129
26.8936	433.296	389.966	476.626
27.9427	392.299	353.069	431.529
28.9917	365.707	329.136	402.278
30.0407	341.797	307.617	375.977
31.0898	340.863	306.777	374.949
32.1388	335.172	301.655	368.69
33.1879	330.622	297.56	363.684
34.2369	322.827	290.545	355.11
35.2859	314.198	282.779	345.618
36.335	303.496	273.147	333.846

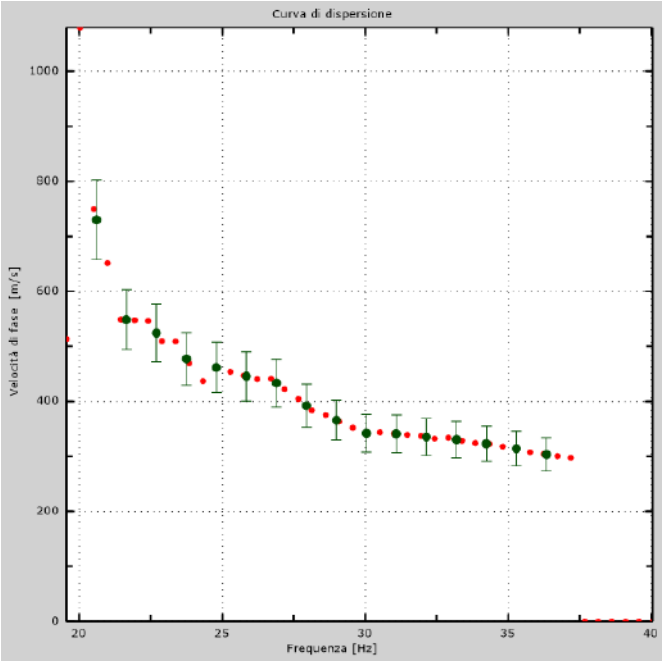


Figura 32: Curva di dispersione

4 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio) 3
Spaziatura ricevitori 4m
Numero ricevitori 12
Numero modi..... 1
Numero iterazioni..... 2
Massimo errore [%]..... 5.000000e-002

Strato 1

h [m] 2
z [m] ..... -2
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson 0.35
Vs fin.[m/s]..... 220

Strato 2

h [m] 2
z [m] ..... -4
Densità [kg/m^3] 2200
Poisson 0.3
Vs fin.[m/s]..... 260

Strato 3

h [m] 0
z [m] ..... -oo
Densità [kg/m^3] 2600
Poisson 0.25
Vs fin.[m/s]..... 1100

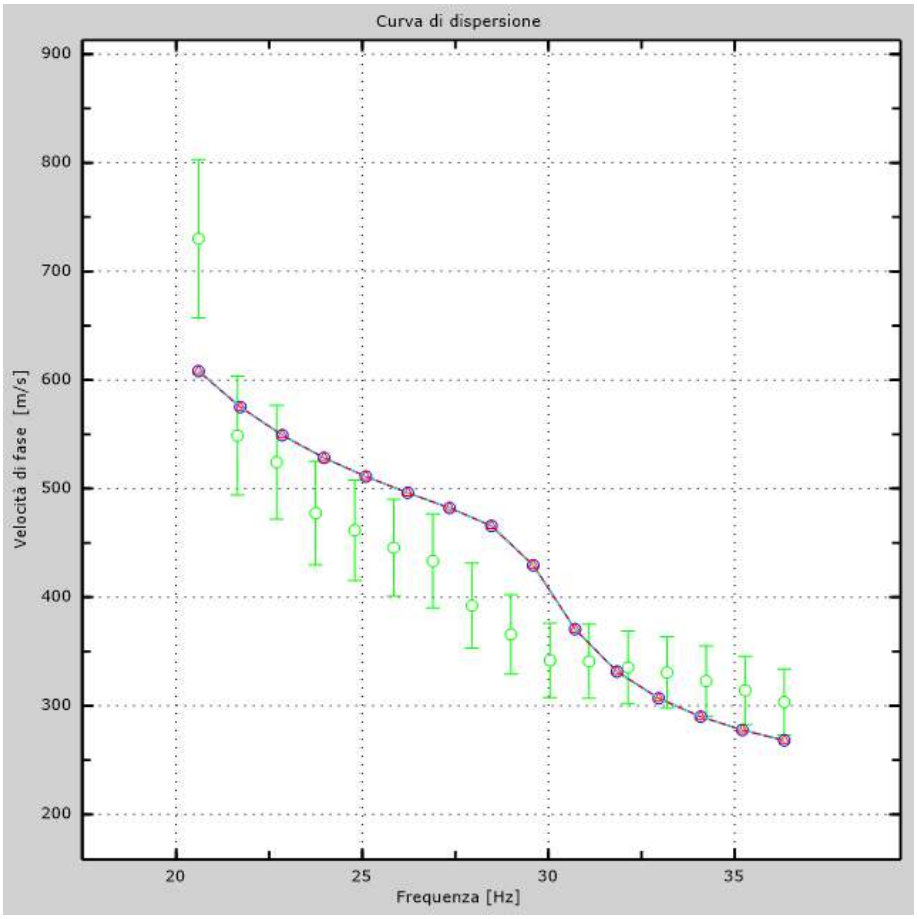


Figura 33: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigth (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

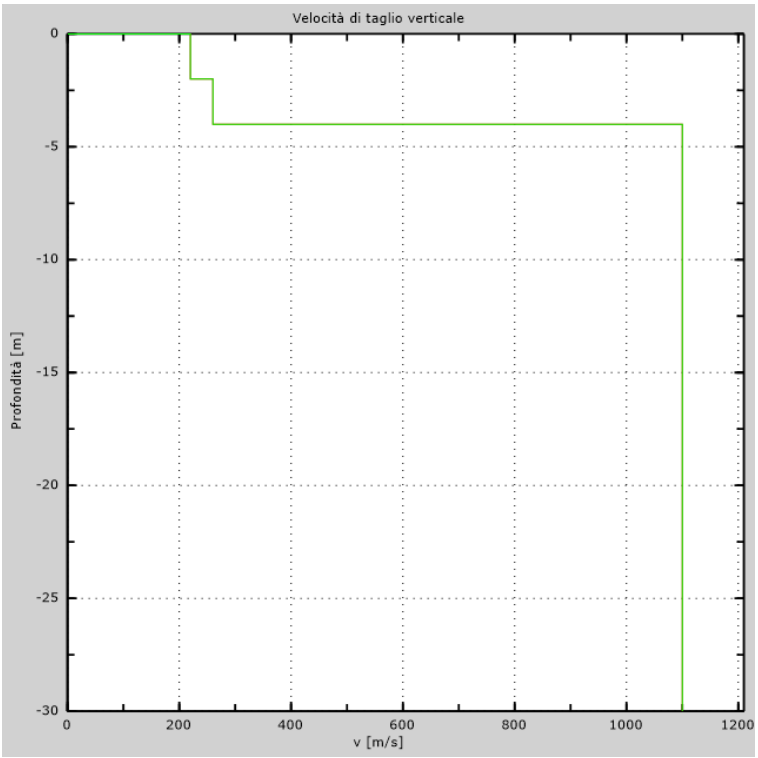


Figura 34: Velocità

5 - Risultati finali

Piano di riferimento z=0 [m] 0
VsEquivalente [m/s] 240
La normativa applicata è il DM 17 gennaio 2018
Tipo di suolo .....E

Tipo E: Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento(con Vs > 800 m/s).

Osservazioni sul substrato

Negli affioramenti sul fondo alveo del Rio Erxo sono state eseguite alcune rilevazioni di carattere strutturale e misurazioni dell'indice sclerometrico. Sotto il profilo geomeccanico le rocce presentano generalmente, ad eccezione della facies cataclasitica, una discreta tenacità e compattezza nonostante il grado di fratturazione che localmente può diventare assai ingente.
Si tratta di rocce metamorfiche di colore da bruno chiaro al grigio che qui evidenziano ovunque un aspetto variabile da massivo a scistoso, con una certa variabilità dello stato conservativo superficiale, generalmente scadente, mostrando una tendenza all'alterazione e alla disarticolazione in prismi le cui caratteristiche geometriche sono strettamente legate alle famiglie di discontinuità dell'ammasso roccioso. La tettonizzazione subita dalla roccia in fase di consolidazione ha prodotto una estrema variabilità nell'orientazione dei piani di discontinuità più significativi che non rende significativa la loro trasposizione in un reticolo stereografico polare finalizzato alla definizione dei più probabili piani di potenziale scorrimento.
Le determinazioni con il martello di Schmidt hanno dato valori dell'indice sclerometrico mediamente variabile tra il 15 ed il 20, caratteristico degli ammassi rocciosi in condizioni scadenti/discrete; in profondità è senz'altro ipotizzabile un miglioramento complessivo dello stato dell'ammasso.

6. MODELLAZIONE GEOLOGICA GENERALE

Il rilevamento e le indagini eseguite hanno permesso di elaborare il seguente modello geologico:
- presenza di un substrato sostanzialmente affiorante e/o subaffiorante, costituito da ortogneiss metagranitoidi con sovrimpronta metamorfica prealpina in facies anfibolitica; granitoidi a grana da media a grossolana, generalmente porfirici per grandi megacristalli, di aspetto da massivo (prevalentemente) a scistoso ma compatto, caratterizzato da una diffusa alterazione e fratturazione superficiale ed una certa variabilità dello stato conservativo, generalmente scadente/discreto in superficie. La tettonizzazione subita ha prodotto una certa variabilità nell'orientazione dei piani di discontinuità da non permettere di individuare piani significativi ai fini della caratterizzazione strutturale dell'ammasso.
- le coperture presentano generalmente spessori non elevati, mediamente intorno ai 3m e sono costituite da terreni da limo sabbiosi a sabbioso ghiaiosi, mediamente addensati, passanti al cappellaccio d'alterazione del substrato.

7. MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA

Dal punto di vista idrogeologico, il livello di terreni di copertura è caratterizzato da una permeabilità media per porosità, mentre la sottostante roccia può essere considerato sostanzialmente impermeabile o comunque scarsamente permeabile per fessurazione; è probabile la presenza di una circolazione idrica, a carattere stagionale, al contatto coltri/substrato come sono sempre possibili venute d'acqua all'interno di fessurazioni e/o zone particolarmente fratturate del substrato.

8. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Sulla base di quanto emerso dalle indagini e rilievi eseguiti è possibile caratterizzare i livelli (valori minimi e medi) anche sulla base di dati esperienziali e bibliografici. Tale caratterizzazione potrà essere comunque sempre integrata e/o confermata nell'ambito di ulteriori approfondimenti che il progettista geotecnico vorrà effettuare.

Coltri detritico eluviali

Il livello di coperture mediamente addensate può essere caratterizzato con i seguenti valori geotecnici minimi e medi di riferimento:

angolo d'attrito φ	30 ÷ 32°
coesione c' (kPa)	20 ÷ 30
peso di volume γ (kN/m3)	18 ÷ 19

Substrato superficiale

La classificazione dell'ammasso roccioso è stata ottenuta mediante il metodo RMR di Bieniawski (1979) che permette di ottenere dall'indice RMRbase il valore della coesione e dell'angolo di attrito della roccia.
Per il substrato lapideo è stata analizzata la frequenza delle discontinuità, la giacitura, la spaziatura, lo stato di alterazione, le condizioni idrauliche, la reazione al martello di Schmidt.
Per la resistenza alla compressione uniassiale è stato stimato un valore di circa 400 kg/cmq (40 Mpa).
In maniera empirica si è dedotto il valore di RQD, utilizzando la formula di Priest e Hudson (1976):

$$RQD(\%)= 100 * (1+0,1*n) * e^{-0,1n} = 45\%$$

con n= numero medio di giunti per metro.

L'utilizzo dei parametri sopra determinati ha consentito la classificazione geomeccanica dell'ammasso roccioso mediante l'utilizzo del metodo RMR di Bieniawski che permette di ottenere la parametrizzazione in termini di parametri fisico-meccanici a partire dall'indice RMRbase della roccia.

Con i dati disponibili si è giunti alle valutazioni che seguono.

RMRbase	58
Classe di appartenenza	III
Classificazione ammasso roccioso	DISCRETA
Coesione dell'ammasso roccioso	1,50-2,00 kg/cmq
Angolo di attrito interno dell'ammasso roccioso	35° - 40°
Peso di volume stimato dell'ammasso roccioso	2,5-2,6 t/mc

Inoltre sulla base della classificazione mediante abachi di Hoek et All. (1995-2003), è stato determinato il Geological Strenght Index (GSI), risultato pari a 45, in base al quale è stato determinato empiricamente il modulo di deformabilità dell'ammasso roccioso E= 7,50 Gpa.

Comune: Savona **Litotipo:** Ortogneiss Metagranitoidi
Località: Maschio

CLASSIFICAZIONE ROCK MASS RATING (BIENIAWSKI,1989)

Resist. compressione monoassiale (kg/cmq) (roccia intatta)	> 2500 15	1000-2500 12	500-1000 7	250-500 4	50-250 2	10-50 1	< 10 0
RQD (%)	90-100 20	75-90 17	50-75 13	25-50 8	< 25 3		
Spaziatura discontinuità	> 2 m. 20	0.6-2 m. 15	0.2-0.6 m. 10	6-20 cm. 8	< 6 cm. 5		
Condizioni discontinuità	Superfici molto scabre, non continue. Discontinuità serrate. Pareti inalterate. 25	Superfici scabre. Apertura < 1 mm. Pareti poco alterate. 20	Superfici scabre. Apertura < 1 mm. Pareti molto alterate. 12	Superfici lisce o riempimento < 5 mm. o apertura 1-5 mm. Giunti continui. 6	Riempimento tenero di spessore > 5 mm. o apertura > 5 mm. Giunti continui. 0		
Condizioni idrauliche	Assenza di acqua 15	Umidità 10	Infiltrazioni 7	Deboli venute d'acqua 4	Problematiche idrauliche elevate 0		

BRMR= 58 RMR Basic

BRMR	0-25	25-50	50-70	70-90	90-100
Classe	V	IV	III	II	I
Qualità ammasso rocc.	molto scadente	scadente	discreta	buona	ottima
Coesione ammasso (di picco)	<1 kg/cmq	1-1.5 kg/cmq	1.5-2 kg/cmq	2-3 kg/cmq	>3 kg/cmq
Phi ammasso (di picco)	< 30°	30°-35°	35°-40°	40°-45°	> 45°

GEOLOGICAL STRENGHT INDEX (GSI) (Hoek et All. 1995-2003)

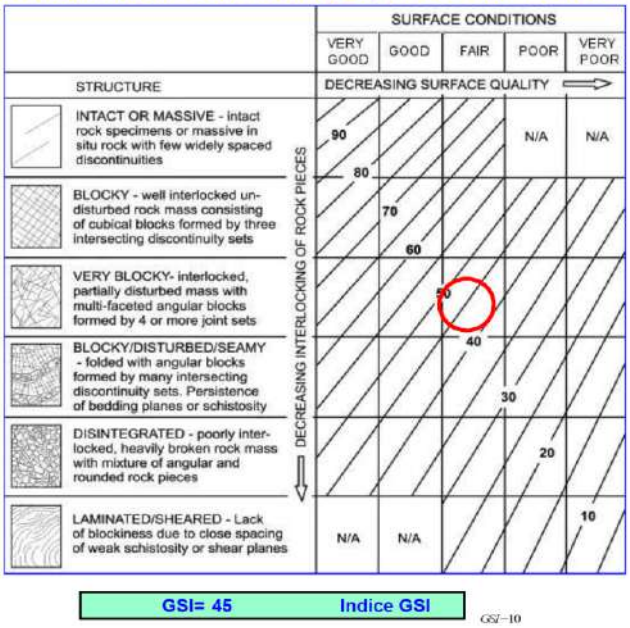


Fig. 35. Indagine sull'ammasso roccioso

9. CLASSIFICAZIONE E VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Azione sismica

Facendo riferimento al D.M. 17/01/2018 "Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni", l'accelerazione massima prevedibile per il sito in esame può essere valutata con riferimento alla situazione stratigrafica e topografica attraverso la relazione: $a_{max} = SS \times ST \times a_g$.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, Vs,eq (in m/s); per depositi con profondità H del substrato (definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s) superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$.

Nel caso in oggetto, sulla base dei rilievi e delle indagini eseguiti, il sito è riconducibile alla categoria di sottosuolo E.

Per quanto riguarda il coefficiente topografico ST, la zona d'intervento ricade nella categoria T2.

Assumendo per l'opera una tipologia 3 ed una classe d'uso III, in merito all'accelerazione orizzontale massima al bedrock ag, sono attesi valori inferiori a 0,064 g, calcolati con una probabilità di superamento del 10% in 475 anni (corrispondente allo stato limite di salvaguardia della vita) ed una $A_{max} = 1,206$

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Fronti di scavo e rilevati
Muro rigido: 0

Sito in esame.
latitudine: 44,325898
longitudine: 8,428653
Classe: 3
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 17132	Lat: 44,3251	Lon: 8,3880	Distanza: 3236,087
Sito 2	ID: 17133	Lat: 44,3281	Lon: 8,4577	Distanza: 2319,520
Sito 3	ID: 17355	Lat: 44,2782	Lon: 8,4618	Distanza: 5923,090
Sito 4	ID: 17354	Lat: 44,2752	Lon: 8,3921	Distanza: 6343,184

Parametri sismici
Categoria sottosuolo: E
Categoria topografica: T2
Periodo di riferimento: 75anni
Coefficiente cu: 1,5

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	45	[anni]
ag:	0,023 g	
Fo:	2,550	
Tc*:	0,181	[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%

Tr:	75	[anni]
ag:	0,029 g	
Fo:	2,550	
Tc*:	0,209	[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	712	[anni]
ag:	0,064 g	
Fo:	2,642	
Tc*:	0,317	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	1462	[anni]
ag:	0,080 g	
Fo:	2,694	
Tc*:	0,334	[s]

Coefficienti Sismici Fronti di scavo e rilevati

SLO:

Ss:	1,600
Cc:	2,280
St:	1,200
Kh:	0,000
Kv:	0,000
Amax:	0,435
Beta:	0,000

SLD:

Ss:	1,600
Cc:	2,150
St:	1,200
Kh:	0,026
Kv:	0,013
Amax:	0,550
Beta:	0,470

SLV:

Ss:	1,600
Cc:	1,820
St:	1,200
Kh:	0,047
Kv:	0,023
Amax:	1,206
Beta:	0,380

SLC:

Ss:	1,600
Cc:	1,780
St:	1,200
Kh:	0,000
Kv:	0,000
Amax:	1,512
Beta:	0,000

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50
Geostru

Coordinate WGS84

latitudine:	44.324929
longitudine:	8.427598

10. STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

In base alla Delibera della Giunta Regionale n° 216 del 17/03/2017 – Norme Tecniche per le Costruzioni. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria, il Comune di Savona rientra nella zona sismica 3.
Inoltre, riferendosi alla D.G.R. 535 del 18.06.2021 della Regione Liguria, il Comune di Savona risulta suscettibile a liquefazione.
Riferendosi alla Tabella B dell'Allegato 1 della D.G.R. 535/2021, la zona si trova su un versate collinare e risulta geomorfologicamente riconducibile nella classe C di suscettività alla liquefazione, caratterizzata da un potenziale di liquefazione non probabile (vedi Tabella).

Classe	Geomorfologia	Suscettibilità
A	Letti di fiume recenti e antichi; paludi; zone di bonifica; zone interdunari	Liquefazione probabile
B	Conoidi; argini naturali; dune di sabbia; pianure di esondazione; spiagge; altre pianure	Liquefazione possibile
C	Terrazzi; colline; montagne	Liquefazione non probabile

Tab. B - Classi di suscettività alla liquefazione in funzione della geomorfologia (Iwasaki et al., 1982)

Fig. 18. Tabella B criteri approvati con D.G.R. 535/2021

Nel nostro caso ci troviamo comunque in un'area dove il fenomeno di potenziale liquefazione non sussiste soprattutto in considerazione sia del contesto geomorfologico, sia dell'assenza di una vera e propria falda freatica.

11. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente studio ha consentito di definire l'andamento stratigrafico dell'area interessata dall'intervento, di definire la caratterizzazione sotto gli aspetti fisico-meccanico e sismico dei terreni presenti nel sottosuolo.

Il progetto di riempimento del tratto terminale della vallecola del Rio Erxo permetterà la messa in sicurezza geomorfologica ed idraulica.

Sono previsti infatti l'adeguamento idraulico dell'alveo ed una regimazione idraulica superficiale e subsuperficiale.

Il progetto prevede inoltre adeguate verifiche e monitoraggi sia in corso d'opera sia al suo termine.

In ordine alle valutazioni di carattere geotecnico tese ad accertare il livello di sicurezza dell'opera in relazione allo stato limite ultimi di rottura per superamento della resistenza del terreno (verifiche di stabilità globale) e una stima delle deformazioni dell'abbancamento si fa riferimento alla relazione geotecnica.

In sintesi, sulla base di quanto sopra esposto, l'intervento a progetto non determina un aumento sensibile dell'attuale situazione di rischio e di pericolo per la pubblica e privata incolumità, non costituisce sostanzialmente un ulteriore ostacolo al deflusso delle acque di piena e non riduce significativamente le capacità di invaso delle aree circostanti ed inoltre non pregiudica l'attuazione degli interventi di sistemazione idraulica e idrogeologica previsti nel programma dell'Autorità di bacino.

Si dichiara inoltre che le indagini geologiche sono state eseguite in conformità alla normativa geologica del PUC e che il progetto in questione è da ritenersi, per quanto di competenza dello scrivente, ammissibile sia in relazione all'assetto idrogeologico dell'area e compatibile con la Normativa di P.A.I., non aggravando l'attuale livello di suscettività/pericolosità al dissesto.
L'intervento è quindi da ritenere compatibile con gli strumenti urbanistici nonché con le condizioni geomorfologiche del territorio.

Per quanto riguarda l'aspetto idraulico (art. 15), si fa riferimento alla relazione idraulica.

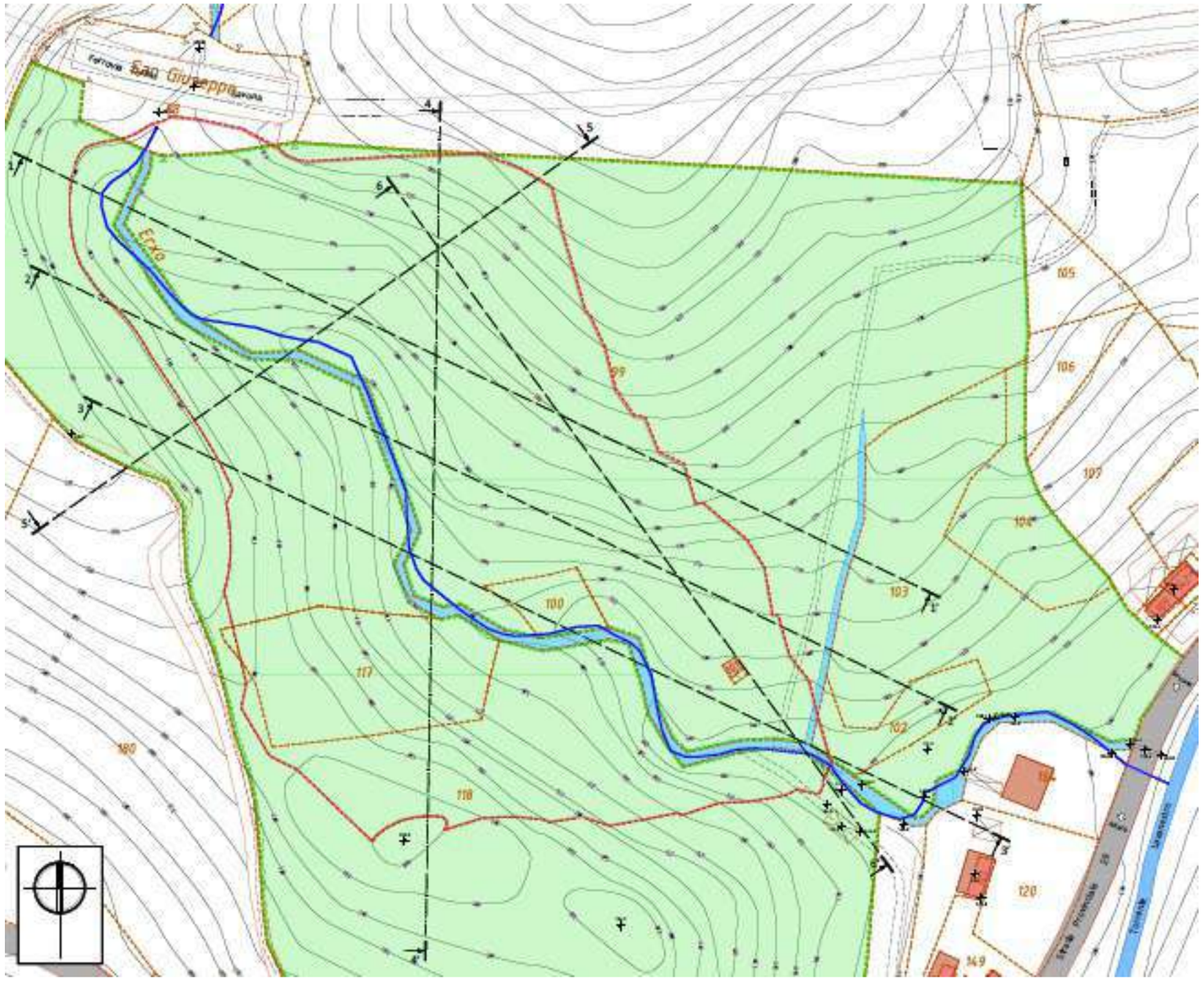
Il rilevamento e le indagini eseguite hanno pertanto fornito un quadro complessivo sufficientemente dettagliato dal punto di vista lito-stratigrafico, geotecnico e sismico dell'area e di evidenziare sia l'idoneità del sito per le destinazioni urbanistiche di progetto sia la compatibilità degli interventi previsti, di cui ne viene pertanto dichiarata la fattibilità geologica.

Savona, Aprile 2024

Francesco Valle geologo

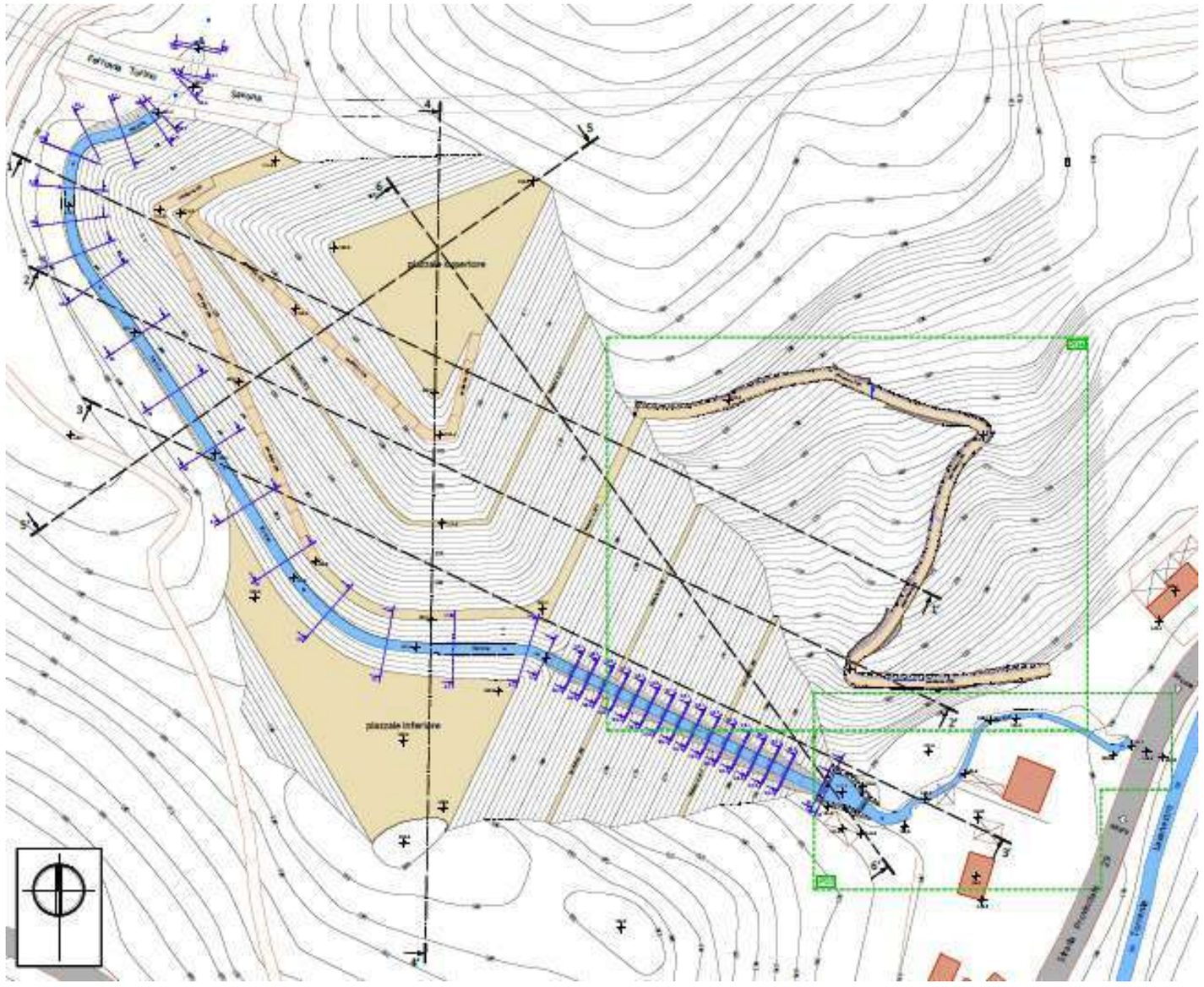


Allegati:
TAV.1 Planimetria stato attuale
TAV.2 Planimetria di progetto
TAV.3 Planimetria di raffronto
TAV.4 Planimetri strada di arroccamento



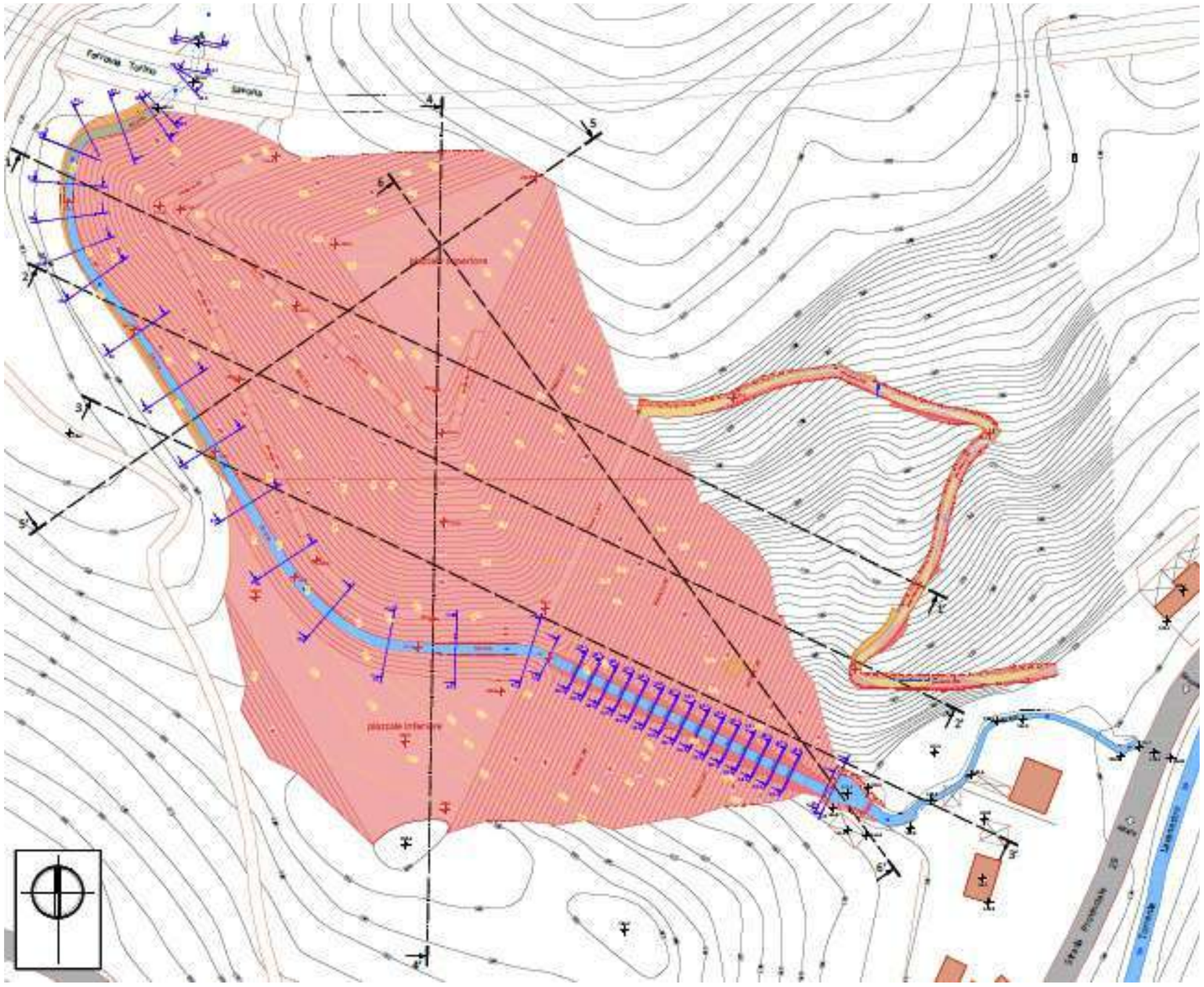
- quota altimetrica
- curva di livello
- confine catastale
- 110 numero di mappale catastale
- demanio idrico catastalmente definito
- area in disponibilità
- limite catastale di disponibilità
- limite dell'abbancamento in progetto
- 3' traccia ed estremo di sezione topografica
- edifici e fabbricati
- baracche e tettoie
- piazzali e bancate
- pista di arroccamento e viabilità interna al rilevato
- corsi d'acqua
- tratto a cielo aperto del Rio Erxo (da carta tecnica regionale)
- tratto tombinato del Rio Erxo (da carta tecnica regionale)
- strade carrabili

PLANIMETRIA STATO ATTUALE	TAV.
scala grafica	1



- quota altimetrica (200.0)
- curva di livello principale (equidistanza 5 m) (220)
- curva di livello secondaria (equidistanza 1 m)
- ciglio di scarpata o di fronte
- piede di scarpata o di fronte
- planimetrie di dettaglio
- traccia ed estremo di sezione topografica (3')
- traccia ed estremo di sezione idraulica (24)
- canalette in terra per la regimazione delle acque meteoriche
- edifici e fabbricati
- baracche e tettoie
- piazzali e bancate
- pista di arroccamento e viabilità interna al rilevato
- corsi d'acqua
- strade carrabili
- opere di sostegno in massi

PLANIMETRIA DI PROGETTO	TAV.
scala grafica	2



200.0 quota altimetrica

220 curva di livello principale (equidistanza 5 m)

curva di livello secondaria (equidistanza 1 m)

ciglio di scarpata o di fronte

piede di scarpata o di fronte

planimetrie di dettaglio

3' traccia ed estremo di sezione topografica

24 traccia ed estremo di sezione idraulica

canalette in terra per la regimazione delle acque meteoriche

edifici e fabbricati

baracche e tettoie

piazzali e bancate

pista di arroccamento e viabilità interna al rilevato

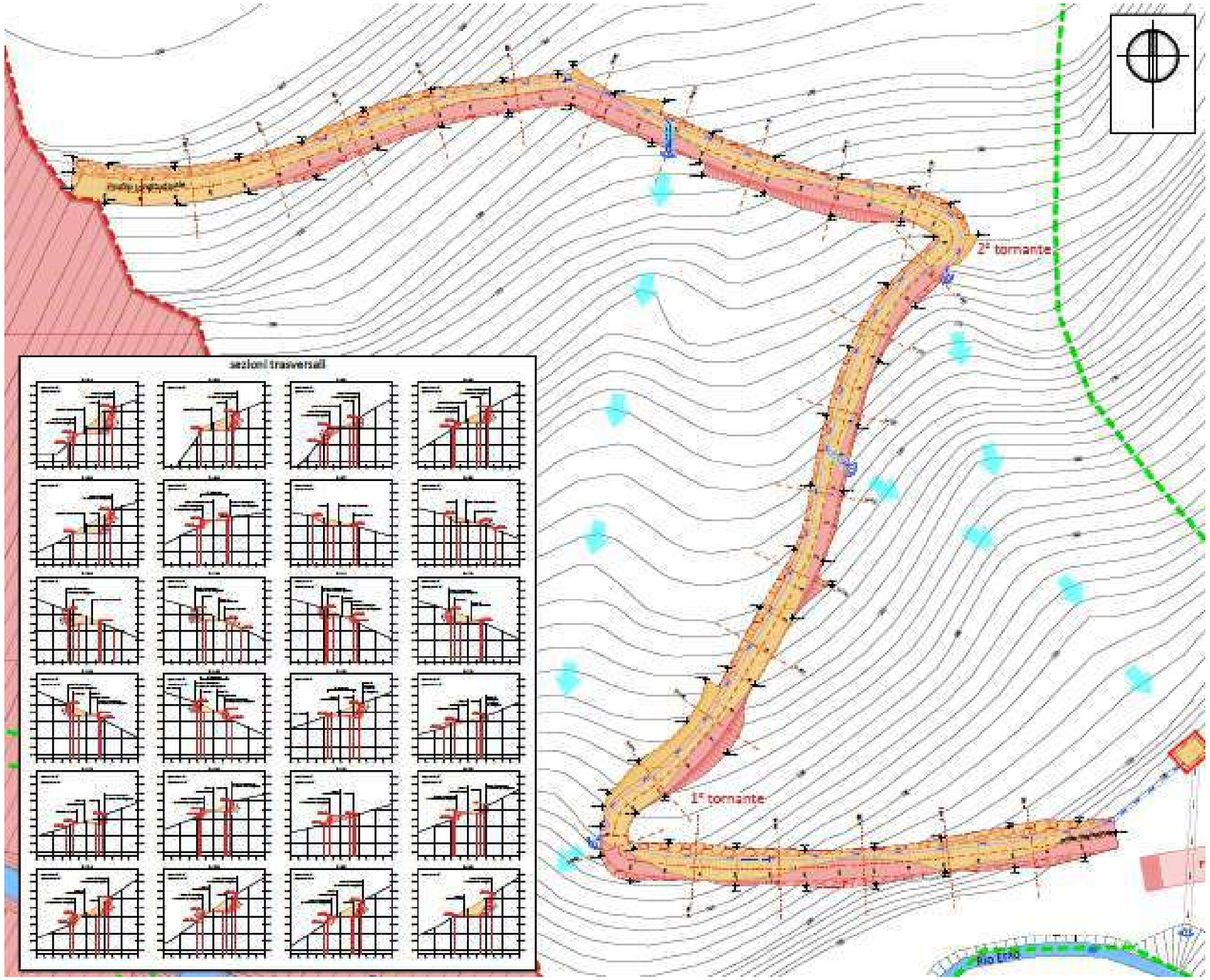
corsi d'acqua

strade carrabili

opere e rilevati in costruzione

scavi e opere in demolizione

PLANIMETRIA DI RAFFRONTO scala grafica	TAV. 3



- quota altimetrica (200.0)
- curva di livello principale (equidistanza 5 m) (220)
- curva di livello secondaria (equidistanza 1 m)
- ciglio di scarpata o di fronte
- piede di scarpata o di fronte
- fronte di scavo
- scarpata in terra
- muro di sostegno in blocchi da scogliera
- aree di riporto
- aree di scavo
- alveo del Rio Erxo
- limite di disponibilità
- traccia delle sezioni trasversali (0+150)
- ciglio di cunetta in terra per la regimazione delle acque meteoriche
- direzione dei deflussi superficiali
- sistemi di dispersione delle acque superficiali
- deflussi all'interno di condotte interrate
- pozzettone in blocchi da scogliera
- cunettone trasversale
- direttrici di deflusso all'interno degli impluvi naturali

PLANIMETRIA STRADA DI ARROCCAMENTO scala grafica	TAV. 4