Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU

MINISTERO DELLA CULTURA

PNRR, MISSIONE 1 - DIGITALIZZAZIONE, INNOVAZIONE, COMPETITIVITÀ E CULTURA, COMPONENT 3 - CULTURA 4.0 (M1C3), MISURA 2 "RIGENERAZIONE DI PICCOLI SITI CULTURALI, PATRIMONIO CULTURALE, RELIGIOSO E RURALE", INVESTIMENTO 2.1: "ATTRATTIVITÀ DEI BORGHI" FINANZIATO DALL'UNIONE EUROPEA - NEXTGENERATIONEU - LINEA DI AZIONE A - PROGETTI PILOTA PER LA RIGENERAZIONE CULTURALE, SOCIALE ED ECONOMICA DEI BORGHI A RISCHIO ABBANDONO E ABBANDONATI - PROGETTO COMUNE DI ANDORA CUP F94F22000110006 "BORGO CASTELLO - RICORDARE IL PASSATO PER COSTRUIRE IL FUTURO (REMEMBER THE PAST TO BUILD THE FUTURE)"

BORGO CASTELLO



ricordare il passato
per costruire il futuro

SOGGETTO ATTUATORE

Comune di ANDORA
Via Cavour, 94 - 17051 Marina di Andora SV

PUO ambito di rigenerazione Ns-Ar1 "Borgo Castello"

OGGETTO

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA E NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE

DATA MARZO 2023

PROGETTISTI: dott. geol. Michele Volpati

Elab. 05

1 – PREMESSA

Il sottoscritto Dott. Geol. Michele Volpati, con Studio Tecnico in Albenga, Via Adige 9/9, iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi della Liguria con il numero 382, è stato incaricato dall'Amministrazione Comunale di Andora di redigere la relazione geologica e geotecnica stralcio relativa al P.U.O. ambito di rigenerazione Ns-Ar1 "Borgo Castello"

La presente relazione geologica è volta allo studio delle caratteristiche geologiche, geotecniche, geomorfologiche ed idrologiche dell'area in esame in rapporto agli interventi previsti dal P.U.O., alla verifica della compatibilità di tali interventi con la normativa del Piano di Bacino, con l'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n°3274/2003 (normativa sismica), con le Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (NTC 2018) al fine dell'ottenimento del parere previsto dall'Art. 89 del D.P.R. 380/2001.

2 - CARATTERISTICHE GEOGRAFICHE, GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE DELL'AREA IN ESAME

Borgata Castello è ubicata nel territorio comunale di Andora (SV), nella fascia altimetrica compresa tra le quote 20 e 90 m s.l.m. (Tav. 1), su un rilievo collinare isolato, posto in sponda sinistra idrografica del Torrente Merula, tra l'Autostrada dei Fiori A10 e la linea ferroviaria Genova Ventimiglia.

L'area è caratterizzata dalle rovine dell'insediamento medievale (chiese, castello, mura e torri difensive - XII secolo), dalle abitazioni residenziali già in parte oggetto di restauro e da terrazzamenti in parte dedicati alla coltivazione dell'olivo che si alternano a aree boscate.

Il rilievo su cui sorge la borgata presenta pendenze comprese tra 27% e 55%, corrispondenti ad angoli di pendio tra 15° e 28°: il substrato roccioso affiora diffusamente e le coperture detritiche eluvio-colluviali sono di potenza modesta.

Nell'area non sono state evidenziate particolari fenomenologie di dissesto di origine idrogeologica, in atto o potenziali.

Durante le operazioni di rilievo in campagna non è stata verificata la presenza di una falda freatica a quota tale da poter interferire con le opere previste dalla variante: la morfologia dei luoghi non consente l'accumulo di acque sotterranee nei livelli più superficiali del terreno.

3 – ANALISI DEI VINCOLI GRAVANTI SUL TERRENO

- VINCOLO PER SCOPI IDROGEOLOGICI

La porzione orientale dell'area di intervento risulta tutelata (in chiaro in Fig. 1).



Fig. 1 - *Aree Soggette a Vincolo Idrogeologico (l'area scura è esclusa dal vincolo).*

- PIANO DI BACINO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO

Le risultanze dell'analisi della cartografia del Piano di Bacino del Torrente Merula in corrispondenza dell'area in oggetto vengono di seguito riportate (Tav. 2 -5):

- **Carta del Reticolo Idrografico Regionale e C.T.R. Regione Liguria:** il rilievo su cui sorge la borgata è lambito al piede dal Rio Castello, corso d'acqua di II° livello (Area bacino = 0.97 kmq; Tav. 6). Per questo corso d'acqua la normativa prevede una fascia di rispetto pari a 20,00 mt ed una fascia di inedificabilità assoluta pari a 10,00 mt. Le opere previste dalla presente variante e ubicate in dette fasce (alcuni interventi sulla viabilità esistente ed una porzione della futura ciclovia tirrenica) non potranno prescindere dallo studio idraulico del torrente per accertarne l'ininfluenza sullo scorrimento delle acque di piena (con il relativo parere di Regione Liguria).

- **Carta delle Fasce di Inondabilità:** la zona in esame non rientra all'interno delle fasce identificate dal Piano.

- **Carta della Suscettività al Dissesto dei Versanti:** la zona ricade aree a Suscettività al Dissesto da Bassa (Pg1) a Media (Pg2), lambendo il limite orientale di un'area B2 (Aree speciali di tipo B2 –Riporti antropici). In fase definitivo-esecutiva eventuali interventi previsti su quest'ultima area dovranno essere corredati da indagini di maggior dettaglio e dal relativo parere di Regione Liguria.

- **Carta degli Interventi:** nell'area in esame il Piano non prevede alcun intervento.

➢ NORME DI ATTUAZIONE GEOLOGICA DEL P.U.C.

Preliminarmente alla verifica normativa, di seguito si riporta quanto desunto dalla cartografia geologica, geotecnica e idrogeologica del Piano

- **Carta Geolitologica:** il sito in oggetto (Tav. 7) ricade in un'area caratterizzata da Depositi torbiditici – marne arenacee (*cm; as-ar*). Alla base del rilievo in oggetto sono presenti Depositi alluvionali (*A*) e Grandi riporti a granulometria grossolana o media.

- **Carta Geomorfologica:** il sito in oggetto (Tav. 8) ricade principalmente in un'area caratterizzata da roccia affiorante in buone condizioni di conservazione con strutture sfavorevoli rispetto al pendio (RS) e da roccia affiorante in buone condizioni di conservazione con strutture favorevoli e/o indifferenti rispetto al pendio (*R*). A Nord sono indicate aree in roccia affiorante in cattive condizioni (*RF*) e coltri detritiche di spessore 1- 3 mt (*cg*), mentre alla base del rilievo sono presenti Depositi Alluvionali (*A*) e Riporti.

- **Carta Idrogeologica:** il sito in oggetto (Tav. 9) ricade principalmente in un'area con permeabilità per fratturazione (*PF*). Sul limite settentrionale è presente un'area semipermeabile (*SP*) mentre alla base del rilievo vi sono aree con permeabilità per porosità (*PP*).

- **Carta Geotecnica:** il sito in oggetto (Tav. 10) ricade principalmente all'interno di Aree in versante con roccia affiorante o sub affiorante con giacitura positiva e caratteristiche geomeccaniche discrete, Amplificazione sismica locale bassa o nulla (*Ra*), e con roccia affiorante o subaffiorante con stratificazione "a franapoggio" rispetto al pendio, Amplificazione sismica locale media (*Rc*). A Nord sono invece presenti Aree in versante

con roccia affiorante o subaffiorante con giacitura positiva e caratteristiche geomeccaniche scadenti, Amplificazione sismica locale media (*Rb*), e Aree in versante con coltri detritiche di spessore compreso tra 1 e 3 mt, Amplificazione sismica locale media (*Cd*). Alla base del rilievo sono presenti Aree pianeggianti con alluvioni attuali e recenti a granulometria prevalentemente grossolana, Amplificazione sismica elevata (*Aat*), e Riporti incoerenti e/o a granulometria grossolana, Amplificazione sismica molto elevata (*Rip*).

- **Carta di Zonazione Geologico-Tecnica in Prospettiva Sismica:** il sito in oggetto (Tav. 11) ricade principalmente in zone di tipo "*B*" (*Aree interessate da substrato roccioso affiorante o sub affiorante con condizioni geomeccaniche e/o geostrutturali sfavorevoli e aree costituite da coltri eluviali-colluviali di spessore < 3m. Amplificazione sismica locale media*) e di tipo "*A*" (*Aree interessate da substrato roccioso affiorante o subaffiorante con condizioni geomeccaniche e/o geostrutturali favorevoli. Amplificazione sismica locale bassa o nulla*).

  Alla base del rilievo sono inoltre presenti zone di tipo "*C*" (*Aree di pianura interessate da alluvioni attuali, recenti, antiche, fluviali e marine, su strutture morfologiche pianeggianti. Aree costituite da coperture incoerenti di spessore > 3m su versanti con pendenza < 30 gradi. Amplificazione sismica elevata*) e di tipo "*D*" (*Aree sedi di discariche o riporti, zone profondamente modificate da attività antropiche. Aree interessate da instabilità generale. Amplificazione sismica locale molto elevata*).

  In fase di progettazione definitiva-esecutiva, per garantire la conformità degli interventi previsti con la Normativa di Attuazione Geologico-Tecnica del P.U.C. vigente, dovranno essere sviluppati i temi richiesti dall'Elaborato G7.

  Di seguito si riportano gli stralci del suddetto elaborato per le varie zone identificate:

5.1 Zone di tipo "A"

5.1.1. Aree interessate da substrato roccioso affiorante o subaffiorante in condizioni geostrutturali e geomeccaniche favorevoli.
Amplificazione sismica locale bassa o nulla

5.1.2. Le indagini geologico-tecniche da effettuare per le zone di tipo "A", sulla base del D.M. 14.9.05 e del D.M. 11.3.88, dovranno accertare i seguenti aspetti:

- Descrizione dei lineamenti geomorfologici della zona, nonchè di eventuali processi geomorfologici in atto o potenziali;

- Caratterizzazione di massima dei litotipi zonali comprendente la natura e l'origine dei litotipi, il loro stato di alterazione, fratturazione e degradabilità;

- Relazioni intercorrenti tra litotipi locali e caratteristiche geomorfologiche zonali;

- Schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea;

- Valutazione delle problematiche geologico-tecniche indotte dagli interventi in progetto.

5.1.3. In via generale si tratta di aree stabili, senza particolari problematiche di dissesto, in atto o potenziali, o di fenomeni erosivi.

Dal punto di vista geomeccanico risultano ottimi terreni di fondazione, mentre per quanto riguarda gli sbancamenti, le problematiche geologico-tecniche saranno proporzionali all'entità e alle caratteristiche dell'intervento.

5.2 Zone di tipo "B"

5.2.1 Aree interessate da substrato roccioso affiorante o subaffiorante in condizioni geomeccaniche e/o geostrutturali sfavorevoli e con possibili problematiche geologico-tecniche in relazione ad interventi di scavo e di sbancamento.
Aree costituite da coltri eluviali-colluviali di spessore < 3 metri.
Amplificazione sismica locale media.

- Determinazione di natura, origine, potenza, caratteristiche geotecniche ed idrogeologiche delle coperture incoerenti e/o semicoerenti;
- Caratteristiche geotecniche dei materiali sciolti e loro comportamento in relazione agli interventi in progetto;
- Comportamento e grado di stabilità delle coltri allo stato attuale ed in seguito ad interventi insediativi o di sbancamento.

5.2.5 Pur non presentando manifestazioni di instabilità geomorfologica, in queste zone non si possono escludere locali propensioni al dissesto connesse ad interventi di scavo e/o sbancamento.

Pertanto è opportuno che gli interventi modificatori, soprattutto se di una certa rilevanza, vengano preceduti da indagini geomorfologiche estese ad un areale significativo, e geotecniche di dettaglio relative al sito di intervento, al fine di accertare le condizioni di equilibrio geomorfologico complessivo e puntuale e di prevederne il comportamento nel tempo a seguito degli interventi previsti.

5.3 Zone di tipo "C"

5.3.1 Aree di pianura interessate da alluvioni attuali e recenti, fluviali e marine, su strutture morfologiche pianeggianti o subpianeggianti.
Aree costituite da coperture incoerenti di spessore maggiore di 3 metri.
Amplificazione sismica locale elevata.

5.3.2 Le indagini da effettuare per le zone di tipo "C", in base al D.M. 14.9.05 ed al D.M. 11.3.88, sono le seguenti:
- Descrizione di dettaglio della situazione litostratigrafica locale mediante accertamenti geognostici;
- Caratteristiche geotecniche del sottosuolo e suo comportamento in relazione ad interventi di varia natura (scavi, fondazioni, ecc.);
- Presenza di livelli sabbiosi liquefacibili;
- Valutazione della capacità portante del terreno e dei cedimenti assoluti e/o differenziali;

- Caratteristiche della circolazione idrica sotterranea con determinazione della profondità e delle oscillazioni di falda.

5.3.3 Nelle aree di piana alluvionale le possibili problematiche geologico-tecniche sono legate al quadro litostratigrafico locale, sia per la possibile esistenza di strati cedevoli, con conseguenti problematiche fondazionali (rottura sul piano di fondazione e/o cedimenti assoluti o differenziali), sia per l'eventuale presenza di livelli sabbiosi liquefacibili in condizioni dinamiche.

Gli accertamenti geologici prescritti dovranno obbligatoriamente contenere una documentazione grafica comprendente stratigrafie e/o sezioni geologico-tecniche di dettaglio atte ad illustrare l'aspetto, il comportamento e le caratteristiche geotecniche del sottosuolo.

Per quanto riguarda gli accertamenti geognostici diretti nelle zone di pianura, si prevede l'impiego di prove penetrometriche dinamiche o il ricorso a trincee esplorative per indagini a profondità contenute; qualora l'intervento edificatorio assuma una certa rilevanza saranno da prevedersi sondaggi geognostici a carotaggio continuo e prove geotecniche in situ ed in laboratorio.

5.3.4 Oltre alle indagini geologico-tecniche previste per le zone di tipo "A" e "B", si dovrà procedere, in base al D.M. 14.9.05 ed al D.M. 11.3.88, ai seguenti accertamenti:

- Accertamenti geognostici per individuare sia la potenza delle coltri di copertura, sia le caratteristiche del substrato roccioso ad una profondità significativa in rapporto all'entità dell'intervento in progetto;

- Analisi di stabilità del versante allo stato attuale ed in seguito ad interventi insediativi o di sbancamento, da calcolarsi per un tratto significativo a monte ed a valle dell'intervento, lungo una o più sezioni a seconda delle caratteristiche del progetto.

5.3.5 Considerato che le zone di tipo "C" possono coincidere con le aree classificate "a suscettività al dissesto elevata" (Pg3a) del Piano di Bacino del T.Merula, l'attività urbanistico-edilizia dovrà essere conforme a quanto previsto dalla Normativa di Piano di Bacino.

5.3.6 Queste zone sono generalmente soggette a problematiche fondazionali e di stabilità del versante; per quanto riguarda gli aspetti fondazionali, lo spessore maggiore di 3 metri implica, per poter utilizzare come piano di fondazione il substrato roccioso stabile ed evitare che la coltre detritica venga sovraccaricata, la necessità di effettuare scavi e sbancamenti, e quindi di esaminare le problematiche geologico-tecniche connesse alla stabilità del tratto di versante a monte; a riguardo invece della stabilità dei versanti, anche se le zone cartografate non presentano evidenti manifestazioni di instabilità geomorfologica, la presenza di una coltre detritica di una certa potenza implica comunque una propensione al dissesto che rende necessaria la verifica di compatibilità dei progetti mediante analisi di stabilità del versante allo stato originario e di progetto.

5.4 Zone di tipo "D"

5.4.1 Aree sedi di discariche o riporti, zone profondamente modificate da attività antropiche.
Aree ad instabilità generale. Aree interessate da coltri incoerenti di spessore variabile, con segni di instabilità superficiale.
Aree interessate da collassi presunti o accertati in roccia viva; frane in atto; cigli di distacco e di arretramento morfologico.
Amplificazione sismica locale molto elevata.

5.4.2 In base al D.M. 14.9.05 ed al D.M. 11.3.88 ogni attività insediativa o di modifica dell'assetto del suolo dovrà essere preceduta, oltre che dalle indagini richieste per le zone a di tipo "A", "B" e "C" (p.to 5.2.4), dalle seguenti indagini geologico-tecniche:

- Rilievo geomorfologico di dettaglio degli eventuali fenomeni di instabilità in atto e/o potenziali;
- Grado di stabilità della coltre detritica allo stato attuale e allo stato di progetto;
- Caratterizzazione e sviluppo in profondità di eventuali livelli rocciosi allentati e/o degli accumuli detritici prodotti dal versante;
- Verifiche di dettaglio dell'eventuale circolazione idrica superficiale e profonda, e relativi interventi per la regimazione delle acque.
- Descrizione delle metodologie operative di stabilizzazione del versante.

5.4.3 Nelle zone di tipo "D" dovranno essere interdette modificazioni rilevanti dell'assetto morfologico del suolo con elevati volumi di scavo e di riporto.

Sono permessi interventi insediativi di modesta entità, compatibilmente a quanto prescritto dalla relativa relazione geologico-tecnica.

Sono da prediligere sistemazioni del suolo secondo tecniche di ingegneria naturalistica.

5.4.4 Considerato che le zone di tipo "D" coincidono in gran parte con le aree classificate "a suscettività al dissesto molto elevata" (Pg4) del Piano di Bacino del T.Merula, l'attività urbanistico-edilizia dovrà essere conforme a quanto previsto dalla Normativa di Piano di Bacino.

5.4.5 Nell'ambito del territorio comunale sono stati rilevati numerosi elementi geomorfologici che possono comportare significativi fenomeni di amplificazione sismica locale.

Tra questi assumono una particolare importanza: le aree di culminazione morfologica e le faglie certe o presunte;

In prossimità di queste strutture, dovendo essere adottati criteri di particolare cautela nell'utilizzo del territorio, si prescrive l'esecuzione di accertamenti geologico-tecnici di dettaglio, identificabili con quelli delle zone di tipo "D".

4 - RILIEVO GEOLOGICO-TECNICO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO

4.1 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio comunale di Andora si inserisce, da un punto di vista geologico-regionale, all'interno del *Dominio Paleogeografico Oceanico* o *Piemontese Ligure* (Fig. 2), interposto tra le placche europea e adriatica e formato dalle unità costituenti il segmento ligure della catena alpina, ovvero dai *Flysch ad Elmintoidi* della Liguria Occidentale e dai loro complessi di base.

Le unità che lo caratterizzano risultano poco o nulla metamorfiche, in quanto scollate dal loro substrato ofiolitico e non coinvolte nel processo di subduzione alpino, ed occupano la posizione geometrica più elevata nella catena delle Alpi Occidentali.

L'intervallo cronostratigrafico entro cui sono comprese le successioni delle unità flyschoidi va dal Cretaceo Inf. (*Hauteriviano*) al Cretaceo Sup. (*Maastrichtiano Sup.*).

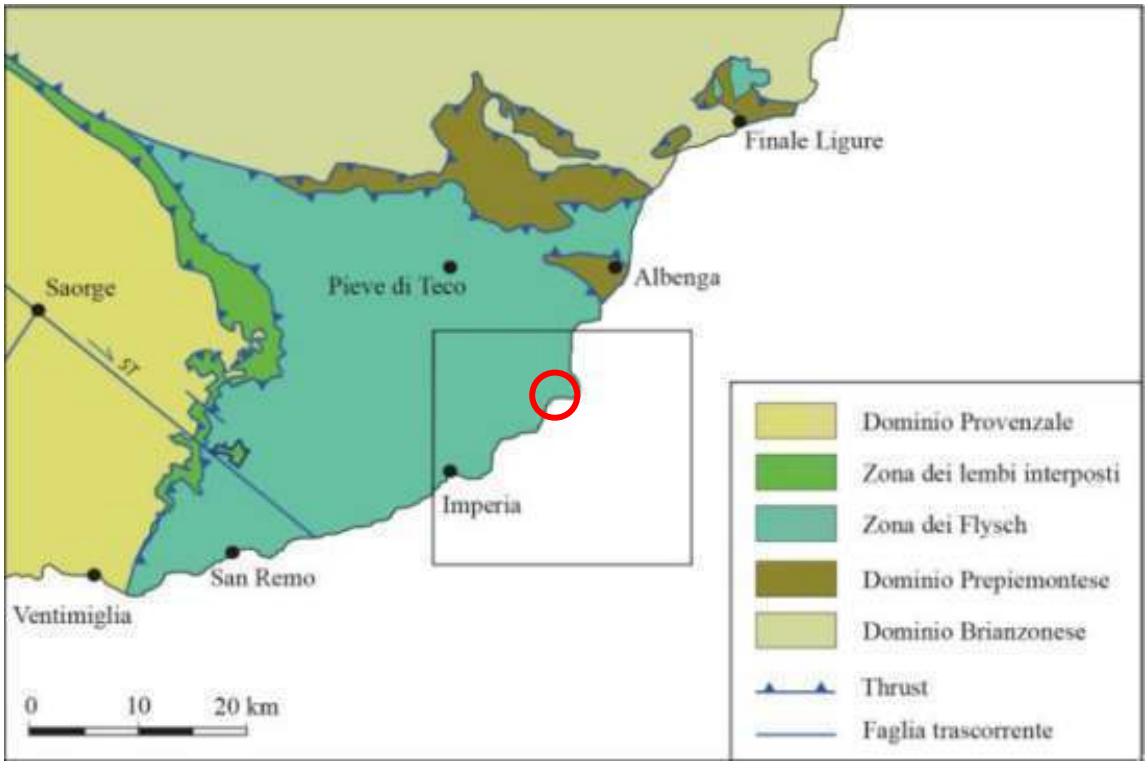


Fig.2 – *Schema tettonico di inquadramento regionale e ubicazione Comune di Andora (Carta Geologica d'Italia - Foglio 259 Imperia)*

Le 2 unità tettoniche che caratterizzano questo dominio sono l'*Unità Moglio-Testico* e l'*Unità Sanremo-Monte Saccarello* (Fig. 3), entrambe formate da successioni sedimentarie torbiditiche depostesi nell'area oceanica tetidea prospicente il margine europeo ed interessate da intense fasi deformative che hanno prodotto piegamenti talora serrati.

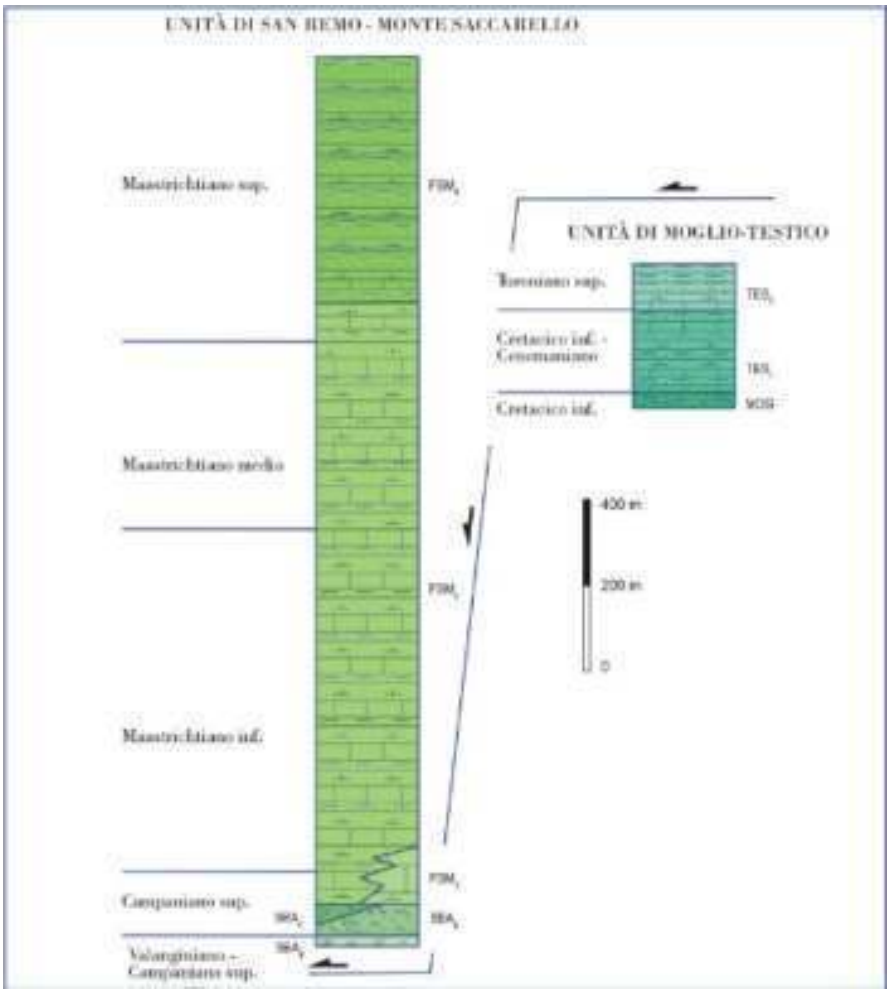


Fig. 3 – *Schema dei rapporti stratigrafici del substrato Pre-Pliocenico.*
(Carta Geologica d'Italia - Foglio 259 Imperia)

A scala locale, l'area del Castello di Andora è posta in prossimità del contatto tettonico tra le due unità, contraddistinto da due sovrascorrimenti Nord vergenti.
In particolare, il substrato roccioso affiorante e subaffiorante sui versanti che caratterizzano il rilievo della Borgata è costituito dai litotipi appartenenti alle formazioni dell'Unità Sanremo-Monte Saccarello (Tav. 12), ovvero:

- *Formazione del Flysch di Sanremo - membro di "Capo Mele":* Marne e arenarie calcaree costituenti potenti strati torbiditici, organizzati in sequenze positive, con porzione sommitale calcilutitica; presenza di rari strati arenaceo-argillitici (*Campaniano Sup. – Maastrichtiano Inf.*).

- *Formazione di San Bartolomeo – litozona delle "Peliti manganesifere":* Alternanza ritmiche di peliti manganesifere grigio-verdastre e più rare siltiti con diffuse spalmature di ossidi metallici, sostituite da areniti fini. Presenti subordinati strati centimetrici siliceo-argillosi rossi e grigi (*Hauteriviano Sup. – Campaniano Sup.).*

A nord, al di fuori del nucleo storico della località, sono invece presenti litotipi appartenenti all'Unità Moglio-Testico, ovvero:

- *Formazione di Testico – Membro di "Cesio":* Alternanze ritmiche di areniti quarzoso-micacee da grossolane a medio-fini, gradate, con intercalazioni di calcilutiti in strati sottili e di peliti più o menonsiltose. Non rare le intercalazioni di strati di calcari marnosi e marne (*Turoniano Sup.).*

4.2 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA DEL TERRENO

Il substrato roccioso risulta affiorare e sub-affiorare diffusamente all'interno dell'area del Castello di Andora, in particolare alla base dei manufatti medievali e lungo i tagli stradali delle principali vie di comunicazione.



Fig. 4 – *Ubicazione affioramenti rocciosi e Stazioni di Misura.*

Durante le operazioni di campagna, in corrispondenza di n. 6 stazioni di misura (Fig. 4 e Tav. 14), sono state determinate le giaciture medie della stratificazione e delle discontinuità, le spaziature tra queste e il peso di volume medio delle rocce (2,5 t/mc).

Utilizzando il Martello di Schmidt sono stati ricavati i valori di resistenza a compressione semplice (JCS) e con il Pettine di Burton, attraverso il confronto con i profili tipo, i coefficienti di rugosità (JRC).

Le tabelle seguenti riassumono il lavoro svolto in campagna:

Stazione di Misura 1 (Flysch di Sanremo)

Sup. di discontinuità	Giacitura	Spaziatura	JCS	JRC
s.	N 180/18	10 cm	6800 t/m^2	7
f.1	N 70/58	40 cm	7300 t/m^2	7
f.2	N 166/80	30 cm	7100 t/m^2	9

Tab.1

Stazione di Misura 2 (Flysch di Sanremo)

Sup. di discontinuità	Giacitura	Spaziatura	JCS	JRC
s.	N 224/58	10 cm	7000 t/m^2	10
f.1	N 96/60	20 cm	7400 t/m^2	9
f.2	N 164/72	20 cm	7200 t/m^2	9

Tab.2

Stazione di Misura 3 (Flysch di Sanremo)

Sup. di discontinuità	Giacitura	Spaziatura	JCS	JRC
s.	N 202/34	20 cm	8200 t/m^2	7
f.1	N 62/66	30 cm	8200 t/m^2	8
f.2	N 338/70	30 cm	8400 t/m^2	8

Tab. 3

Stazione di Misura 4 (Formazione di San Bartolomeo)

Sup. di discontinuità	Giacitura	Spaziatura	JCS	JRC
s.	N 134/18	10 cm	6600 t/m^2	6
f.1	N 33/88	20 cm	6800 t/m^2	8
f.2	N 312/82	20 cm	7100 t/m^2	8

Tab. 4

Stazione di Misura 5 (Flysch di Sanremo)

Sup. di discontinuità	Giacitura	Spaziatura	JCS	JRC
s.	N 182/50	20 cm	8600 t/m^2	10
f.1	N 52/72	30 cm	8500 t/m^2	9
f.2	N 208/26	30 cm	9000 t/m^2	9

Tab. 5

<u>Stazione di Misura 6</u> (Flysch di Sanremo)

Sup. di discontinuità	Giacitura	Spaziatura	JCS	JRC
s.	N 226/28	20 cm	7800 t/m^2	7
f.1	N 58/72	20 cm	8200 t/m^2	8
f.2	N 314/68	30 cm	8500 t/m^2	8

Tab. 6

I dati raccolti nelle tabelle precedenti hanno permesso di calcolare il valore dell'RQD (Rock Quality Designation) proprio dell'ammasso roccioso, applicando la relazione ricavata dal diagramma di correlazione realizzato da Priest e Hudson nel 1976:

$$\mathbf{RQD = -3{,}68\ \alpha + 110{,}4}$$

dove α, frequenza media delle discontinuità per metro, è pari a:

$\alpha_1 = 100/10 + 100/40 + 100/30 = 10 + 2{,}5 + 3{,}33 = 15{,}83$

$\alpha_2 = 100/10 + 100/20 + 100/20 = 10 + 5 + 5 = 20$

$\alpha_3 = 100/20 + 100/30 + 100/30 = 5 + 3{,}33 + 3{,}33 = 11{,}66$

$\alpha_4 = 100/10 + 100/20 + 100/20 = 10 + 5 + 5 = 20$

$\alpha_5 = 100/20 + 100/30 + 100/30 = 5 + 3{,}33 + 3{,}33 = 11{,}66$

$\alpha_6 = 100/20 + 100/20 + 100/30 = 5 + 5 + 3{,}33 = 13{,}33$

per cui,

RQD_1 = 52 % Tale valore identifica una roccia di qualità **discreta**

RQD_2 = 40 % Tale valore identifica una roccia di qualità **discreta**

RQD_3 = 67 % Tale valore identifica una roccia di qualità **discreta**

RQD_4 = 40 % Tale valore identifica una roccia di qualità **scadente**

RQD_5 = 67 % Tale valore identifica una roccia di qualità **discreta**

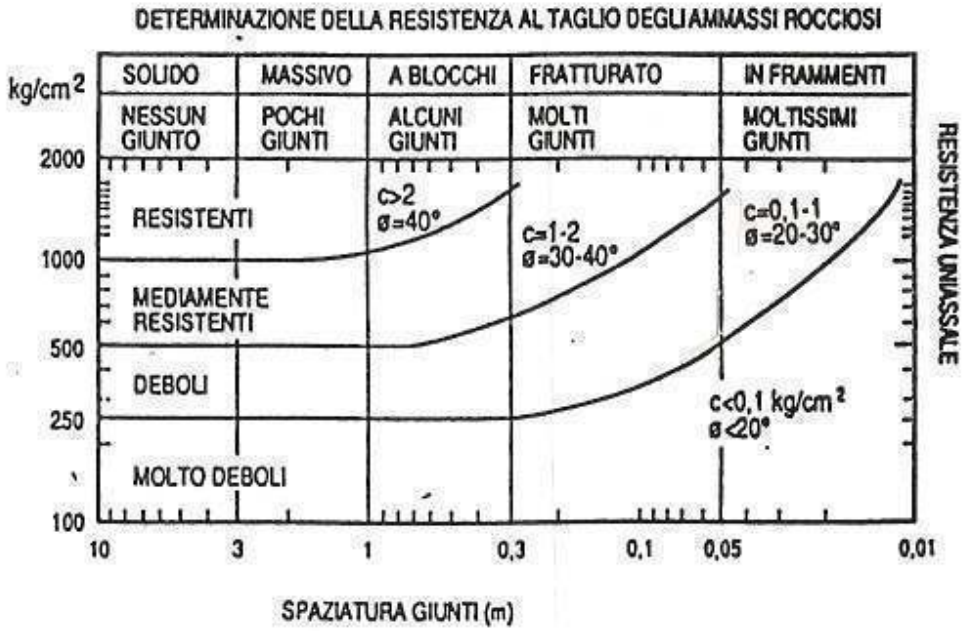
RQD_6 = 61 % Tale valore identifica una roccia di qualità **discreta**

Utilizzando poi il diagramma di Bieniawski è stato possibile procedere al calcolo dell'angolo di attrito interno (φ) e della coesione (c) relativi all'ammasso roccioso (tab. 7):

Stazione di misura	s.	f. 1	f. 2
1	$\varphi = 26°$; $c = 6$ t/m^2	$\varphi = 32°$; $c = 12$ t/m^2	$\varphi = 31°$; $c = 11$ t/m^2
2	$\varphi = 26°$; $c = 6$ t/m^2	$\varphi = 30°$; $c = 10$ t/m^2	$\varphi = 30°$; $c = 10$ t/m^2
3	$\varphi = 30°$; $c = 10$ t/m^2	$\varphi = 32°$; $c = 12$ t/m^2	$\varphi = 32°$; $c = 12$ t/m^2
4	$\varphi = 26°$; $c = 6$ t/m^2	$\varphi = 29°$; $c = 9$ t/m^2	$\varphi = 29°$; $c = 9$ t/m^2
5	$\varphi = 31°$; $c = 11$ t/m^2	$\varphi = 32°$; $c = 12$ t/m^2	$\varphi = 33°$; $c = 13$ t/m^2
6	$\varphi = 31°$; $c = 11$ t/m^2	$\varphi = 31°$; $c = 11$ t/m^2	$\varphi = 32°$; $c = 12$ t/m^2

Tab. 7

DIAGRAMMA DI BIENIAWSKI



La coltre detritica che caratterizza i versanti del Castello di Andora è di origine eluvio-colluviale, derivata dall'alterazione del sottostante substrato roccioso e dalla successiva mobilitazione verso valle ad opera dei processi gravitativi di versante. Sul rilievo risulta essere di potenza da limitata a modesta, sul fondovalle la sua potenza diventa più importante. Granulometricamente è costituita da ghiaie e sabbie in poca matrice argilloso-limosa.

Sul lato occidentale del rilievo, in corrispondenza del sito in cui sarà realizzata la stazione della funivia, sono presenti dei depositi di natura antropica (terreno di riporto – rilevato autostradale). Lungo l'asta torrentizia del Rio Castello, situato a sud del sito in oggetto, sono presenti invece Depositi Alluvionali Quaternari (depositi ciottolosi, ghiaiosi e/o sabbiosi).

Attraverso il rilievo geologico tecnico di superficie, utilizzando lo scissometro ed il penetrometro tascabili, si sono potuti ottenere i valori dell'angolo di attrito (φ) e della coesione non drenata (c_u) propri di tali materiali. Sono state eseguite alcune prove, distribuite spazialmente in tutto il terreno oggetto della presente relazione, e, mediante i dati acquisiti, sono stati ricavati i valori riportati nella seguente Tab. 8:

	Peso di volume (γ)	**Angolo di attrito (φ)**	**Coesione non dren. (c_u)**
Terreno di riporto	1,8 t/mc	30°	1.7 t/mq
Ghiaia - Sabbia Matrice argillosa	1,9 t/mc	30°	1,9 t/mq
Depositi Alluvionali	1,9 t/mc	32°	1,5 t/mq

Tab. 8

Da quanto desunto in campagna, attraverso le indagini geognostiche e le operazioni di rilievo, si esclude la presenza di livelli sabbiosi liquefacibili.

5 – INQUADRAMENTO DELL'AREA IN RAPPORTO ALLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI COMUNI ITALIANI: MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO E PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

Classificazione Sismica della Regione Liguria

Il Comune di Andora (SV), ai sensi della classificazione sismica regionale aggiornata (Fig. 5), ricade in **Zona 2** (Pga = 0.25g)**.**

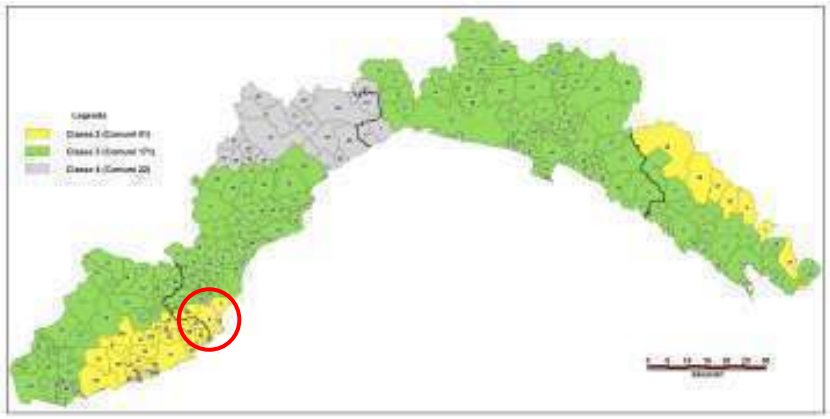


Fig. 5 – *Mappa della Classificazione Sismica della Regione Liguria (DGR n. 962/2018 - ALLEGATO 2).*

Zonazione Sismogenetica ZS9

Da un punto di vista sismotettonico, il territorio di Andora è inserito all'interno della *Zona 910* della Zonazione Sismogenetica ZS9 (Fig. 6; *INGV*). Come riportato nell'*App.2 al Rapporto Conclusivo – Zonazione sismogenetica ZS9* redatto dal Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (OPCM 3274/03) dell'INGV, tale zona è considerata, dal punto di vista strutturale, come l'area di svincolo che consente l'arretramento dell'arco alpino occidentale ed è caratterizzata da meccanismi di fagliazione prevalenti attesi di tipo inverso, con profondità dei principali eventi sismici compresa tra gli 8 e i 12 km.

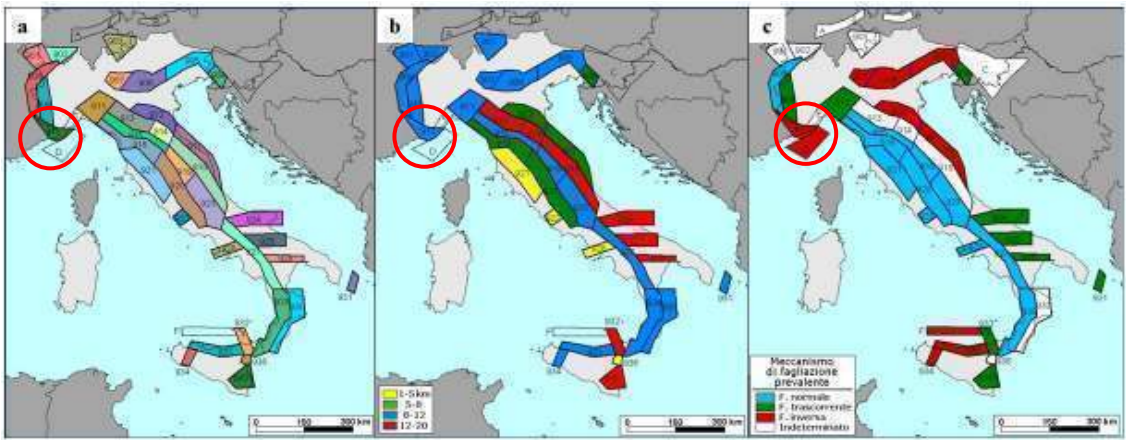


Fig. 6 – *a) Zonazione sismogenetica ZS9; b) Classi di profondità efficace assegnate alle diverse zone sismogenetiche ZS9 (in km); c) Meccanismo di fagliazione prevalente atteso per le diverse zone sismogenetiche ZS9 (INGV - App.2 al Rapporto Conclusivo – Zonazione sismogenetica ZS9).*

Sismicità della Liguria Occidentale

Per quanto riguarda la sismicità, si riportano i risultati degli studi condotti da *Eva et al.* (2003) relativi alla sismicità della Liguria Occidentale. In Fig. 7 è riportata la distribuzione degli eventi sismici per l'area dell'estremo ponente ligure rilevati nel periodo 1983-1999 dalla rete sismica regionale dell'Università di Genova e da quelle francesi localizzate lungo il margine occidentale delle Alpi. In totale sono stati localizzati oltre 7000 eventi con magnitudo Ml compresa tra 1,5 e 5,0.

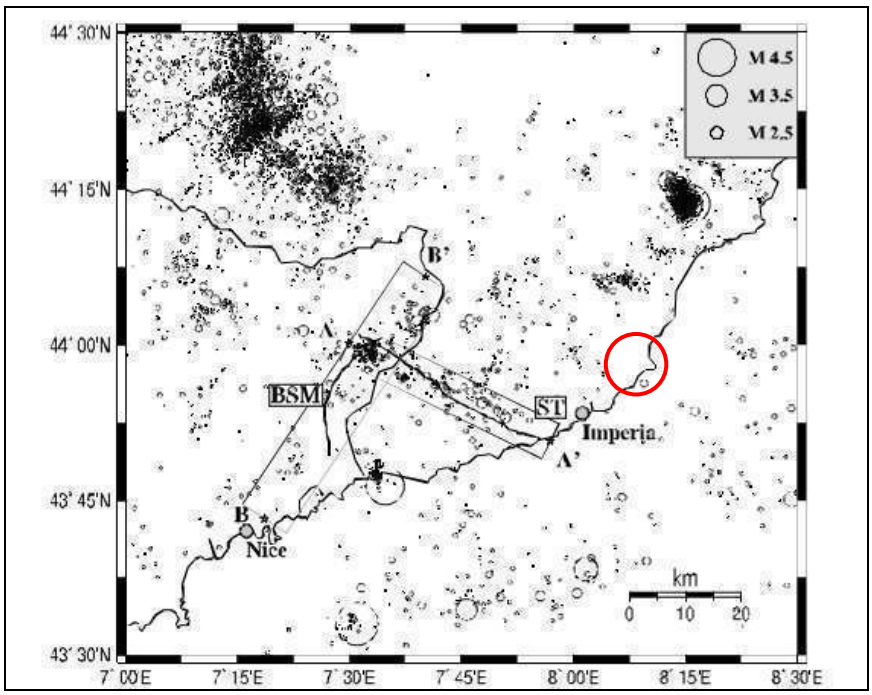
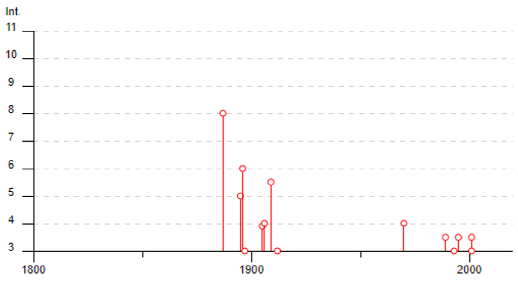


Fig. 7 – *Mappa della sismicità strumentale per il periodo 1983-1999. ST indica il sistema di faglie Saorge-Taggia e BSM il sistema Briel-Sospel-Monaco (Eva et al., 2003).*

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

Di seguito, si riportano anche i risultati dell'analisi del Database Macrosismico Italiano (DBMI15; *INGV*) per il Comune di Andora. Nella tabella di Fig. 8 viene riportata la Magnitudo Momento (Mw), l'intensità macrosismica epicentrale (Io) e l'intensità macrosismica massima valutata nel sito in oggetto dei principali eventi sismici che hanno avuto un risentimento sul territorio di Andora nel periodo compreso tra il 1800 e il 2020.



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
8	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
5	1895	12	25	04	47		Liguria occidentale	9	5	4.18
6	1896	10	16				Liguria occidentale	55	6	4.91
3	1897	10	12				Liguria occidentale	13	5	4.34
2	1900	12	30	23	36	2	Alto Monferrato	36	5	4.35
NF	1904	11	15	19	16		Liguria occidentale	17	5	4.16
F	1905	05	30	04	55		Cuneese	121	5-6	4.65
4	1906	08	11	09	58		Liguria occidentale	82	5	4.41
5-6	1909	05	27	06	10		Liguria occidentale	51	5-6	4.34
3	1912	01	14	03	11		Liguria occidentale	19	4-5	3.89
4	1970	12	31	22	04	4	Liguria occidentale	79	6	4.62
3-4	1989	12	26	19	59	5	Mar Ligure	290		4.46
3	1993	07	17	10	34	5	Liguria occidentale	336	5	4.34
3-4	1995	04	21	08	02	5	Liguria occidentale	49		4.39
3-4	2001	02	06	22	28	4	Mar Ligure	47	4-5	4.17
3	2001	02	25	18	34	4	Mar Ligure	59		4.44

Fig. 8 – *Terremoti principali risentiti nel territorio comunale di Andora dal 1800 al 2020 (DBMI15; INGV).*

5.1 – MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

Indagini sismiche MASW per la definizione della categoria di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, sono state eseguite dallo scrivente n. 5 indagini sismiche MASW all'interno dell'area in oggetto (Fig. 9 e Tav. 14) attraverso cui è stato possibile calcolare la $V_{s,eq}$ necessaria alla definizione della Categoria di Sottosuolo.



Fig. 9 – *Ubicazione Indagini Sismiche MASW.*

- *INDAGINE SISMICA MASW N.1*

  La stesa n.1 è stata effettuata lungo la strada a monte della A10 "Autostrada dei Fiori", sito in cui è prevista la realizzazione dell'impianto di risalita meccanizzato (Foto 1). Come risulta dall'indagine, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, il sottosuolo di riferimento, nella porzione di pendio in oggetto, appartiene alla **Categoria B.**

  L'indagine ha identificato la seguente sismostratigrafia: ad un primo livello costituito da terreno di riporto, di spessore pari a 2,27 mt e Vs pari a 234,5 m/sec, segue un livello di transizione costituito da riporto grossolano e dalla parte completamente alterata e destrutturata del substrato roccioso, caratterizzato da uno spessore pari a 1,02 mt e da una Vs pari a 397,2 m/sec. Al di sotto è presente il substrato roccioso caratterizzato da una Vs compresa tra 788,7 m/sec e 1002,6 m/sec.

  La $V_{s,EQ}$ è risultata essere, quindi, pari a 499,08 m/sec.



Foto 1 – *Indagine Sismica MASW N.1.*

- *INDAGINE SISMICA MASW N.2*

  La stesa n.2 è stata effettuata nel parcheggio posto sul lato meridionale della borgata (Foto 2).

  Come risulta dall'indagine, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, il sottosuolo di riferimento, nella porzione di pendio in oggetto, appartiene alla **Categoria B.**

L'indagine ha identificato la seguente sismostratigrafia: ad un primo livello costituito da coltre detritica mista alla porzione completamente alterata e detrutturata del substrato roccioso, di spessore pari a 3.43 mt e Vs pari a 387,1 m/sec, segue il substrato roccioso fratturato, caratterizzato da uno spessore pari a 10,03 mt e da una Vs pari a 665,6 m/sec. Al di sotto è presente il substrato roccioso sano caratterizzato da una Vs pari a 1249,2 m/sec.

La $V_{s,EQ}$ è risultata essere, quindi, pari a 562,50 m/sec.



Foto 2 – *Indagine Sismica MASW N.2.*

- *INDAGINE SISMICA MASW N.3*

La stesa n.3 è stata effettuata lungo il sentiero che conduce alla Chiesa dei Santi Giacomo e Filippo, posto sul lato Ovest della Borgata (Foto 3).

Come risulta dall'indagine, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, il sottosuolo di riferimento, nella porzione di pendio in oggetto, appartiene alla **Categoria E.**

L'indagine ha identificato la seguente sismostratigrafia: ad un primo livello costituito da coltre detritica e terreno di riporto, di spessore pari a 1.97 mt e Vs pari a 182,7 m/sec, segue la porzione alterata e fratturata del substrato roccioso, caratterizzata da uno spessore pari a 5,43 mt e da una Vs pari a 433,6 m/sec. Al di sotto è presente il substrato roccioso sano caratterizzato da una Vs pari a 999,0 m/sec.

La $V_{s,EQ}$ è risultata essere, quindi, pari a 317,50 m/sec.



Foto 3 – *Indagine Sismica MASW N.3.*

- *INDAGINE SISMICA MASW N.4*

  La stesa n. 4 è stata effettuata lungo il passaggio tra il Castello di Andora e la Chiesa di San Nicolo (Foto 4).

  Come risulta dall'indagine, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, il sottosuolo di riferimento, nella porzione di pendio in oggetto, appartiene alla **Categoria B.**

  L'indagine ha identificato la seguente sismostratigrafia: ad un primo livello costituito da coltre detritica mista alla porzione superficiale e alterata del substrato roccioso, di spessore pari a 0.88 mt e Vs pari a 333,3 m/sec, segue la porzione alterata e fratturata del substrato roccioso, caratterizzata da uno spessore pari a 16,43 mt e da una Vs pari a 575,2 m/sec. Al di sotto è presente il substrato roccioso sano caratterizzato da una Vs pari a 991,8 m/sec.

  La $V_{s,EQ}$ è risultata essere, quindi, pari a 554,75 m/sec.



Foto 4 – *Indagine Sismica MASW N.4.*

- *INDAGINE SISMICA MASW N.5*

  La stesa n. 5 è stata effettuata nel sito in cui è prevista la realizzazione dei parcheggi pubblici a servizio del borgo (Foto 5).

  Come risulta dall'indagine, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, il sottosuolo di riferimento, nella porzione di pendio in oggetto, appartiene alla **Categoria B.**

  L'indagine ha identificato la seguente sismostratigrafia: ad un primo livello costituito da terreno di riporto, di spessore pari a 1,63 mt e Vs pari a 251,9 m/sec, segue uno strato formato da coltre detritica mista alla porzione completamente alterata e destrutturata del substrato roccioso, caratterizzata da uno spessore pari a 3,45 mt e da una Vs pari a 367,6 m/sec. Successivamente è presente la porzione alterata e fratturata del substrato roccioso, di spessore pari a 9,42 mt e Vs pari a 480.5 m/sec. Al di sotto è presente il substrato roccioso sano caratterizzato da una Vs pari a 995,4 m/sec.

  La $V_{s,EQ}$ è risultata essere, quindi, pari a 408,94 m/sec.



Foto 5 – *Indagine Sismica MASW N.5.*

Categorie di sottosuolo

In base ai risultati ottenuti dalle indagini sismiche MASW e dal rilevamento di terreno è possibile definire aree omogenee per quanto riguarda la categoria di sottosuolo (Fig.6): ***Categoria di Sottosuolo B*** (Verde); ***Categoria di Sottosuolo C*** (Giallo); ***Categoria di Sottosuolo E*** (Arancione).



Fig. 6 – *Ubicazione* a*ree con diverse categorie di sottosuolo. Categoria B (Verde); Categoria C (Giallo); Categoria E (Arancione).*

Categoria	Descrizione
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 fine mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 mt, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori della 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 30m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori di Velocità Equivalente compresi tra 100 m/s 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 30m.*

Condizioni topografiche

Il rilievo su cui sorge la borgata presenta versanti con pendenze comprese tra 27% e 55%, corrispondenti ad angoli di pendio compresi tra 15° e 28°, a cui è assegnata la **Categoria T2**. Le porzioni pianeggianti o debolmente inclinate poste ai piedi del rilievo appartengono alla **Categoria T1** (Fig. 7) .

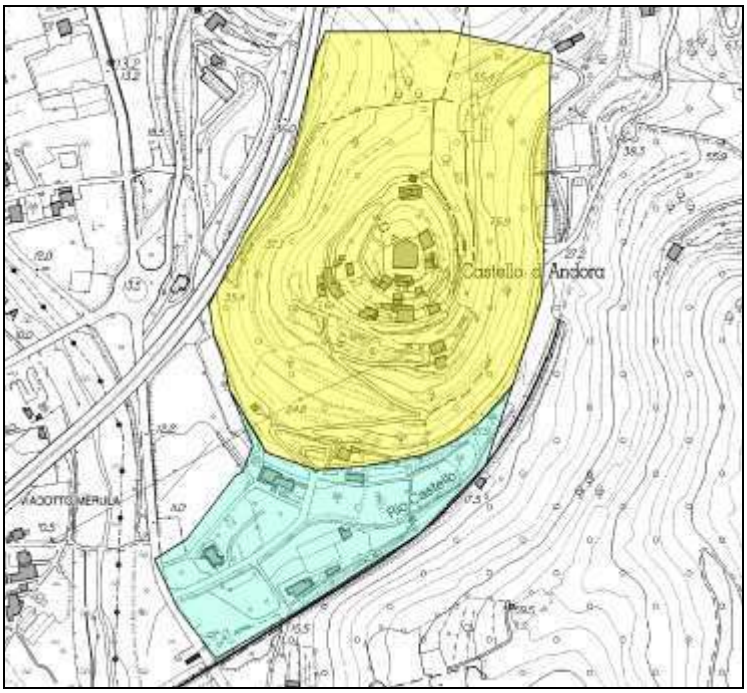


Fig. 7 – *Ubicazione* a*ree con diverse categorie topografiche. Categoria T1 (Azzurro) e Categoria T2 (Giallo).*

Categoria	Caratteristiche delle superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°
T2	Pendii con inclinazione media i >15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

Spettro di risposta elastico in accelerazione

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per l'accelerazione massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Nella definizione dello spettro di risposta elastico della componente orizzontale interviene il fattore S, coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione $S=S_S \cdot S_T$, essendo S_S il coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_T il coefficiente di amplificazione topografica. Sempre nella medesima definizione interviene il fattore T_C, che è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da $T_C = C_C \cdot T^*_C$ dove T^*_C è il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale e C_C è un coefficiente funzione della categoria del suolo.

Amplificazione stratigrafica

Categoria sottosuolo	Ss	Cc
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot A_g/g \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T^*_C)^{-20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot A_g/g \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T^*_C)^{-33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot A_g/g \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T^*_C)^{-50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot A_g/g \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T^*_C)^{-40}$

Dove F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido, ed ha valore minimo pari a 2,2, e g è l'accelerazione di gravità

Amplificazione topografica

In funzione delle categorie topografiche, per tener conto delle condizioni topografiche i valori del coefficiente topografico S_T sono i seguenti:

Categoria topografica	Ubicazione opera intervento	S_T
T1	-	1,00
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale

I valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale sono i seguenti:

Categoria sottosuolo	S_S	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Dove T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante ($T_B = T_C/3$) e T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro ($T_D = 4{,}0 \cdot a_g/g + 1{,}6$)

Spettro di risposta elastico in spostamento delle componenti orizzontali

Nel calcolo dello spettro di risposta elastico in spostamento delle componenti orizzontale entrano in gioco i parametri T_E e T_F: i loro valori sono i seguenti:

Categoria sottosuolo	T_E [s]	T_F [s]
A	4,5	10,0
B	5,0	10,0
C, D, E	6,0	10,0

6 – DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Il P.U.O. prevede la realizzazione di interventi volti alla rigenerazione e riqualificazione della Borgata Castello del Comune di Andora (Tavv. 13).

Le opere previste possono essere così riassunte:

- Recupero degli edifici allo stato di rudere;
- Realizzazione di parcheggi pertinenziali;
- Sistemazione dell'area a verde attrezzata sul lato ovest del borgo;
- Restauro e valorizzazione degli edifici di interesse comune ("Paraxo" / Chiesa di S.S. Giacomo e Filippo/Oratorio dei S.S. Nicolà e S. Sebastiano/Porta Nord "Torre"/Fontana Medievale);
- Realizzazione di parcheggi pubblici a servizio del borgo;
- Realizzazione di impianto di risalita meccanizzato;
- Realizzazione/Ripristino selciati, rete fognaria, acquedotto, impianto P.I., recinzioni;
- Realizzazione centro informazioni e promozione turistica;
- Recupero edifici allo stato di rudere;
- Riqualificazione aggregati residenziali;
- Recupero ulteriori edifici allo stato di rudere nella zona a nord del borgo;
- Riqualificazione viabilità veicolare di collegamento;
- Implementazione connettività digitale del borgo: cablaggio fibra ottica.
- Realizzazione nuovo tracciato veicolare di connessione al borgo;
- Realizzazione giardino archeologico a nord del borgo;
- Giardino Botanico;
- Realizzazione parco tematico agricolo

Di seguito si riportano le prescrizioni di tipo geologico tecnico da osservare in fase di progettazione definitiva-esecutiva.

6.1 – PRESCRIZIONI DI CARATTERE GEOLOGICO-TECNICO RELATIVE AGLI INTERVENTI PREVISTI DA ATTUARSI IN FASE DEFINITIVA-ESECUTIVA

- ***INDAGINI INTEGRATIVE***

  La progettazione esecutiva dei vari interventi dovrà essere preceduta da indagini integrative (commisurate al singolo intervento) volte ad approfondire la caratterizzazione geologico-tecnica qualitativa e quantitativa del sottosuolo per consentire la scelta delle soluzioni progettuali più adatte, per eseguire i calcoli di verifica e per definire i procedimenti

costruttivi. Tali indagini potranno essere sia di tipo diretto sia indiretto e dovranno essere volte a caratterizzare sismicamente il suolo (MASW, Rifrazione, sismica in foro, …) e a determinare la stratigrafia e i parametri geotecnici del terreno (rilievo di campagna dettagliato, sondaggi geognostici, prove SPT, …).

La validità delle ipotesi di progetto dovrà essere verificata durante l'esecuzione dei lavori, considerando, oltre ai dati raccolti in fase di progettazione, anche quelli ottenuti con misure ed osservazioni effettuate in cantiere (mediante la direzione lavori dal punto di vista geologico-tecnico). Al fine di adeguare, eventualmente, l'opera alle situazioni riscontrate, le indagini e le operazioni di rilievo di campagna dovranno essere mirate a:

a) Valutare il grado di stabilità di eventuali fronti di scavo previsti dal progetto;
b) Fornire allo strutturista i parametri geotecnici necessari al calcolo della portanza e comprimibilità del terreno di fondazione;
c) Indicare la tipologia delle opere di fondazione delle opere previste;
d) Verificare la stabilità di eventuali rilevati.

- ***METODI DI SCAVO***

Gli scavi interesseranno le diverse tipologie di terreno individuate durante le indagini eseguite dallo scrivente, ovvero: substrato roccioso torbiditico, coltre detritica eluvio-colluviale, terreno di riporto e depositi alluvionali.

Ogni singolo fronte dovrà essere soggetto a verifica di stabilità al fine di individuare le modalità di scavo più idonee ad operare in sicurezza.

Le verifiche di stabilità degli stessi dovranno essere effettuate secondo quanto previsto dalla normativa tecnica e sismica vigente.

Dovrà essere esaminata l'influenza dello scavo sul regime delle acque superficiali e sotterranee dell'area interessata, valutando accorgimenti necessari a garantire l'impermeabilizzazione nel tempo di eventuali manufatti seminterrati e interrati. E' consigliabile inoltre allestire, nella zona immediatamente a monte dei fronti e prima dell'esecuzione, una rete di raccolta delle acque superficiali necessaria ad evitare che queste possano andare ad interferire con gli scavi in via di esecuzione.

- ***REGIMAZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE***

In fase di progetto esecutivo saranno necessarie opere per la corretta disciplina delle acque superficiali ricadenti sull'area d'intervento: dovranno essere realizzati sistemi di regimazione sia lungo le strade e le vie della borgata sia sulle coperture degli edifici con lo scopo di raccogliere,

incanalare ed allontanare le acque di origine meteorica verso le naturali linee di deflusso presenti nella zona (Es: Rio Castello).

Per quanto riguarda le acque sotterranee, durante le operazioni di rilievo svolte dallo scrivente non è stata verificata la presenza di una falda freatica a quota tale da poter interferire con la tipologia di opere previste dalla variante in oggetto: la morfologia dei luoghi non consente l'accumulo di acque sotterranee nei livelli più superficiali del terreno.

Per proteggere eventuali strutture interrate da possibili infiltrazioni d'acqua in occasione di eventi meteorici di particolare intensità e/o durata sarà comunque necessaria la realizzazione di intercapedini e/o messa in opera di idonei sistemi di impermeabilizzazioni all'esterno dei muri contro terra.

I muri di contenimento che saranno ripristinati o realizzati ex novo dovranno essere dotati di opportuno drenaggio a tergo e di barbacani.

- ***UTILIZZO DEI MATERIALI DERIVANTI DAGLI SCAVI***

Il materiale derivante dagli scavi non conterrà inquinanti o rocce verdi e potrà essere abbancato provvisoriamente, in quantità e secondo modalità concordate con gli enti competenti, in prossimità dell'area d'intervento. Al termine dei lavori potrà essere utilizzato in sito per la sistemazione finale dell'area (terre di scavo): le eccedenze dovranno essere conferite ad idonea discarica o a sito di riutilizzo (secondo quanto prevede la normativa vigente).

- ***FONDAZIONI***

Le fondazioni dei manufatti esistenti e di quelli in progetto dovranno insistere terreni aventi una omogenea reazione alle sollecitazioni imposte dai carichi di esercizio.

La tipologia di fondazione sarà valutata in fase esecutiva a seguito di una verifica puntuale delle caratteristiche geotecniche del terreno.

La valutazione della pressione ammissibile dovrà essere effettuata mediante la scelta di metodologie di calcolo idonee a seconda della stratigrafia del terreno e del tipo di fondazione scelto.

7 – CONCLUSIONI

Gli interventi saranno compatibili con le prescrizioni relative alle Norme del Piano di Bacino del Merula e del P.U.C. approvato.

Dai rilievi e dalle analisi svolte non si evidenziano problematiche di origine geologica che possano andare in contrasto con gli interventi previsti.

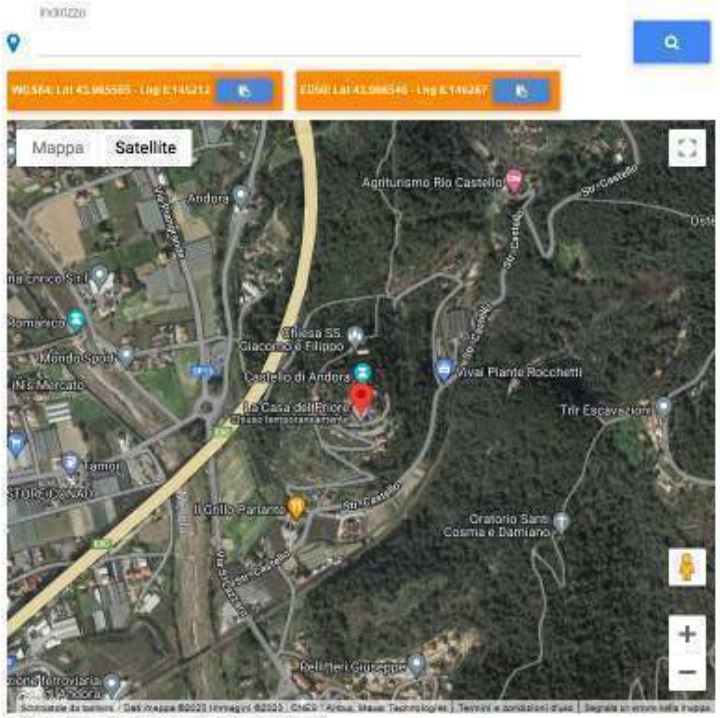
In fase di progettazione definitiva-esecutiva dei vari interventi si dovranno seguire le prescrizioni di carattere geologico-tecnico impartite nella presente relazione.

Dal punto di vista geologico gli interventi previsti risultano fattibili.

Albenga, Marzo 2023

Il Tecnico

Dott. Geol. Michele Volpati



Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.025	2.509	0.181
Danno (SLD)	50	0.036	2.580	0.206
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.141	2.422	0.284
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.192	2.459	0.299
Periodo di riferimento per l'azione sismica	50			

Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

H (m): 1 — us (m): 0.1

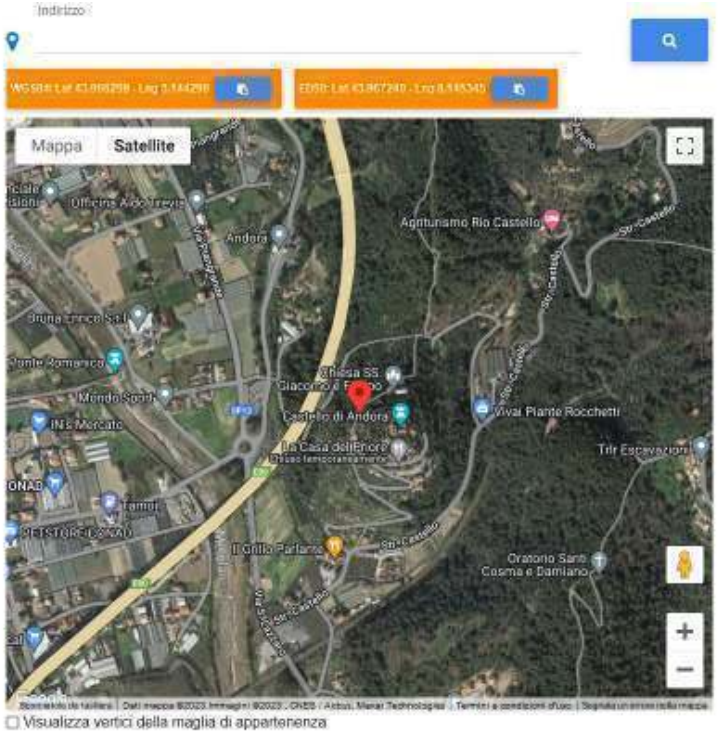
Cat. Sottosuolo: B

Cat. Topografica: T2

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,55	1,51	1,41	1,40
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.007	0.010	0.049	0.066
kv	0.004	0.005	0.024	0.033
Amax [m/s²]	0.356	0.510	1.989	2.707
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240



Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F0	T_C^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.025	2.509	0.181
Danno (SLD)	50	0.036	2.580	0.206
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.141	2.422	0.284
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.192	2.459	0.299
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

H (m): 1 — us (m): 0.1

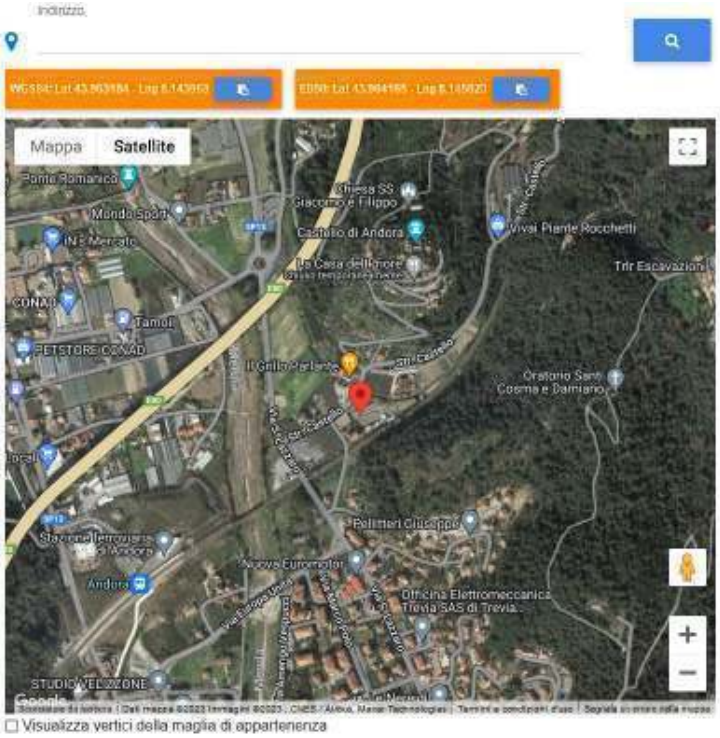
Cat. Sottosuolo: E

Cat. Topografica: T2

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,60	1,60	1,60	1,48
CC Coeff. funz categoria	2,28	2,17	1,90	1,86
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] — 0.5

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.010	0.014	0.065	0.082
kv	0.005	0.007	0.032	0.041
Amax [m/s²]	0.474	0.680	2.653	3.339
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240



Stati limite

Classe Edificio: II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F0	Tc^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.025	2.511	0.181
Danno (SLD)	50	0.036	2.561	0.206
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.141	2.422	0.285
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.192	2.459	0.299
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

H (m): 1 — us (m): 0.1

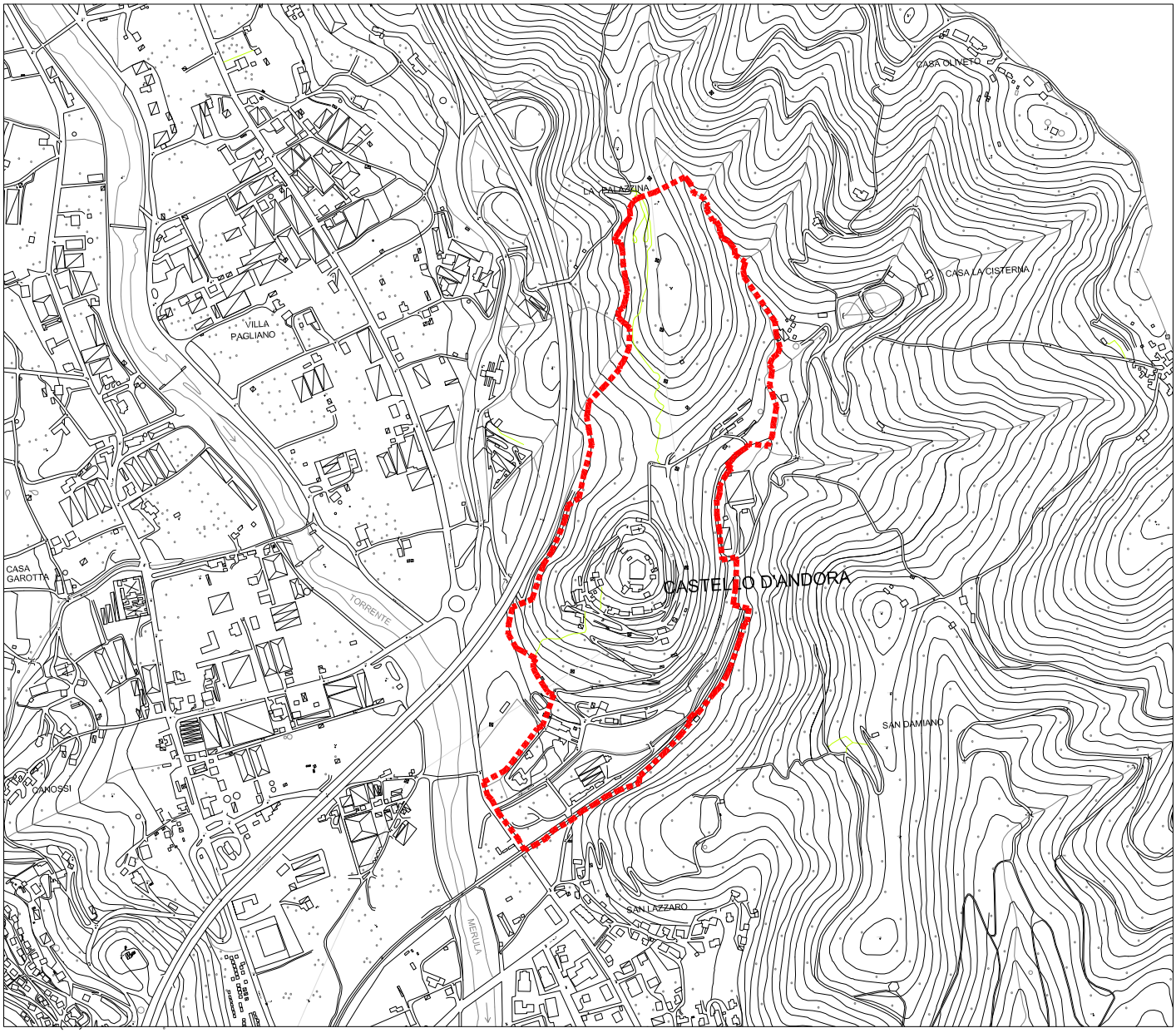
Cat. Sottosuolo: C

Cat. Topografica: T1

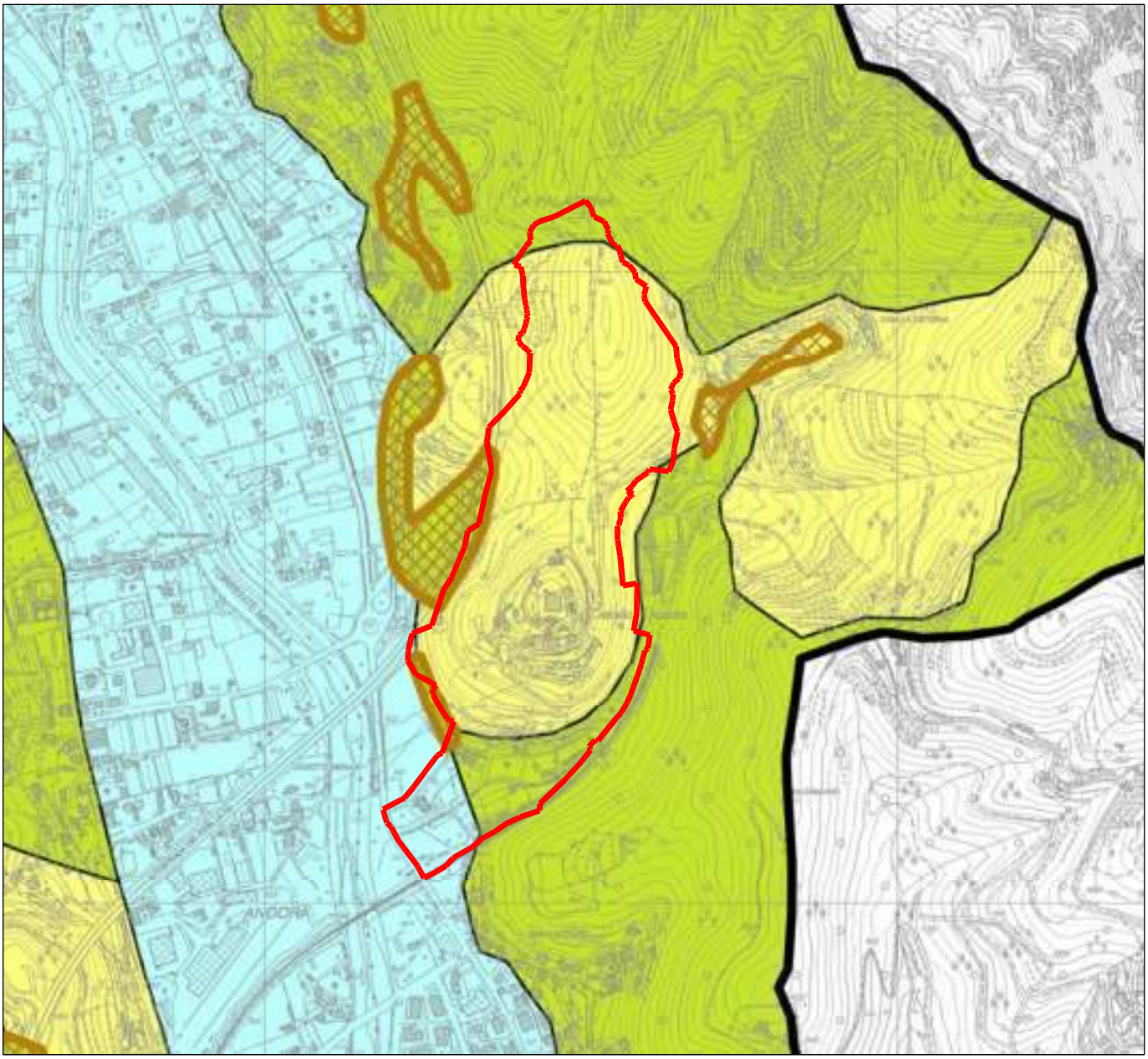
	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,49	1,42
CC Coeff. funz categoria	1,85	1,77	1,59	1,56
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

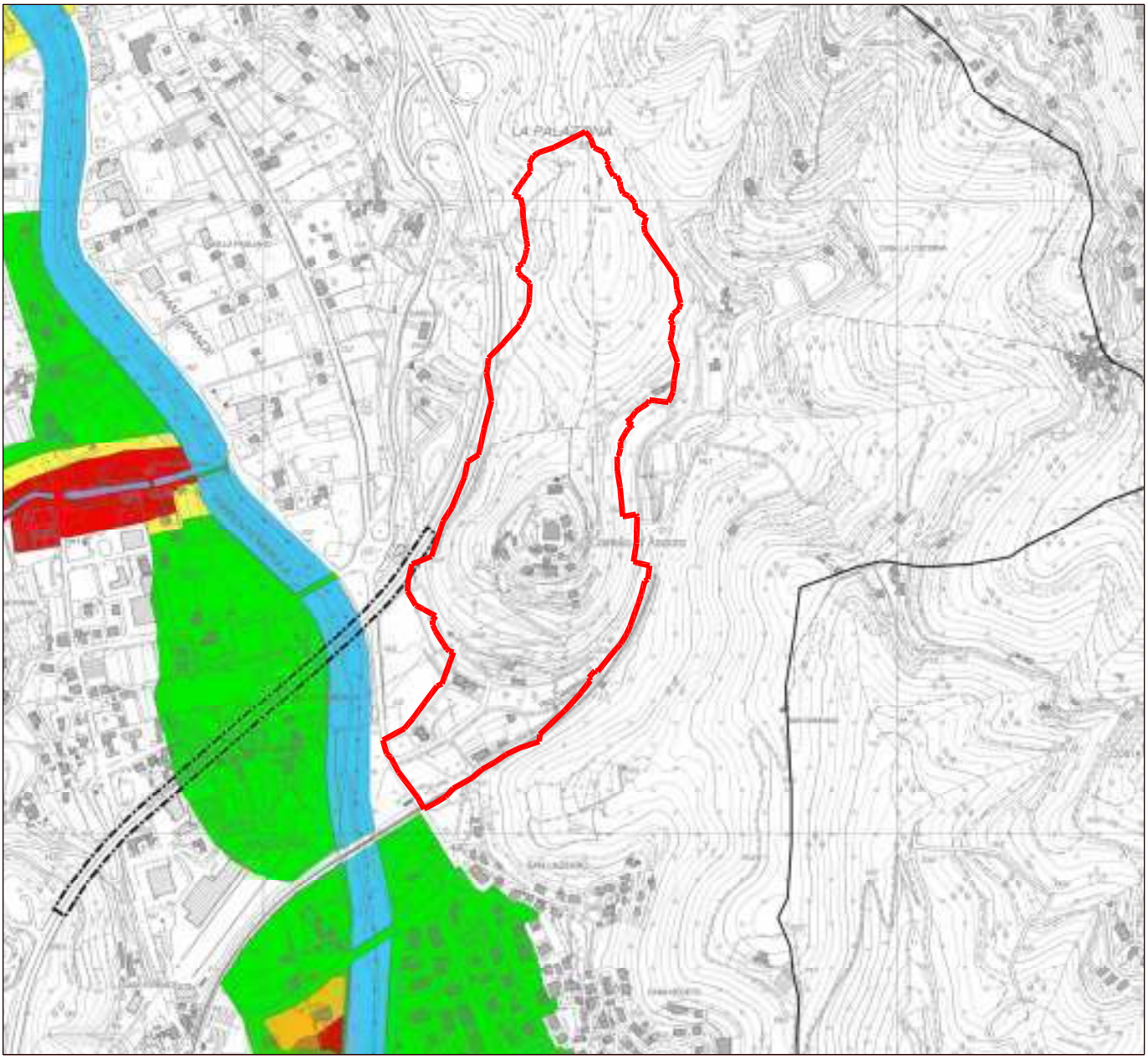
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.008	0.011	0.051	0.066
kv	0.004	0.005	0.025	0.033
Amax [m/s²]	0.371	0.532	2.065	2.677
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240



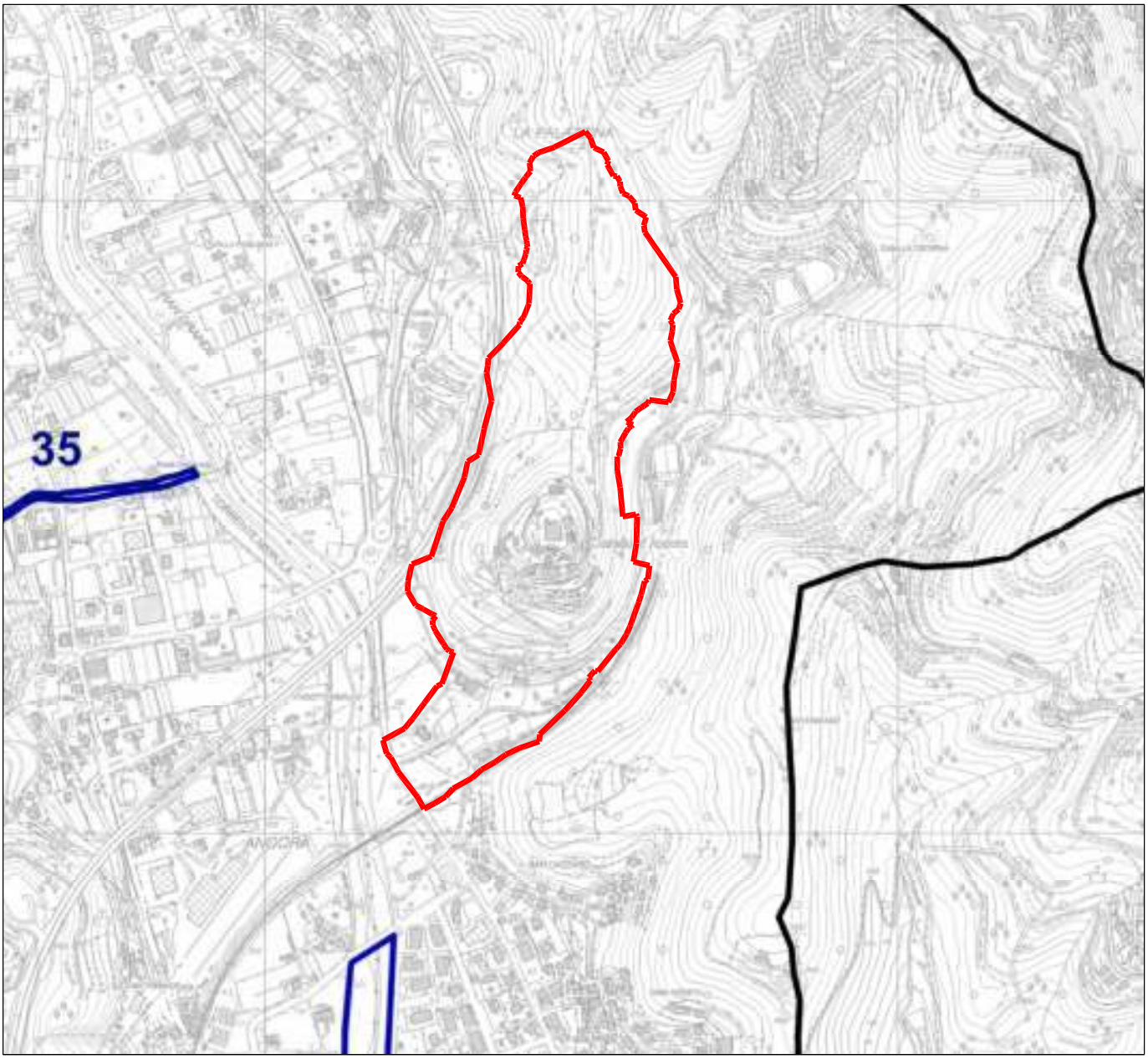
TAV. 1
STRALCIO C.T.R REGIONE LIGURIA
con ubicazione area di studio
(scala 1:10.000)



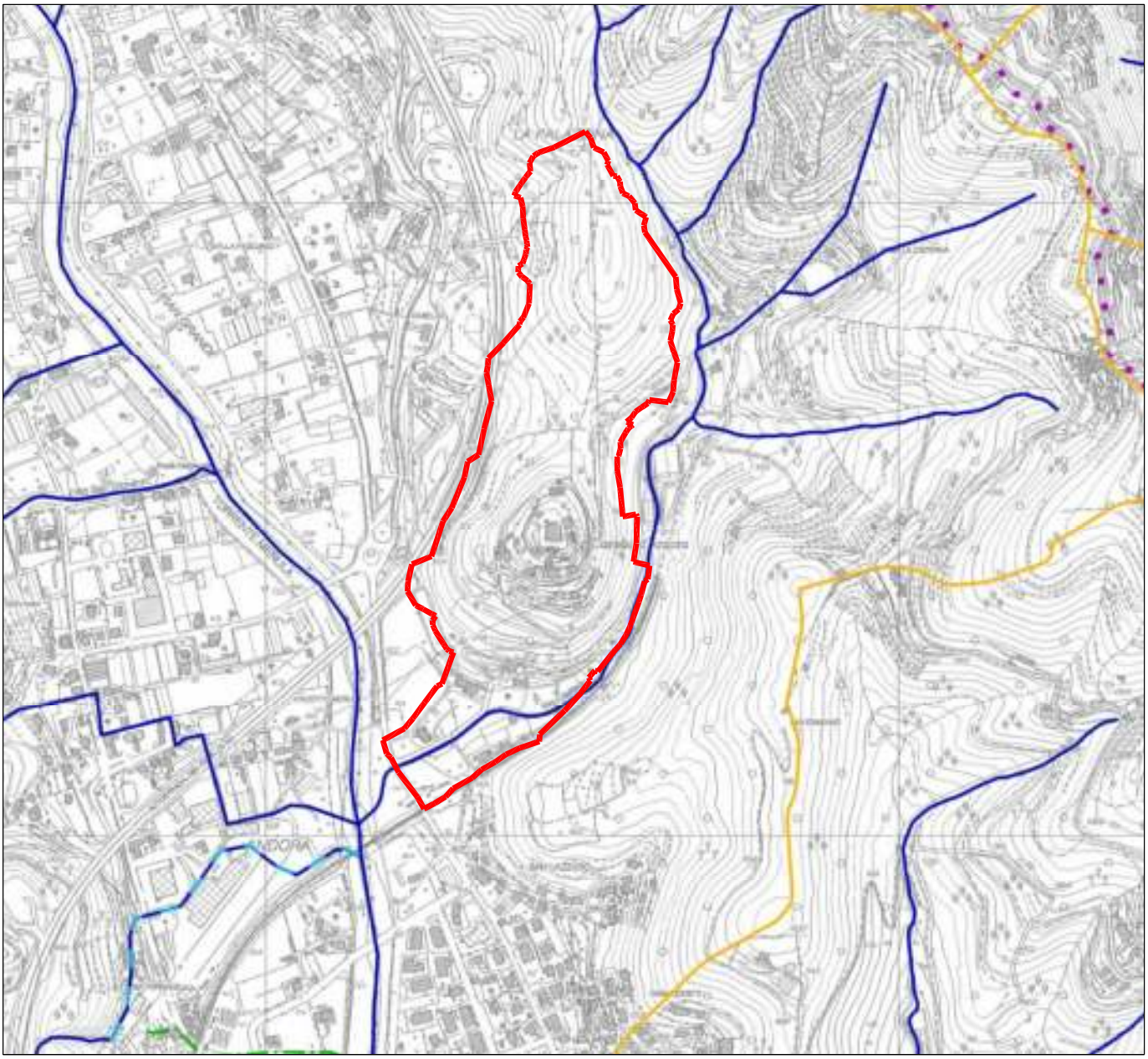
TAV. 2
STRALCIO CARTA DELLA SUSCETTIVITA' AL DISSESTO
(scala 1:10.000)



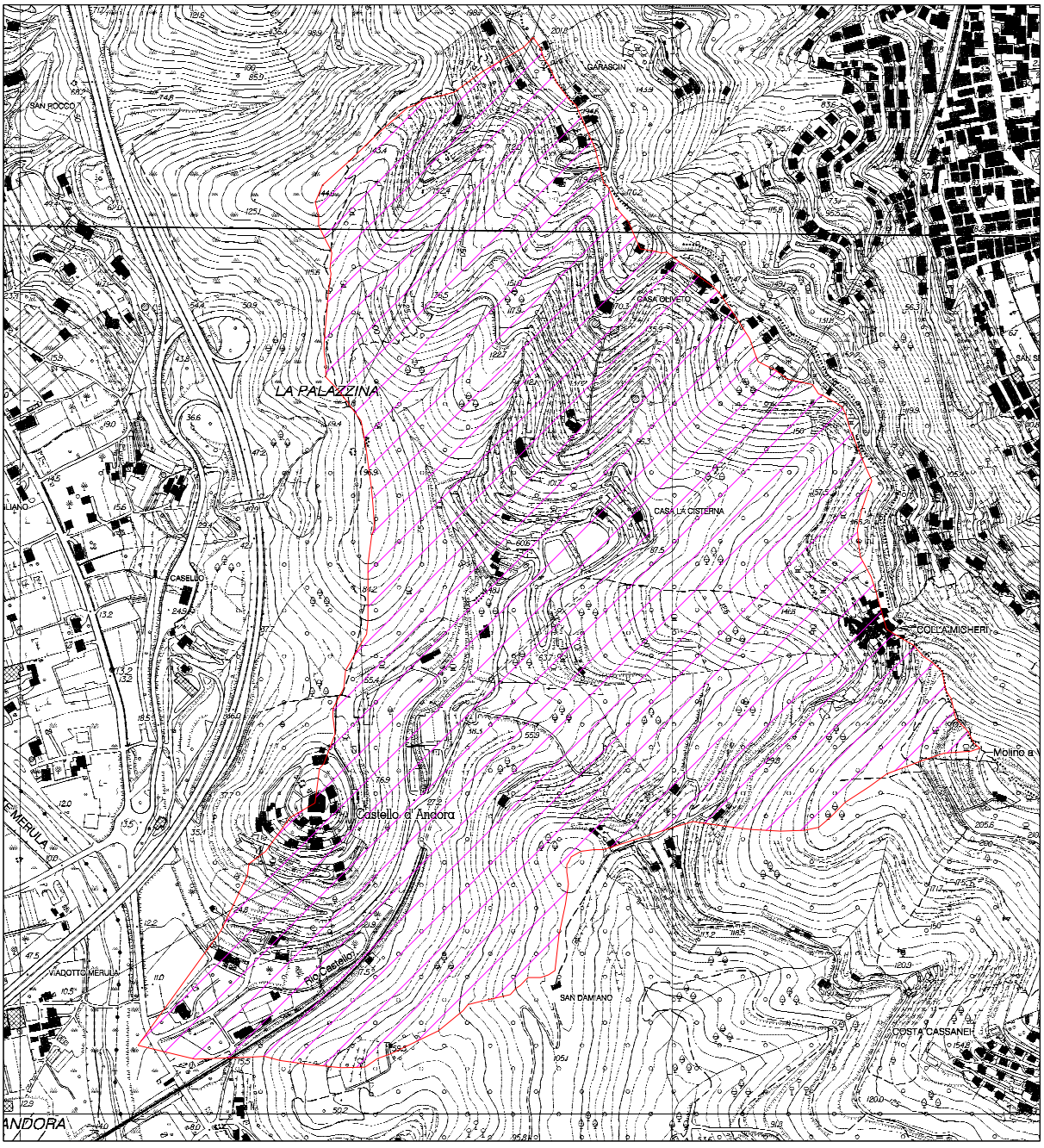
TAV. 3
STRALCIO CARTA DELLE FASCE DI INONDABILITA' E DEGLI AMBITI NORMATIVI
(scala 1:10.000)



TAV. 4
STRALCIO CARTA DEGLI INTERVENTI
(scala 1:10.000)



TAV. 5
STRALCIO CARTA DEL RETICOLO IDROGRAFICO REGIONALE
(scala 1:10.000)

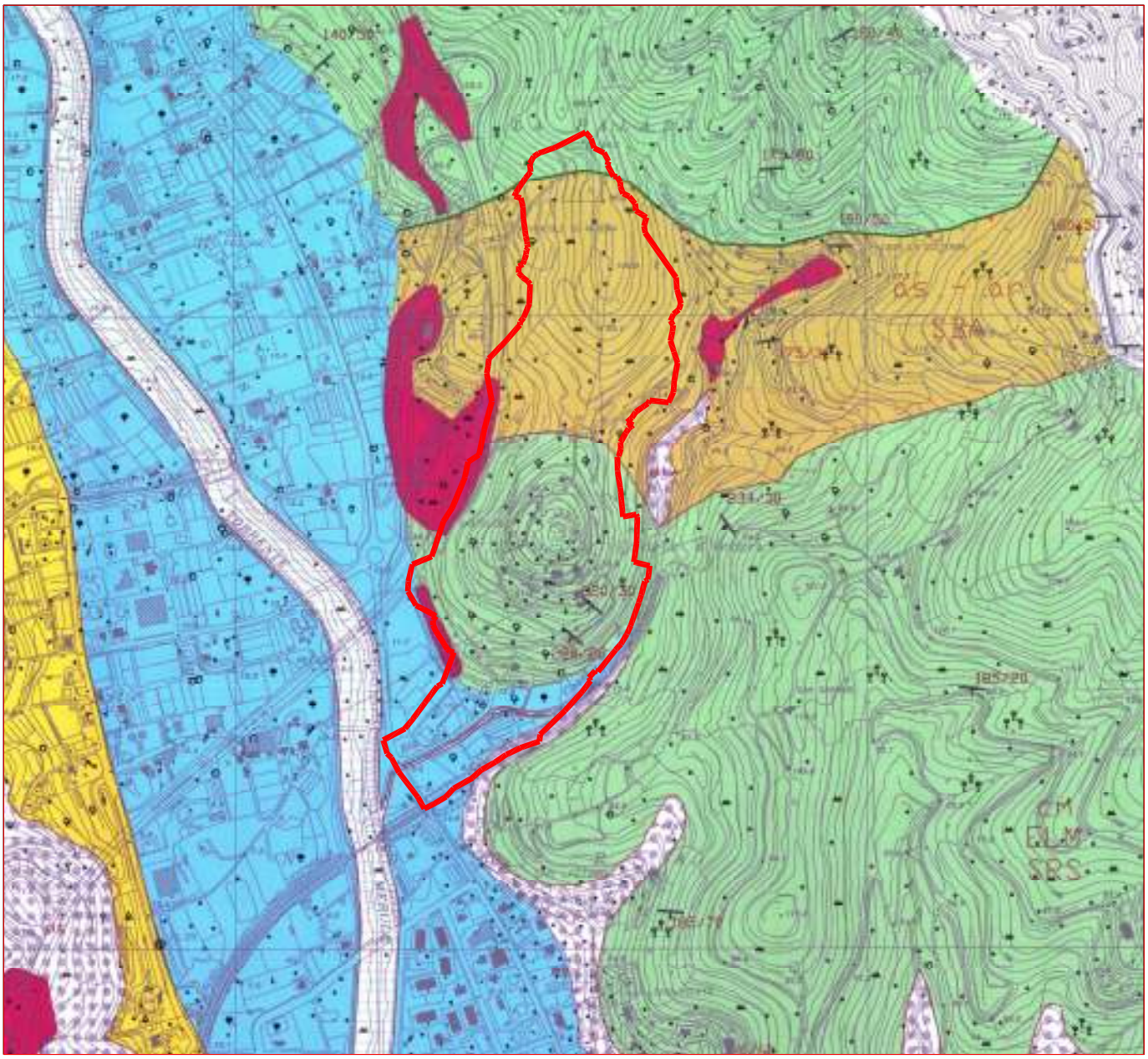


AREA BACINO: 0.96 Kmq

TAV. 6

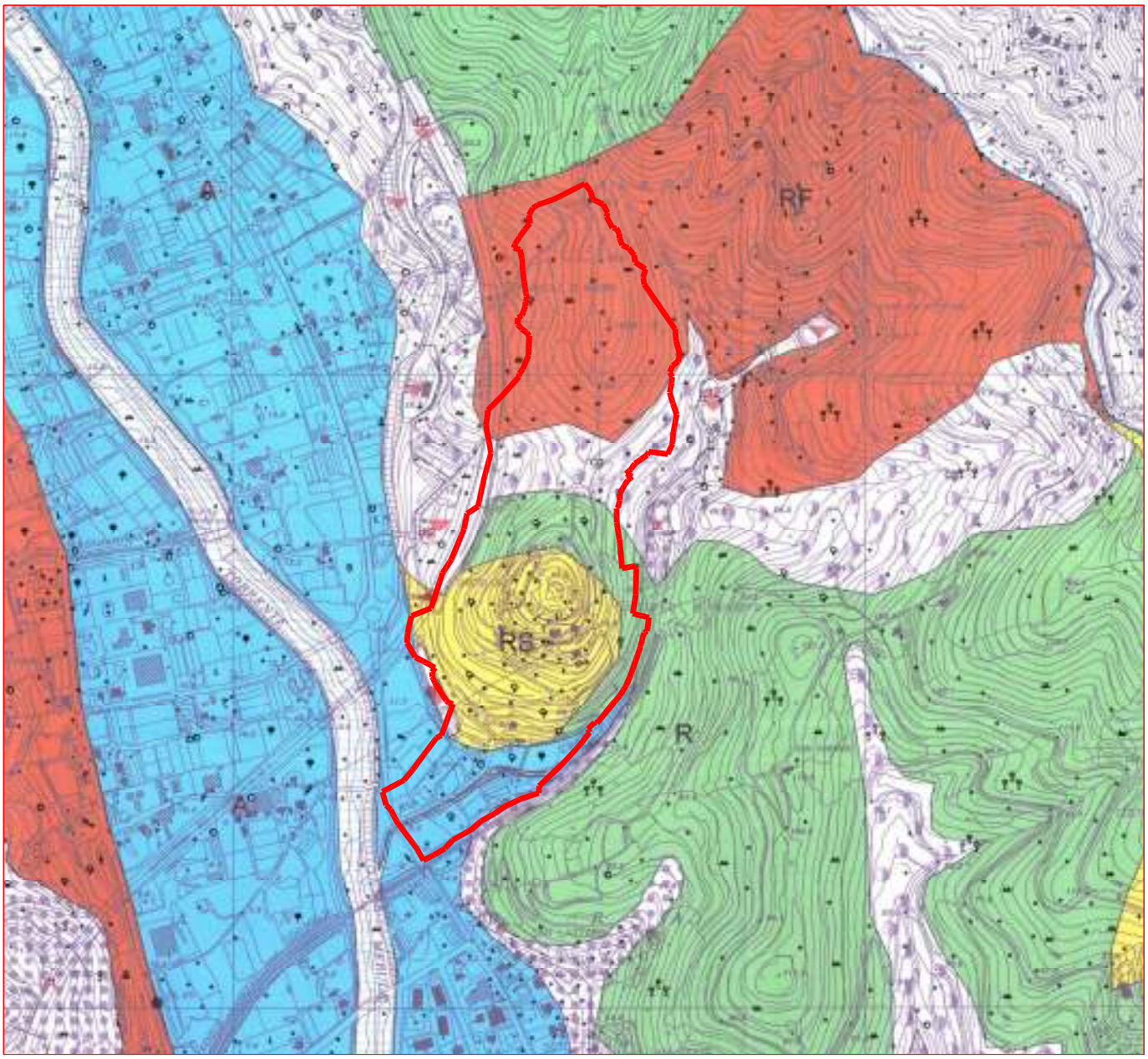
SUPERFICIE BACINO PER CLASSIFICAZIONE CORSO D'ACQUA

(scala 1:10.000)





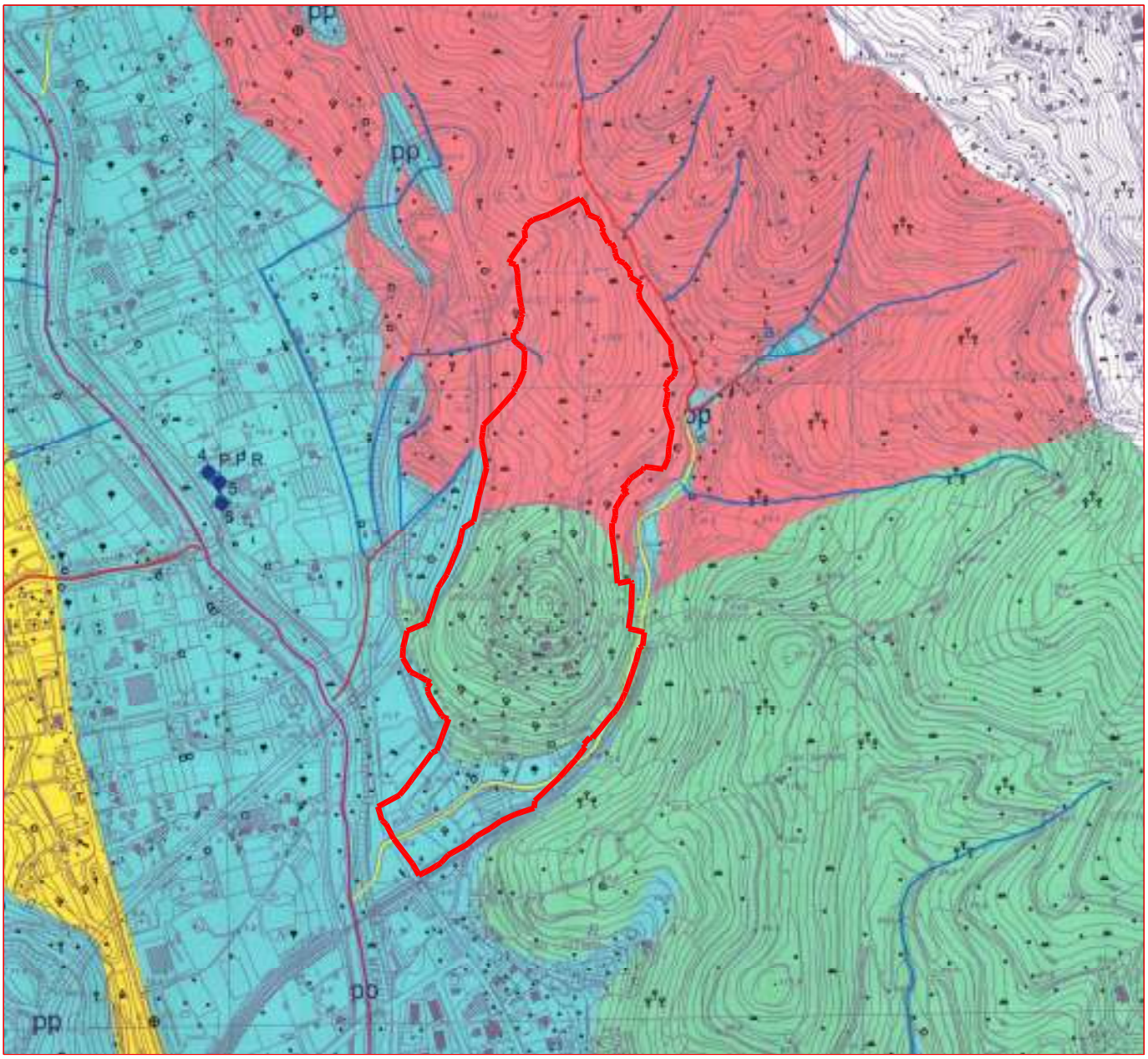
TAV. 7
STRALCIO CARTA GEOLITOLOGICA
DEL P.U.C. DI ANDORA
(scala 1:10.000)



LEGENDA

- Riporti
- (dt) coltri di spessore > 3 m.
- (cg) coltri di spessore 1 - 3 m.
- (A) Depositi alluvionali
- R: roccia in buone condizioni di conservazione con strutture favorevoli e/o indifferenti rispetto al pendio
- RS: roccia in buone condizioni di conservazione con strutture sfavorevoli rispetto al pendio
- RF (1,2,3,4): roccia affiorante in cattive condizioni: (1) fessurata; (2) micro e macro fratturata; (3) foglettata e scistosa; (4) cataclasata

TAV. 8
STRALCIO CARTA GEOMORFOLOGICA DEL P.U.C. DI ANDORA
(scala 1:10.000)

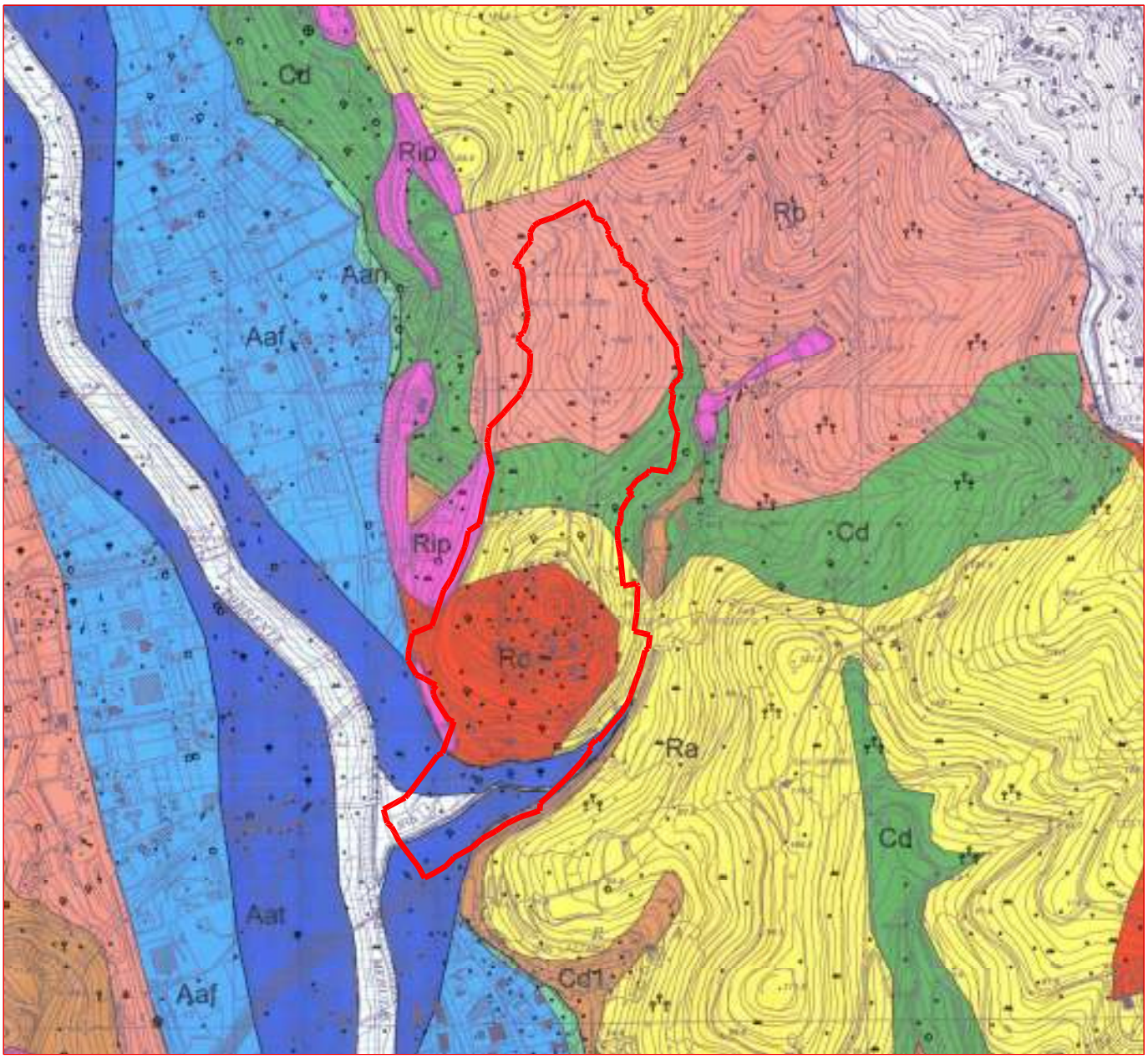


LEGENDA

CLASSI DI PERMEABILITA'

PP	PERMEABILITA' PER POROSITA'
PF, PFcar	PERMEABILITA' PER FRATTURAZIONE PERMEABILITA' PER FRATTURAZIONE E/O CARSISMO
SP	SEMIIMPERMEABILE
IM	IMPERMEABILE

TAV. 9
STRALCIO CARTA IDROGEOLOGICA DEL P.U.C. DI ANDORA
(scala 1:10.000)



LEGENDA

(Aat) Aree pianeggianti con alluvioni attuali e recenti a granulometria prevalentemente grossolana
Amplificazione sismica elevata

(Cd) Aree in versante con coltri detritiche di spessore compreso tra 1 e 3 m
Amplificazione sismica locale media

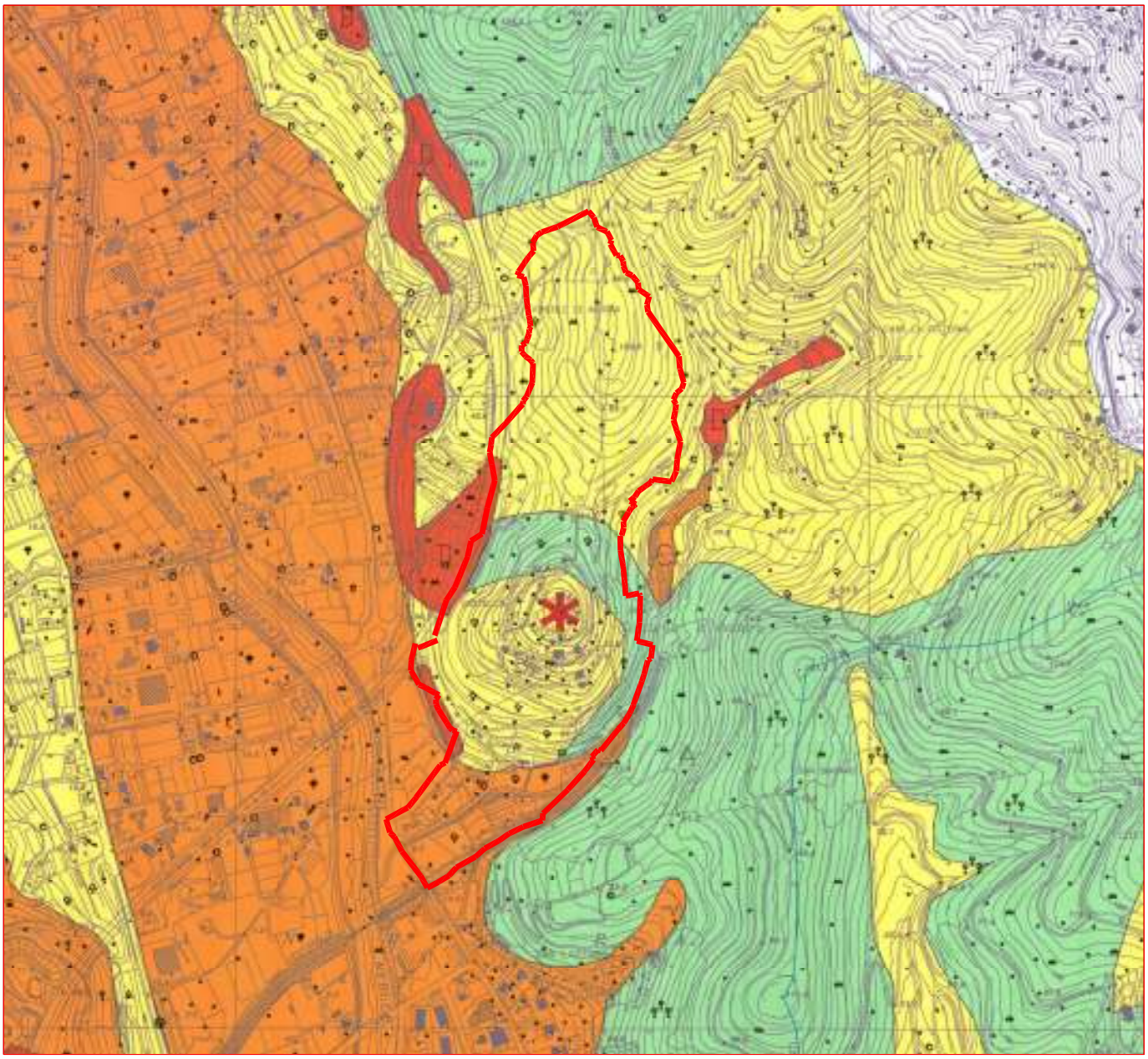
(Rip) Riporti incoerenti e/o a granulometria grossolana
Amplificazione sismica molto elevata

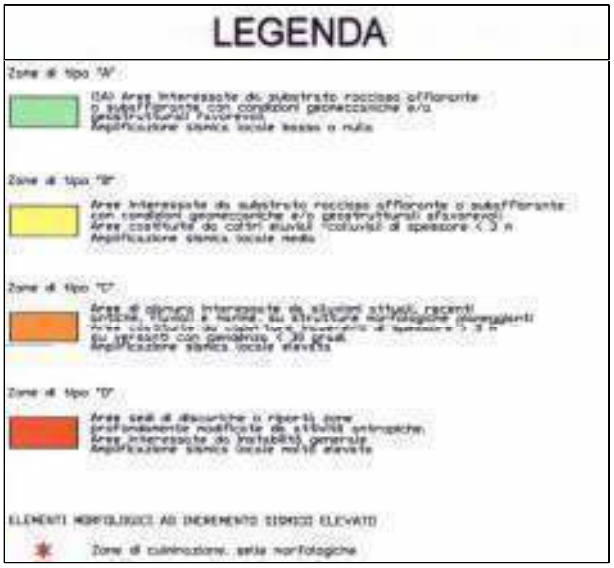
(Ra) Area in versante con roccia affiorante o subaffiorante con giacitura positiva e caratteristiche geomeccaniche discrete
Amplificazione sismica locale bassa o nulla

(Rb) Area in versante con roccia affiorante o subaffiorante con giacitura positiva e caratteristiche geomeccaniche scadenti
Amplificazione sismica locale media

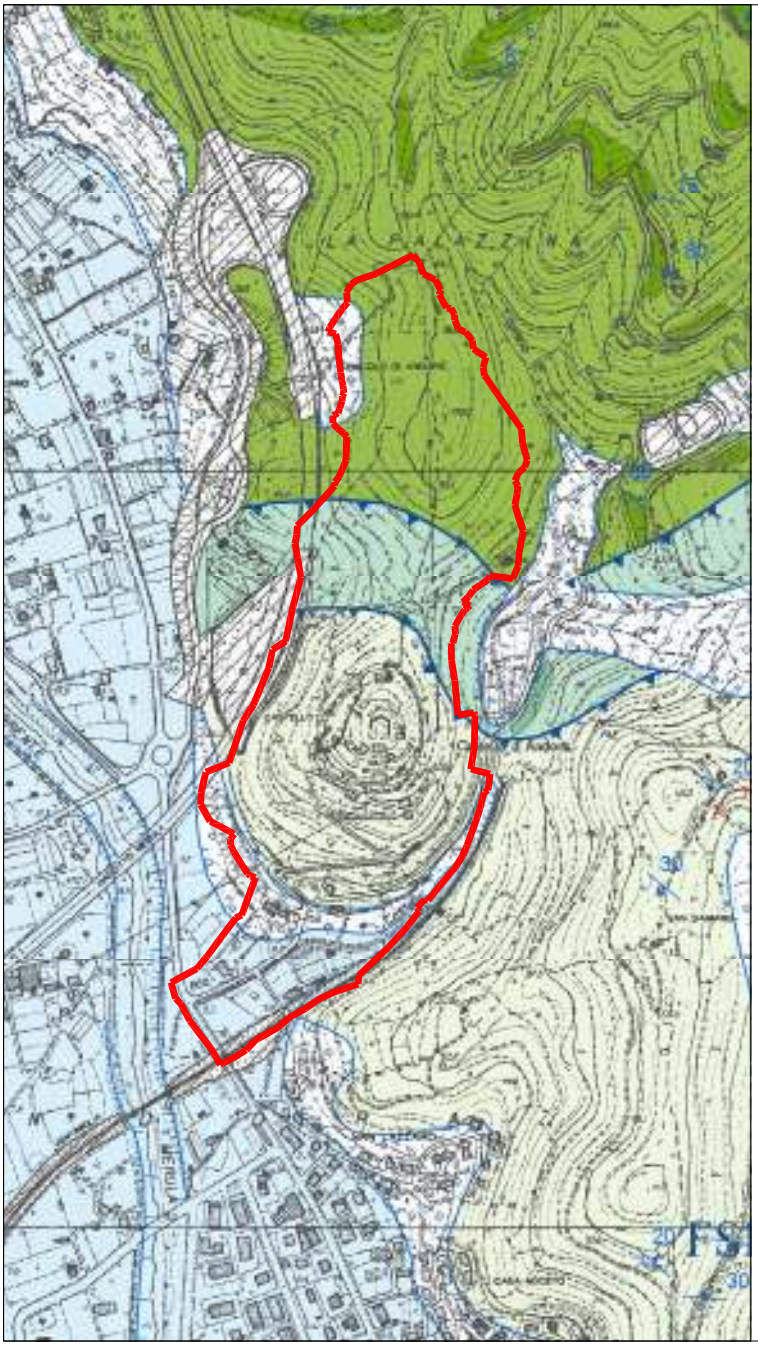
(Rc) Aree in versante con roccia affiorante o subaffiorante con stratificazione "a franapoggio" rispetto al pendio
Amplificazione sismica locale media

TAV. 10
STRALCIO CARTA GEOTECNICA DEL P.U.C. DI ANDORA
(scala 1:10.000)





TAV. 11
STRALCIO CARTA DI ZONAZZIONE GEOLOGGICO TECNICA IN PROSPETTIVA SISMICA P.U.C. DI ANDORA
(scala 1:10.000)



LEGENDA

Sovrasimboli delle formazioni superficiali

Deposito antropico

b2 — **Coltre eluvio colluviale**
Coperture detritiche di spessore medio elevato dovute ad alterazione in situ e in seguito mobilizzate da processi di versante, costituite da clasti eterometrici di varia litologia in matrice pelitica e/o sabbioso ghiaiosa.
OLOCENE

b — **Depositi alluvionali**
Depositi ciottolosi, ghiaiosi e/o sabbiosi accumulati lungo le principali aste torrentizie, soggetti ad evoluzione per processi fluviali attuali.
OLOCENE

UNITA' TETTONICA SAN REMO - M. SACCARELLO

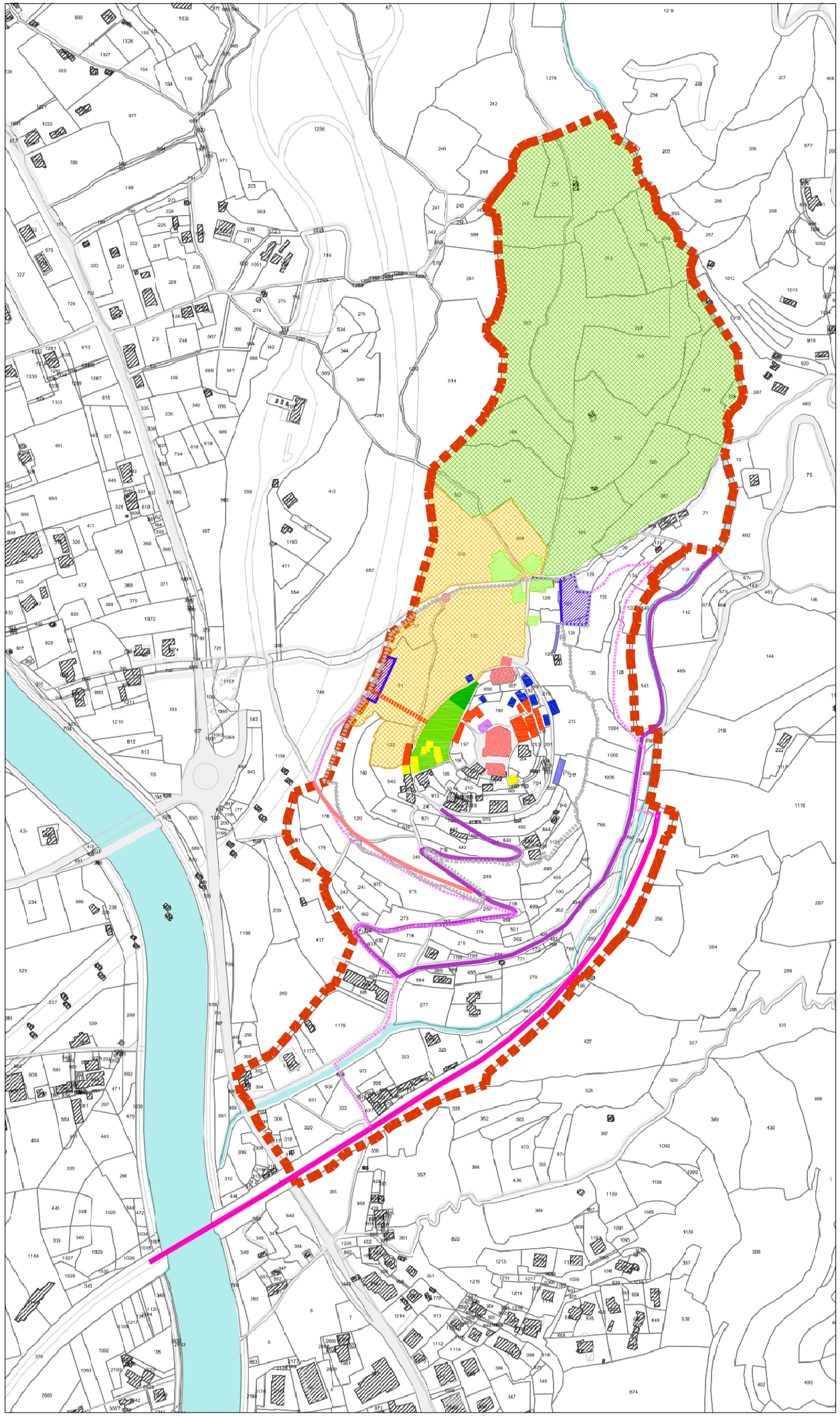
FSM_1 — **FLYSCH DI SAN REMO**
Marne e arenarie calcaree costituenti potenti strati torbiditici, organizzati in sequenze positive, con porzione sommitale calcilutitica; presenza di rari strati arenaceo-argillitici (FSM_1; Membro di"Capo Mele").
CAMPANIANO SUP. - MAASTRICHTIANO INF.

SBA_b — **FORMAZIONE DI SAN BARTOLOMEO**
Alternanze ritmiche di peliti manganesifere grigio-verdastre e più rare siltiti con diffuse spalmature di ossidi metallici, sostituite da areniti fini; presenti subordinati strati centimetrici siliceo-argillosi rossi e grigi (SBA_b;Litozona delle"Peliti manganesifere").
HAUTERUVIANO SUP. - CAMPANIANO SUP.

UNITA' TETTONICA MOGLIO-TESTICO

TES_2 — **FORMAZIONE DI TESTICO**
Alternanze ritmiche di areniti quarzoso-micacee da grossolane a medio-fini, gradate, con intercalazioni di calcilutiti in strati sottili e di peliti più o meno siltose. Non rare le intercalazioni di calcari marnosi e marne (TES_2: Membro di "Cesio"-Foglio 244-"Ormea).
TURONIANO SUP.

TAV. 12
STRALCIO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (CARG)
FOGLIO 259 IMPERIA
(scala 1:10.000)



LEGENDA

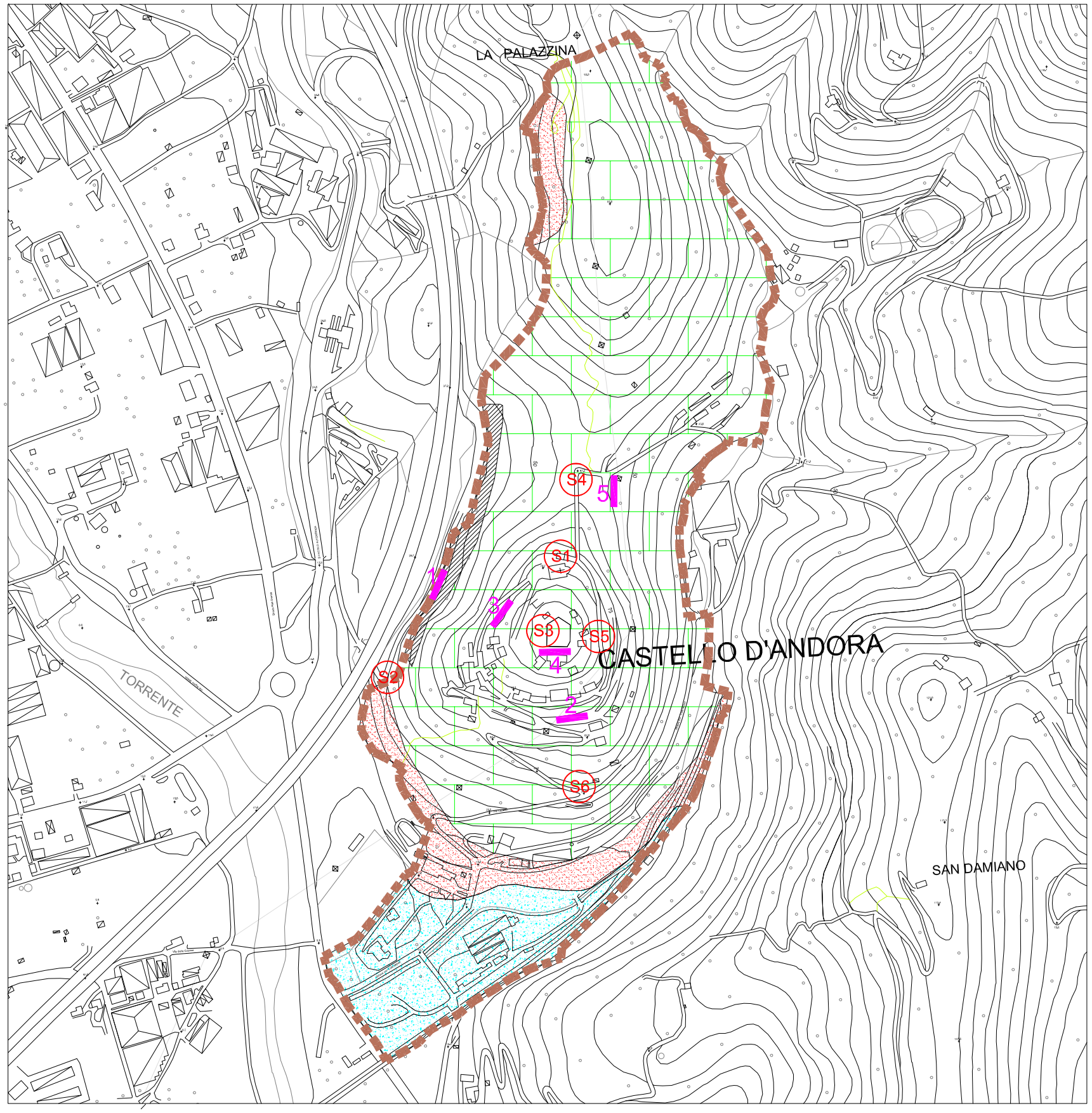
Perimetro ambito d'intervento

INDIVIDUAZIONE INTERVENTI

- **INTERVENTO N.1.1 RECUPERO EDIFICI ALLO STATO DI RUDERE RD rd1/rd2/rd3/rd4/rd5/rd6/rd7/rd8/rd9**
- **INTERVENTO N.1.2 - REALIZZAZIONE DI PARCHEGGI PERTINENZIALI**
- **INTERVENTO N.1.3 - SISTEMAZIONE AREA VERDE ATTREZZATA SUL LATO OVEST DEL BORGO**
- **INTERVENTO N.1.4 - RESTAURO E VALORIZZAZIONE EDIFICI INTERESSE COMUNE "Paraxo"/Chiesa di S.S. Giacomo e Filippo/Oratorio del S.S. Nicolò e S.Sebastiano/ Porta Nord "Torre"/Fontana medievale**
- **INTERVENTO N.1.5 - REALIZZAZIONE PARCHEGGI PUBBLICI A SERVIZIO DEL BORGO**
- **INTERVENTO N.1.6 - REALIZZAZIONE IMPIANTO DI RISALITA MECCANIZZATO**
- **INTERVENTO N.1.7 - REALIZZAZIONE/RIPRISTINO SELCIATI, RETE FOGNARIA, ACQUEDOTTO, IMPIANTO P.I., RECINZIONI**
- I **INTERVENTO N.1.8 - REALIZZAZIONE CENTRO INFORMAZIONI E PROMOZIONE TURISTICA - rd2**
- **INTERVENTO N.2.1 - RECUPERO EDIFICI ALLO STATO DI RUDERE rc**
- **INTERVENTO N.2.2 - RIQUALIFICAZIONE AGGREGATI RESIDENZIALI Ar, Er**
- **INTERVENTO N.2.3 - RECUPERO ULTERIORI EDIFICI ALLO STATO DI RUDERE NELLA ZONA A NORD DEL BORGO**
- **INTERVENTO N. 2.4 - RIQUALIFICAZIONE VIABILITA' VEICOLARE DI COLLEGAMENTO**
- F **INTERVENTO N. 2.5 -IMPLEMENTAZIONE CONNETTIVITA' DIGITALE DEL BORGO: CABLAGGIO FIBRA OTTICA**
- **INTERVENTO N. 2.6 - REALIZZAZIONE NUOVO TRACCIATO VEICOLARE DI CONNESSIONE AL BORGO**
- **INTERVENTO N.2.7- REALIZZAZIONE GIARDINO ARCHEOLOGICO A NORD DEL BORGO**
- **INTERVENTO N.2.8 - GIARDINO BOTANICO**
- **INTERVENTO N.2.9 - REALIZZAZIONE PARCO TEMATICO AGRICOLO**
- **Ipotesi di tracciato di collegamento tra i due parcheggi pubblici di accesso al Borgo con la futura ciclovia tirrenica prevista sull'attuale sedime ferroviario Genova - XXmiglia.** (l'intervento non è inserito nella presente progettazione in quanto la dismissione delle aree ex ferrovia e la realizzazione della ciclabile sono interventi previsti per il 2029. vv)
- **Ciclovia tirrenica di progetto**

N

TAV. 13
PLANIMETRIA SU BASE CATASTALE INTERVENTI PREVISTI DALLA VARIANTE AL P.U.C.
(scala 1:5.000)

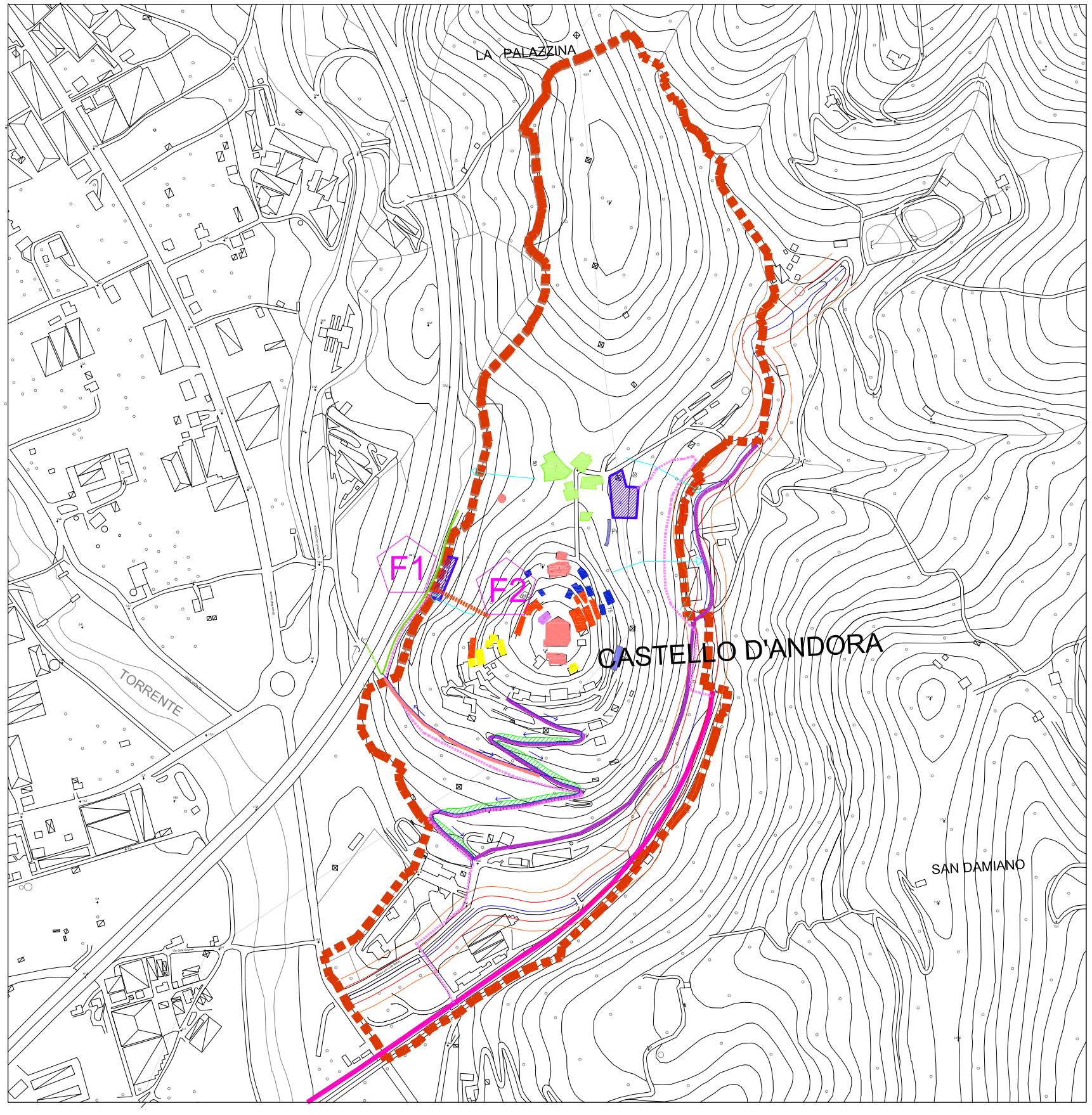


N

LEGENDA

- Perimetro Ambito d'intervento
- Terreno di Riporto
- Coltre Detritica Eluvio-Colluviale
- Depositi Alluvionali Quaternari
- Substrato Roccioso affiorante e sub-affiorante
- S1 — Affioramenti Rocciosi e Stazioni di Misura
- 1 — Indagine Sismica MASW

TAV. 14
CARTA DI ANALISI
(scala 1:5.000)



N

LEGENDA

- Perimetro Ambito d'intervento
- Fascia di inedificabilità assoluta Rio Castello (10 mt)
- Fascia di Rispetto Rio Castello (20 mt)
- Linee di Deflusso principale delle acque superficiali
- Possibili problematiche relative alla stabilità delle scarpate a monte della Strada Castello.
  Messa in sicurezza delle porzioni instabili.
- Possibili problematiche durante la realizzazione del nuovo tracciato veicolare.
  Altezze di scavo limitate lungo il fronte lato monte e messa in sicurezza delle porzioni instabili.
  Posa del terreno di riempimento in strati sottili (spessore da valutare in fase esecutiva) e sua costipazione con mezzo compattatore idoneo.
- Canale di scolo autostradale
- Cunette stradali per la raccolta delle acque di scorrimento superficiale
- F1 — Possibili problematiche relative alle fondazioni dell'impianto di risalita.
  Verifica puntuale della capacità portante del terreno di fondazione

TAV. 15
CARTA DI SINTESI
(scala 1:5.000)

NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE

1 - INDAGINI INTEGRATIVE

Di seguito si riprendono e sviluppano alcuni temi già analizzati nella relazione geologica a corredo della Variante in oggetto.

La progettazione esecutiva dei vari interventi dovrà essere preceduta da indagini integrative (commisurate al singolo intervento) volte ad approfondire la caratterizzazione geologico-tecnica qualitativa e quantitativa del sottosuolo per consentire la scelta delle soluzioni progettuali più adatte, per eseguire i calcoli di verifica e per definire i procedimenti costruttivi. Tali indagini potranno essere sia di tipo diretto sia indiretto e dovranno essere volte a caratterizzare sismicamente il suolo (MASW, Rifrazione, sismica in foro, …) e a determinare la stratigrafia e i parametri geotecnici del terreno (rilievo di campagna dettagliato, sondaggi geognostici, prove SPT, …).

La validità delle ipotesi di progetto dovrà essere controllata durante l'esecuzione dei lavori, considerando, oltre ai dati raccolti in fase di progettazione, anche quelli ottenuti con misure ed osservazioni effettuate in cantiere (mediante la direzione lavori dal punto di vista geologico-tecnico). Al fine di adeguare, eventualmente, l'opera alle situazioni riscontrate, le indagini e le operazioni di rilievo di campagna dovranno essere mirate a:

a) Valutare il grado di stabilità di eventuali fronti di scavo previsti dal progetto;
b) Fornire allo strutturista i parametri geotecnici necessari al calcolo della portanza e comprimibilità del terreno di fondazione;
c) Indicare la tipologia delle opere di fondazione delle opere previste;
d) Verificare la stabilità di eventuali rilevati.

2 - INDIRIZZI TECNICO – ESECUTIVI

2.1 - Metodi di scavo

Gli scavi interesseranno le diverse tipologie di terreno individuate durante le indagini eseguite dallo scrivente, ovvero: substrato roccioso torbiditico, coltre detritica eluvio-colluviale, terreno di riporto e depositi alluvionali.

Ogni singolo fronte dovrà essere soggetto a verifica di stabilità al fine di individuare le modalità di scavo più idonee ad operare in sicurezza.

Le verifiche di stabilità degli stessi dovranno essere effettuate secondo quanto previsto dalla normativa tecnica e sismica vigente.

Dovrà essere esaminata l'influenza dello scavo sul regime delle acque superficiali e sotterranee dell'area interessata, valutando accorgimenti necessari a garantire l'impermeabilizzazione nel tempo di eventuali manufatti seminterrati e interrati. E' consigliabile inoltre allestire, nella zona immediatamente a monte dei fronti e prima dell'esecuzione, una rete di raccolta delle acque superficiali necessaria ad evitare che queste possano andare ad interferire con gli scavi in via di esecuzione.

2.2 – Utilizzo dei materiali derivanti da scavi

Il materiale derivante dagli scavi non conterrà inquinanti o rocce verdi e potrà essere abbancato provvisoriamente, in quantità e secondo modalità concordate con gli enti competenti, in prossimità dell'area d'intervento. Al termine dei lavori potrà essere utilizzato in sito per la sistemazione finale dell'area (terre di scavo): le eccedenze dovranno essere conferite ad idonea discarica o a sito di riutilizzo (secondo quanto prevede la normativa vigente).

2.3 – Regimazione delle acque superficiali e sotterranee

In fase di progetto esecutivo saranno necessarie opere per la corretta disciplina delle acque superficiali ricadenti sull'area d'intervento: dovranno essere realizzati sistemi di regimazione sia lungo le strade e le vie della borgata sia sulle coperture degli edifici con lo scopo di raccogliere, incanalare ed allontanare le acque di origine meteorica verso le naturali linee di deflusso presenti nella zona (Es: Rio Castello).

Per quanto riguarda le acque sotterranee, durante le operazioni di rilievo svolte dallo scrivente non è stata verificata la presenza di una falda freatica a quota tale da poter interferire con la tipologia

di opere previste dalla variante in oggetto: la morfologia dei luoghi non consente l'accumulo di acque sotterranee nei livelli più superficiali del terreno.

Per proteggere eventuali strutture interrate da possibili infiltrazioni d'acqua in occasione di eventi meteorici di particolare intensità e/o durata sarà comunque necessaria la realizzazione di intercapedini e messa in opera di idonei sistemi di impermeabilizzazioni all'esterno dei muri contro terra.

I muri di contenimento che saranno ripristinati o realizzati ex novo dovranno essere dotati di opportuno drenaggio a tergo e di barbacani.

2.4 – Fondazioni

Le fondazioni dei manufatti esistenti e di quelli in progetto dovranno insistere terreni aventi una omogenea reazione alle sollecitazioni imposte dai carichi di esercizio.

La tipologia di fondazione sarà valutata in fase esecutiva a seguito di una verifica puntuale delle caratteristiche geotecniche del terreno.

La valutazione della pressione ammissibile dovrà essere effettuata mediante la scelta di metodologie di calcolo idonee a seconda della stratigrafia del terreno e del tipo di fondazione scelto.

3 – CONFERMA DELLE NORME DI ATTUAZIONE GEOLOGICO-TECNICHE DEL P.U.C. VIGENTE

Dal punto di vista geologico-tecnico, l'attuazione del P.U.O. sarà conforme con le norme di attuazione del P.U.C. vigente (Elaborato G7), che vengono di seguito riportate.

5.2 Zone di tipo "B"

5.2.1 Aree interessate da substrato roccioso affiorante o subaffiorante in condizioni geomeccaniche e/o geostrutturali sfavorevoli e con possibili problematiche geologico-tecniche in relazione ad interventi di scavo e di sbancamento.

Aree costituite da coltri eluviali-colluviali di spessore < 3 metri.

Amplificazione sismica locale media.

- Determinazione di natura, origine, potenza, caratteristiche geotecniche ed idrogeologiche delle coperture incoerenti e/o semicoerenti;
- Caratteristiche geotecniche dei materiali sciolti e loro comportamento in relazione agli interventi in progetto;
- Comportamento e grado di stabilità delle coltri allo stato attuale ed in seguito ad interventi insediativi o di sbancamento.

5.2.5 Pur non presentando manifestazioni di instabilità geomorfologica, in queste zone non si possono escludere locali propensioni al dissesto connesse ad interventi di scavo e/o sbancamento.

Pertanto è opportuno che gli interventi modificatori, soprattutto se di una certa rilevanza, vengano preceduti da indagini geomorfologiche estese ad un areale significativo, e geotecniche di dettaglio relative al sito di intervento, al fine di accertare le condizioni di equilibrio geomorfologico complessivo e puntuale e di prevederne il comportamento nel tempo a seguito degli interventi previsti.

5.3 Zone di tipo "C"

5.3.1 Aree di pianura interessate da alluvioni attuali e recenti, fluviali e marine, su strutture morfologiche pianeggianti o subpianeggianti.
Aree costituite da coperture incoerenti di spessore maggiore di 3 metri.
Amplificazione sismica locale elevata.

5.3.2 Le indagini da effettuare per le zone di tipo "C", in base al D.M. 14.9.05 ed al D.M. 11.3.88, sono le seguenti:
- Descrizione di dettaglio della situazione litostratigrafica locale mediante accertamenti geognostici;
- Caratteristiche geotecniche del sottosuolo e suo comportamento in relazione ad interventi di varia natura (scavi, fondazioni, ecc.);
- Presenza di livelli sabbiosi liquefacibili;
- Valutazione della capacità portante del terreno e dei cedimenti assoluti e/o differenziali;

- Caratteristiche della circolazione idrica sotterranea con determinazione della profondità e delle oscillazioni di falda.

5.3.3 Nelle aree di piana alluvionale le possibili problematiche geologico-tecniche sono legate al quadro litostratigrafico locale, sia per la possibile esistenza di strati cedevoli, con conseguenti problematiche fondazionali (rottura sul piano di fondazione e/o cedimenti assoluti o differenziali), sia per l'eventuale presenza di livelli sabbiosi liquefacibili in condizioni dinamiche.

Gli accertamenti geologici prescritti dovranno obbligatoriamente contenere una documentazione grafica comprendente stratigrafie e/o sezioni geologico-tecniche di dettaglio atte ad illustrare l'aspetto, il comportamento e le caratteristiche geotecniche del sottosuolo.

Per quanto riguarda gli accertamenti geognostici diretti nelle zone di pianura, si prevede l'impiego di prove penetrometriche dinamiche o il ricorso a trincee esplorative per indagini a profondità contenute; qualora l'intervento edificatorio assuma una certa rilevanza saranno da prevedersi sondaggi geognostici a carotaggio continuo e prove geotecniche in situ ed in laboratorio.

5.3.4 Oltre alle indagini geologico-tecniche previste per le zone di tipo "A" e "B", si dovrà procedere, in base al D.M. 14.9.05 ed al D.M. 11.3.88, ai seguenti accertamenti:

- Accertamenti geognostici per individuare sia la potenza delle coltri di copertura, sia le caratteristiche del substrato roccioso ad una profondità significativa in rapporto all'entità dell'intervento in progetto;

- Analisi di stabilità del versante allo stato attuale ed in seguito ad interventi insediativi o di sbancamento, da calcolarsi per un tratto significativo a monte ed a valle dell'intervento, lungo una o più sezioni a seconda delle caratteristiche del progetto.

5.3.5 Considerato che le zone di tipo "C" possono coincidere con le aree classificate "a suscettività al dissesto elevata" (Pg3a) del Piano di Bacino del T.Merula, l'attività urbanistico-edilizia dovrà essere conforme a quanto previsto dalla Normativa di Piano di Bacino.

5.3.6 Queste zone sono generalmente soggette a problematiche fondazionali e di stabilità del versante; per quanto riguarda gli aspetti fondazionali, lo spessore maggiore di 3 metri implica, per poter utilizzare come piano di fondazione il substrato roccioso stabile ed evitare che la coltre detritica venga sovraccaricata, la necessità di effettuare scavi e sbancamenti, e quindi di esaminare le problematiche geologico-tecniche connesse alla stabilità del tratto di versante a monte; a riguardo invece della stabilità dei versanti, anche se le zone cartografate non presentano evidenti manifestazioni di instabilità geomorfologica, la presenza di una coltre detritica di una certa potenza implica comunque una propensione al dissesto che rende necessaria la verifica di compatibilità dei progetti mediante analisi di stabilità del versante allo stato originario e di progetto.

5.4 Zone di tipo "D"

5.4.1 Aree sedi di discariche o riporti, zone profondamente modificate da attività antropiche.
Aree ad instabilità generale. Aree interessate da coltri incoerenti di spessore variabile, con segni di instabilità superficiale.
Aree interessate da collassi presunti o accertati in roccia viva; frane in atto; cigli di distacco e di arretramento morfologico.
Amplificazione sismica locale molto elevata.

5.4.2 In base al D.M. 14.9.05 ed al D.M. 11.3.88 ogni attività insediativa o di modifica dell'assetto del suolo dovrà essere preceduta, oltre che dalle indagini richieste per le zone a di tipo "A", "B" e "C" (p.to 5.2.4), dalle seguenti indagini geologico-tecniche:

- Rilievo geomorfologico di dettaglio degli eventuali fenomeni di instabilità in atto e/o potenziali;
- Grado di stabilità della coltre detritica allo stato attuale e allo stato di progetto;
- Caratterizzazione e sviluppo in profondità di eventuali livelli rocciosi allentati e/o degli accumuli detritici prodotti dal versante;
- Verifiche di dettaglio dell'eventuale circolazione idrica superficiale e profonda, e relativi interventi per la regimazione delle acque.
- Descrizione delle metodologie operative di stabilizzazione del versante.

5.4.3 Nelle zone di tipo "D" dovranno essere interdette modificazioni rilevanti dell'assetto morfologico del suolo con elevati volumi di scavo e di riporto.

Sono permessi interventi insediativi di modesta entità, compatibilmente a quanto prescritto dalla relativa relazione geologico-tecnica.

Sono da prediligere sistemazioni del suolo secondo tecniche di ingegneria naturalistica.

5.4.4 Considerato che le zone di tipo "D" coincidono in gran parte con le aree classificate "a suscettività al dissesto molto elevata" (Pg4) del Piano di Bacino del T.Merula, l'attività urbanistico-edilizia dovrà essere conforme a quanto previsto dalla Normativa di Piano di Bacino.

5.4.5 Nell'ambito del territorio comunale sono stati rilevati numerosi elementi geomorfologici che possono comportare significativi fenomeni di amplificazione sismica locale.

Tra questi assumono una particolare importanza: le aree di culminazione morfologica e le faglie certe o presunte;

In prossimità di queste strutture, dovendo essere adottati criteri di particolare cautela nell'utilizzo del territorio, si prescrive l'esecuzione di accertamenti geologico-tecnici di dettaglio, identificabili con quelli delle zone di tipo "D".

Albenga, Marzo 2023