AVAILABLE LANGUAGE: IT

Regione Liguria

Provincia di Savona

Comuni di Quiliano, Altare e Mallare

"Impianto eolico di potenza nominale pari a 30 MW integrato con un sistema di accumulo di potenza nominale pari a 20 MW da realizzarsi nei Comuni di Quiliano, Altare e Mallare (SV)"

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Il tecnico

Dott. Geol. Agostino Scalercio

AGOSTINO
SCALERCIO
12.12.2024
15:46:54
UTC



File:C24G&GWLI002A001R00_Relazione Geologica e Sismica

Sommario

1. INTRODUZIONE 3
1.1. Inquadramento geografico 3
1.2. Inquadramento normativo 5
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE 7
2.1. Assetto geologico locale 13
3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO 16
3.1. Quadro geomorfologico locale 19
4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO 25
5. INQUADRAMENTO CLIMATOLOGICO 27
6. VINCOLI TERRITORIALI 28
6.1. PAI 28
6.2. PGRA 32
7. INQUADRAMENTO SISMO-TETTONICO GENERALE 36
7.1. Sismicità storica 36
7.2. Neotettonica 41
7.3. Progetto DISS 41
7.4. Progetto ITHACA 44
8. NORMATIVA SISMICA NTC 2018-PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE 45
8.1. Macrozonazione sismica 46
8.2. Categoria Topografica 47
8.3. Categoria Sottosuolo di fondazione 48
8.4. Spettri elastici 50
9. LIQUEFAZIONE 50
10. INDAGINI GEOGNOSTICHE 52
11. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO DI RIFERIMENTO 52
12. CONCLUSIONI 54

1. INTRODUZIONE

L'impianto eolico in progetto è costituito da 5 aerogeneratori (anche detti WTG) di potenza nominale unitaria pari a 6 MWp, per una potenza nominale complessiva pari a 30 MW. L'impianto è integrato da un sistema di accumulo di potenza nominale pari a 20 MW e corredato dalle opere di connessione e dalle infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dello stesso. Tutte le turbine e le opere di connessione ricadono all'interno dei confini comunali di Quiliano, Mallare e Altare, in provincia di Savona.

Per come riportato nella STMG (cod. pratica: 202402184), la centrale utente verrà *collegata in antenna a 36 kV con la futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione a 380/132/36 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN a 380 kV "Magliano – Vado Ligure".*

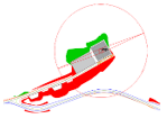
L'energia elettrica prodotta dall'impianto concorrerà al raggiungimento dell'obiettivo di incrementare la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, coerentemente con gli accordi siglati a livello comunitario dall'Italia.

L'impianto sarà destinato a funzionare in parallelo alla rete elettrica nazionale, in modo da immettere energia da fonte rinnovabile in rete; l'iniziativa, oltre a contribuire al potenziamento della produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile su territorio nazionale, sarà a servizio dei futuri fabbisogni energetici comunali.

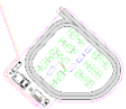
1.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di progetto è posta nel contesto montuoso e collinare a tergo della linea di costa del Mar Ligure e le opere di progetto sono poste nei comuni di Quiliano (WTG2, 3, 4, 5 e aree di stoccaggio), di Altare (WTG1) e Mallare (Impianto Bess, SottoStazione Elettrica), tutti nella provincia di Savona. Le WTG sono poste sulle alture che bordano il bacino idrografico del Torrente Trexenda, lungo gli allineamenti delle dorsali Monte Curlo-Monte Buratto e Monte Burato-Monte Baraccone-Colle del Termine. L'area dell'Impianto Besse e della SottoStazione sono invece posti nel contesto vallivo della Bormida di Mallare, fra gli abitati di Altare e di Mallare. Di seguito si riporta uno stralcio in cui vengono riportate le opere di progetto utilizzando come base la cartografia in scala 1:100.000, utile per un primo inquadramento geografico dell'area e un secondo inquadramento su base di immagine satellitare.

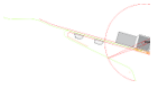



Piazzola (con scavi e riporti

Strade


Area BESS/Sottostazione Utente


Area TERNA


Cavidotto (in giallo)


Area di stoccaggio

Figura 1: Inquadramento del Progetto su carta topografica d'Italia in scala 1:100.000 (Fonte livello WMS Geoportale Nazionale)

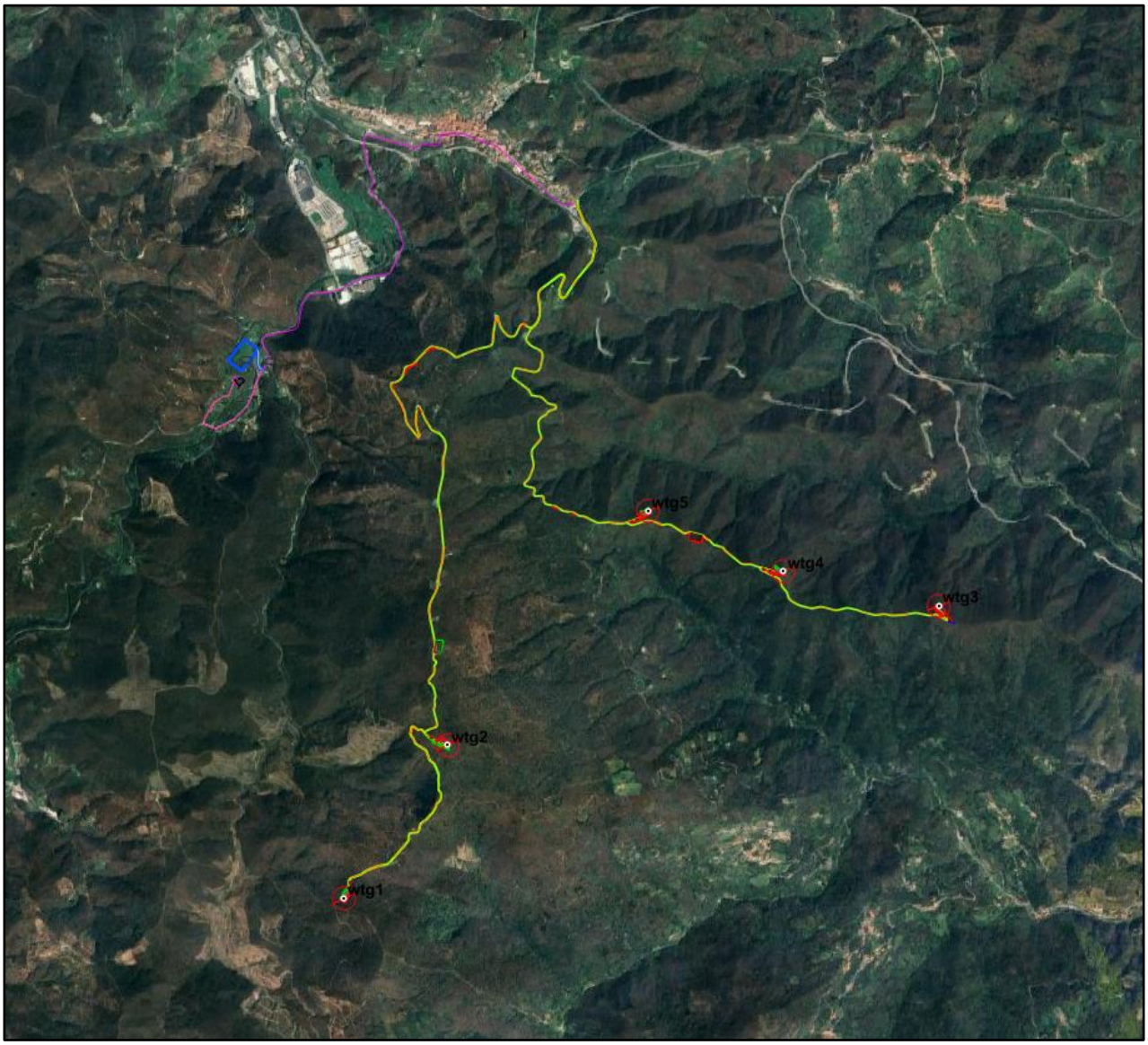




Figura 2: Inquadramento delle opere di progetto su base satellitare (fonte Google Satellite in ambiente GIS)

1.2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

La presente relazione e gli studi ad essa associati sono redatti in conformità a quanto previsto dalla normativa tecnica, fra cui di seguito sono elencati i principali riferimenti:

- ✓ L. 08/08/1985 n. 431: “Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 27 giugno 1985, n. 312, recante disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale (G.U. 22 agosto 1985, n. 197)”;
- ✓ Decreto Ministero dei Lavori Pubblici n. 47 (11 marzo 1988) “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- ✓ Circolare Min. LL.PP: 24 settembre 1988 n° 30483: “Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- ✓ L. 18/05/89 n. 183: "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo".
- ✓ Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, Strutture di contenimento ed Aspetti geotecnici (1998);
- ✓ Circolare Ministero Lavori Pubblici 24 settembre 1988 n.30483 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione”. (Pres. Cons. Superiore — Servizio Tecnico Centrale);
- ✓ D.M. LL.PP. del 14/02/1992 Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche;
- ✓ D.M. 9 Gennaio 1996 Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche;
- ✓ D.M. 16 Gennaio 1996 Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi;
- ✓ Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996;
- ✓ Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996;
- ✓ Decreto n. 159 del 14.9.2005 Normative Tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- ✓ Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica (ordinanza n. 3274 – Allegati 1, 2 e 3);
- ✓ Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 17/01/2018;

- ✓ Circolare NTC 2018 – Nuove norme sismiche per il calcolo strutturale CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- ✓ O.P.C.M. 13/11/2010 n. 3907: "Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico".

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

L'inquadramento geologico-strutturale dell'area è legato al complesso processo di interazione fra il paleo-margine continentale della placca Euroasiatica, le unità di origine oceanica dell'Oceano Ligure-Piemontese e il margine della placca Adria. La placca Adria viene considerata, dai vari autori, talora come placca a sé stante e più comunemente come una propaggine dell'Africa e il bacino Ligure-Piemontese rappresenta la crosta di tipo oceanico di un bacino che separava, durante il Mesozoico, Adria dal blocco continentale Euroasiatico. L'oceano rappresenta un settore della Tetide. Nel Cretacico termina la fase distensiva che avene aveva causato l'apertura e da questo momento, in seguito a una lunga fase compressiva, che causerà l'Orogenesi Alpina, l'Oceano Ligure-Piemontese va in subduzione sotto la placca africana e durante il Cretacico Superiore avviene la collisione, che prosegue fino al Miocene, in cui avviene la completa suturazione del bacino e termina sostanzialmente la spinta orogenica alpina.

L'assetto strutturale riflette quindi l'origine dei terreni in termini di domini di formazione e la successiva deformazione a causa della spinta orogenica e della deformazione e impilamento delle falde tettoniche che hanno costruito l'edificio della Catena Alpina e della Catena Appenninica.

Nello schema a seguire, riportato dalla Carta Geologica della Liguria in scala 1:200.000 edita dall'Università di Genova. Nella carta non vengono campite le Unità Tardo-Orogene, posteriori alla strutturazione dell'edificio. La placca Adria è rappresentata dalle Unità Toscane e dalle Unità Sub-Liguri e affiorano esclusivamente nel settore più orientale della regione; le unità che rappresentano l'Oceano Ligure-Piemontese sono le Unità Liguri (Esterne e Interne), le Unità Flyschoidi di riempimento della fossa di subduzione e le Unità Metaofiolitiche e le relative coperture metamorfiche, che rappresentano la crosta oceanica metamorfosata. Le unità della Placca Eurasiatica sono le Unità Piemontesi, le Unità Brianzonesi e ad affinità Brianzonesi e le Unità Provenzali, che caratterizzano l'estremo ovest della regione. I vari domini sono suddivisi in unità gerarchiche che consistono nelle unità tettono-stratigrafiche che hanno costruito la Catena; tali unità corrispondono a settori omogenei come ambiente di formazione e come storia evolutiva costruzione tettonica.

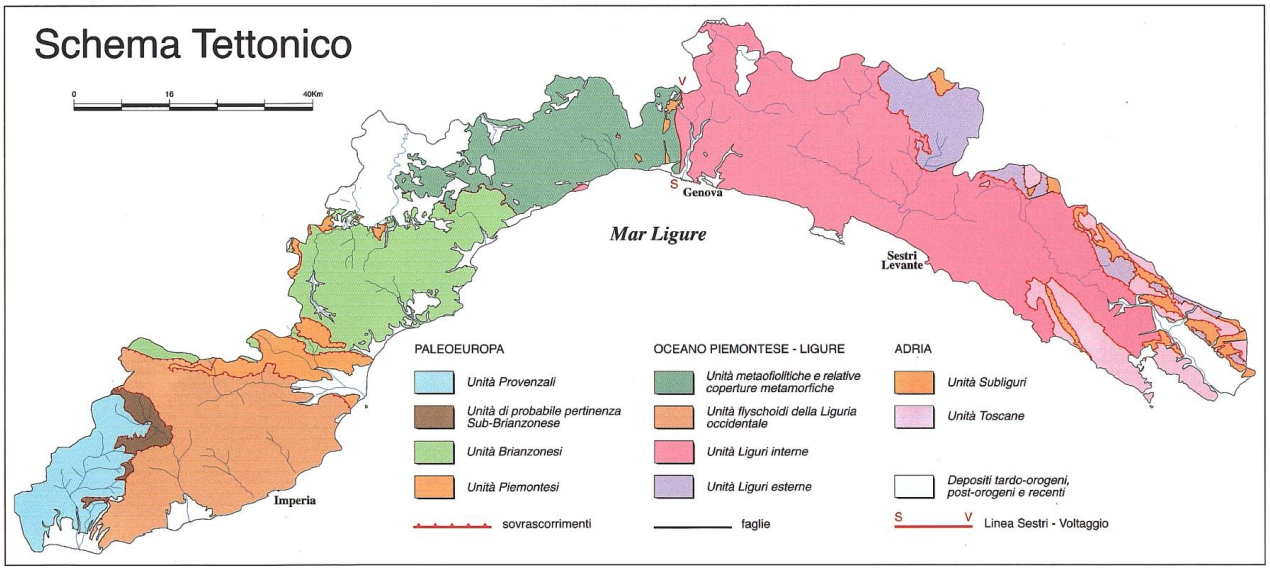
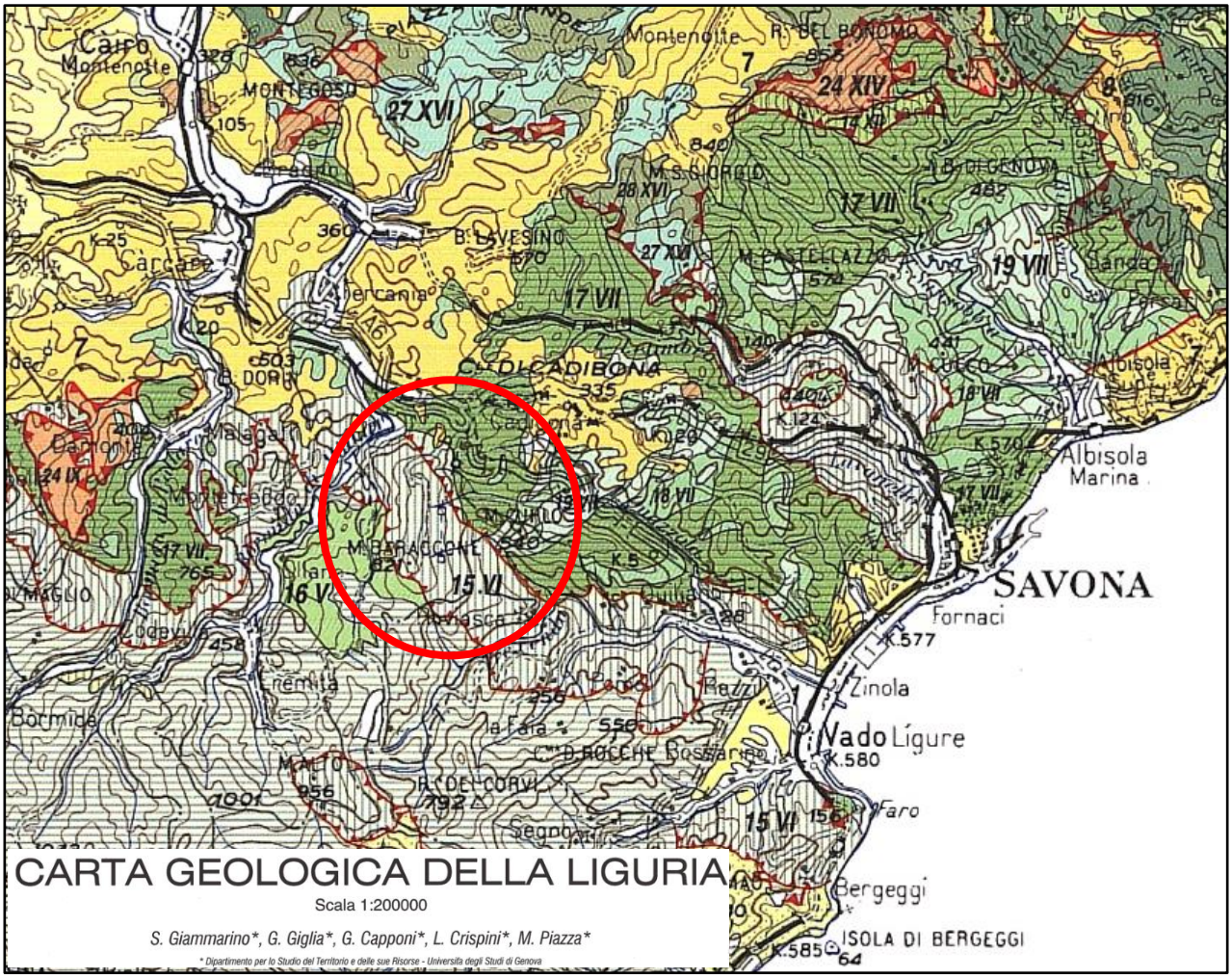


Figura 3: schema tettonico generale della Regione Liguria, con le principali Unità Tettonostratigrafiche (fonte Carta geologica della regione Liguria, a cura dell'Università di Genova - [(PDF) Carta Geologica della LIGURIA - Scala 1 : 200.000. Geological Map of Liguria . LAC (Firenze)])



Depositi tardo e post-orogeni del Bacino Terziario del Piemonte

6 Marne, marne sabbioso arenacee, arenarie, arenarie glauconitiche (formazione di Rocchetta). *Oligocene sup. - Miocene inf.*

7 Conglomerati prevalenti e brecce, eterometrici, mono e poligenici; arenarie e sabbie, siltiti e marne più o meno argillose, calcari bioermali e calcari bioclastici (formazione di Molare, conglomerati di Portofino e conglomerati di Savignone). *Oligocene*

8 Brecce monogeniche, raramente poligeniche (brecce della Costa di Cravara). *Eocene sup.? - Oligocene inf.*

DOMINIO BRIANZONESE

V: Unità Mallare

12 V Copertura meso-cenozoica

13 V Sequenze quarzitico-dolomitiche triassiche

15 V Porfiroidi e metasedimenti filladici con vulcaniti

16 V Formazione di Ollano

17 V Ortogneiss granitoidi e metarioliti

VI: Unità Pamparato - Murialdo

12 VI Copertura meso-cenozoica

13 VI Sequenze quarzitico-dolomitiche triassiche

15 VI Porfiroidi e metasedimenti filladici con vulcaniti

17 VI Ortogneiss granitoidi e metarioliti

VII: Unità Calizzano - Savona

17 VII Ortogneiss granitoidi e metarioliti

18 VII Paragneiss e micascisti biotitico-muscovitici

19 VII Anfiboliti, metabasiti e subordinate eclogiti

DOMINIO PIEMONTESE

IX: Unità M. Sotta

24 IX Successioni dolomitiche triassiche

XIV: Scaglie di successioni triassico-liassiche associate al Gruppo di Voltri ed alla Unità Cravasco - Voltaggio - Montenotte

24 XIV Sequenze quarzitico-dolomitiche

UNITA' DI PERTINENZA OCEANICA
DOMINIO PIEMONTESE LIGURE
UNITA' METAMORFICHE E FLYSCH DEL PONENTE LIGURE

XVI: Unità Cravasco - Voltaggio - Montenotte

27 XVI Metapeliti con livelli radiolaritici, calcari cristallini, filladi

28 XVI Metagabbri, metabasalti, serpentinoscisti, serpentiniti e serpentiniti a relitti

Figura 4: Stralcio della carta geologica della Regione Liguria (con relativa legenda), con le Unità Tettonostratigrafiche (fonte Carta geologica della regione Liguria, a cura dell'Università di Genova - [(PDF) Carta Geologica della LIGURIA - Scala 1 : 200.000. Geological Map of Liguria . LAC (Firenze)])

Di seguito si riporta la descrizione dei domini e delle unità tettonostratigrafiche di riferimento dell'area di progetto, citando largamente quanto riportato nelle Note Illustrative del Foglio 228-Cairo Montenotte del progetto CarG di ISPRA, che rappresenta la più recente e dettagliata mappatura a scala nazionale, in scala 1:50.000. Il foglio citato ricade nella zona più a ovest dell'area di progetto, mentre l'area a est ricade nel foglio 229-Savona, attualmente non disponibile.

LE ALPI LIGURI

Il settore di catena ligure consta di tre sistemi strutturali principali, separati da superfici tettoniche, a cui corrispondono altrettanti domini paleogeografici, a partire dall'alto verso il basso geometrico: il Piemontese-Ligure, il Pennidico e il Delfinese-Provenzale.

Il dominio Piemontese-Ligure è il sistema più interno di falde classicamente rappresentato, essenzialmente nell'estremo settore orientale della catena, dal Gruppo di Voltri e da altre unità ofiolitiche coinvolte nei processi subduttivi e collisionali. Nella porzione sud-occidentale, ma in posizione esterna, le falde dei "Flysch ad Elmintoidi" occupano la posizione geometrica più elevata: si differenziano dalle altre unità di ambiente oceanico poichè prive di metamorfismo in quanto ritenute precocemente scollate e non coinvolte nel processo di subduzione alpino.

Il dominio Pennidico delle Alpi Liguri è formato da unità tettoniche che hanno ben registrato la storia metamorfico-deformativa alpina e sono di pertinenza sia continentale europea (Brianzonese), sia del suo stesso margine (Piemontese s.l.).

Il dominio Delfinese-Provenzale rappresenta la parte di avampaese europeo coinvolto blandamente dagli eventi alpini: è il sistema strutturale più esterno e profondo della catena su cui sono tettonicamente sovrapposte le unità pennidiche esterne e le falde dei "Flysch ad Elmintoidi". Il Delfinese presenta un basamento cristallino, affiorante nel massiccio dell'Argentera-Mercantour, terreni post-ercinici rappresentati da successioni detritiche stefaniano-westfaliane? e sedimenti continentali permiani, con rare intercalazioni vulcaniche. Le coperture meso-cenozoiche iniziano con arenarie del Trias inferiore e proseguono con carbonati di piattaforma per tutto il periodo. Dopo la lacuna liassica riprende la sedimentazione marina con depositi calcarei, argillosi e/o finemente detritici, con facies tidali (Calcari nummulitici), emipelagiche (Marne priaboniane) e flyschoidi ("Grès d'Annot") che chiudono la successione.

La ricostruzione più recente e accreditata implica che la catena è costituita da una serie di duplex a vergenza europea, attivati progressivamente verso l'esterno e in parte riprese e modificate successivamente. Dal punto di vista deformativo è noto che la strutturazione delle Alpi liguri si è manifestata attraverso almeno quattro fasi duttili con intensità, direzioni e, in alcuni casi, modalità differenti nei diversi gruppi di unità.

Nel settore affiorano estesamente unità tettoniche presenti anche in gran parte delle Alpi occidentali ed attribuite ai domini paleogeografici piemontese-ligure, prepiemontese e brianzonese sulla base della posizione geometrica, del grado metamorfico e dei caratteri stratigrafici delle loro coperture mesozoiche. Di seguito viene illustrata brevemente la collocazione regionale di queste unità, a partire da quelle geometricamente più elevate.

LE UNITÀ PIEMONTESI-LIGURI (DI AMBIENTE OCEANICO)

Le successioni sorte dal bacino interposto tra le placche europea e insubrica (Adria) e noto come Oceano Piemontese-Ligure (o Ligure-Piemontese), affiorano estesamente dalla zona Sestri-Voltaggio sino alla linea Celle-Sanda e, in maniera più o meno discontinua, in gran parte delle Alpi Marittime e Cozie. Prescindendo dai Flysch ad Elmintoidi e dai loro complessi di base, con terreni essenzialmente cretacico-paleocenici per i quali si ritiene una collocazione paleogeografica interna, a cavallo tra il dominio piemontese e quello oceanico, alcune unità sono formate da successioni più o meno complete, mentre altre solo dal substrato “ofiolitico”. Il substrato è generalmente formato da porzioni di litosfera oceanica e cioè dalla classica associazione a serpentiniti, localmente attraversate da filoni di metabasalto e metadioriti, talora con lenti eclogitiche, metagabbri e metabasalti con intercalazioni di brecce. Ai metabasalti segue una successione sedimentaria variamente costituita da scisti silicei argillosi e/o radiolariti, talora sostituiti da quarzoscisti manganesiferi, ai quali succedono marmi o calcari “picchiettati”, calcescisti o argilloscisti, con livelli calcarei detritici.

LE UNITÀ PREPIEMONTESI (DI MARGINE CONTINENTALE)

Nel settore affiorano due di queste unità. La prima è formata da un basamento paleozoico, che mostra un’evoluzione polimetamorfica pre-alpina con almeno due eventi scistogeni sul quale poggiano brecce eterogenee.

La seconda è costituita da diversi klippen di carbonati mesotriassici di piattaforma e da litofacies norico-retico-liassiche ben confrontabili con quelle di altre unità prepiemontesi delle Alpi liguri. Anche altri klippen affioranti sono stati riferiti alla stessa unità, sia per i caratteri delle facies mesotriassiche sia, soprattutto, per l’identica posizione geometrica, interposti tra l’unità di basamento e le falde brianzonesi a letto e le unità piemontesi-liguri a tetto.

LE UNITÀ BRIANZONESI

Affioranti in posizione meridionale, esterna, queste unità occupano la posizione geometrica più profonda e si estendono con relativa continuità. I terreni brianzonesi comprendono: un basamento cristallino, una successione vulcano-sedimentaria sulla quale posano, con contatto erosionale, coperture ceno-mesozoiche caratterizzate da un’ampia lacuna che si estende dal Carnico al Liassico compreso, aumentando sino al Dogger, nei settori via via più interni.

1.3.1.- Basamento paleozoico e tegumento permiano

È formato da ortogneiss caratterizzati da un solo evento metamorfico prealpino, diversamente dal basamento prepiemontese. Sul basamento varisico riposa, in contatto stratigrafico ma discordante (VANOSSI, 1991), una successione vulcano-sedimentaria che, a seconda dei settori, può iniziare con metasedimenti, oppure con prodotti vulcanici andesitici o riolitici.

1.3.2.- Le coperture meso-cenozoiche

Sono costituite da successioni più o meno lacunose a seconda delle zone. A depositi silicoclastici grossolani ("Verrucano Brianzonese Auct.") seguono quarzareniti, e, successivamente, sedimenti pelitici e la piattaforma carbonatica mesotriassica subsidente che si sviluppa attraverso tre cicli principali. Nel Brianzonese ligure rari e locali depositi, con facies lagunari ed evaporitiche, chiudono la sedimentazione triassica.

Dal Cretacico inferiore la sedimentazione diventa estremamente condensata, testimoniata da un hard-ground (Aptiano-?Cenomaniano) presente in tutte le Alpi Marittime. Successivamente, dominano i depositi calcareo-argillosi emipelagici, finemente detritici, del Cretacico superiore-Paleocene, con locali e potenti spessori di brecce, a cui seguono i calcari nummulitici e le torbiditi dell'Eocene medio-superiore che chiudono la successione.

Di seguito si riportano due schemi in cui è possibile visualizzare l'assetto strutturale della catena: nella prima immagine è riportata una sezione schematica con i rapporti geometrico-cinematici intercorrenti fra i domini principali, mentre nella seconda sono esplicitati i rapporti fra i domini del settore occidentale della Liguria e le singole unità tettonostratigrafiche presenti nel settore di progetto e in un suo intorno.

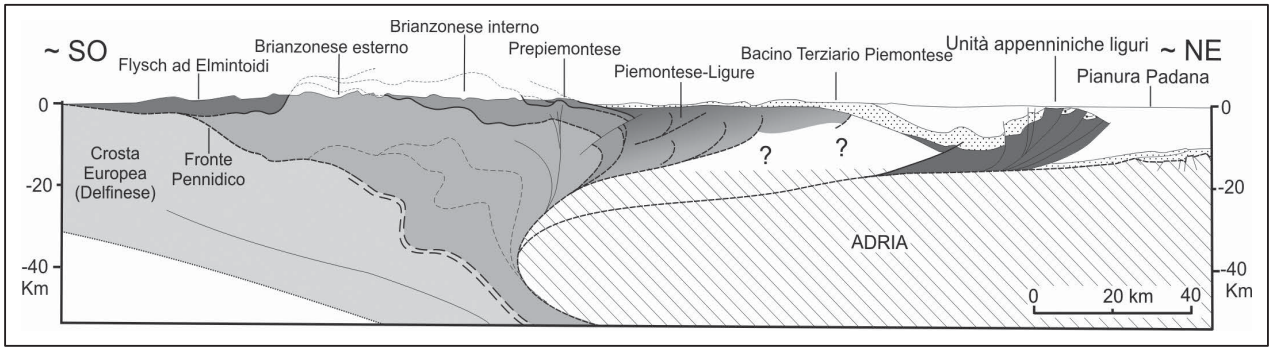


Figura 5: Sezione trasversale generale con indicazione dei rapporti geometrici fra i principali domini paloeogeografici e le relative unità.

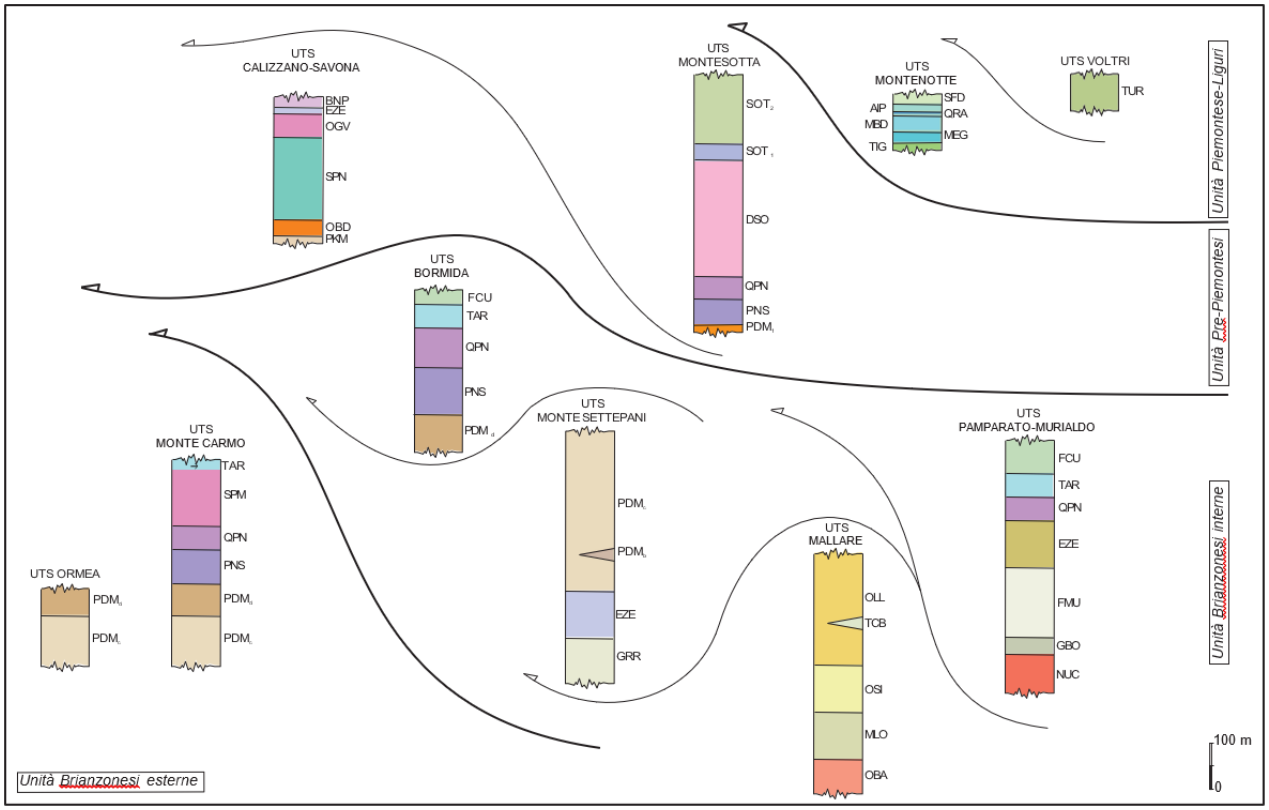


Figura 6: Rapporti geometrici e cinematici intercorrenti fra le singole unità tettonostratigrafiche.

2.1. ASSETTO GEOLOGICO LOCALE

L'assetto geologico locale può essere desunto a partire da tre fonti: il già citato progetto CarG in scala 1:50.000 per la porzione ricadente o immediatamente adiacente il foglio 228-Cairo Montenotte, la Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 – Foglio 92-93 "Albenga-Savona", che ha il difetto di essere ad ampia scala e anche piuttosto datata (1970) e gli shapefile della regione Liguria sulla litologia. I tematismi in formato shapefile riprendono le unità tettonostratigrafiche e le formazioni riportate nel CarG, ma con un approfondimento inferiore in termini di descrizione litostratigrafica rispetto ai tematismi originali del CarG.

Nel presente paragrafo si riporteranno quindi le descrizioni delle formazioni presenti nelle aree di interesse progettuale secondo le varie fonti citate.

WTG1 (Carta Geologica d'Italia-**Pep**) ***Porfiroidi del Melogno*** – Porfiroidi a grana minuta, localmente con lenti della Formazione di Eze e subordinatamente intercalazioni degli Scisti di Gorra; derivano da laminazione, in orogenesi Alpina, di rioliti, riodaciti e trachiti-latiti più o meno tufacee. *Permiano medio?-carbonifero superiore?.*

(Carta Carg OLL) **Formazione di Ollano** – Ritmi conglomeratico-arenaceo-pelitici, fluvio-lacustri, con lenti grafitiche di spessore anche notevole, e con intercalazioni di agglomerati piroclastici. Ciottoli di quarzo policristallino, di micascisti, di paragneiss, metasedimenti, vulcaniti e plutoniti prealpine. Lo spessore può superare i 200 m. *Permiano*

inferiore.

WTG2 (Carta Geologica d'Italia-**CAcg**) ***Formazione di Ollano*** – Conglomerati prevalentemente quarzosi, arenarie e, specie nella parte superiore, filladi e filladi carboniose; livelli grafitici e antracitici; arenarie conglomerati gneissici, micascisti e micascisti gneissici. Nelle filladi si rinvengono resti vegetali. *Carbonifero superiore-medio*.

(Carta Carg OLL) **Formazione di Ollano** – Ritmi conglomeratico-arenaceo-pelitici, fluvio-lacustri, con lenti grafitiche di spessore anche notevole, e con intercalazioni di agglomerati piroclastici. Ciottoli di quarzo policristallino, di micascisti, di paragneiss, metasedimenti, vulcaniti e plutoniti prealpine. Lo spessore può superare i 200 m. *Permiano inferiore.*

WTG3 (Carta Geologica d'Italia-Γ) ***Graniti del Torrente Letimbro*** – Graniti gneissici fortemente cataclasati, sovente interpretabili come anatessitici; biotitico-muscovitici a grana grossa oppure muscovitico-cloritici microgranulari; granodioriti a grana grossa. *Permiano medio?*.

(Carta Geologica Regionale **OG**) **Ortogneiss** – Ortogneiss. *Paleozoico*.

WTG4 (Carta Geologica d'Italia-**an**) ***Anfiboliti del Monte Spinarda*** – Anfiboliti con e senza quarzo, a contenuto variabile di granato; risultano intercalate negli Gneiss di Albisola e nelle Migmatiti di Nucetto. Anteriori al *Carbonifero medio.*

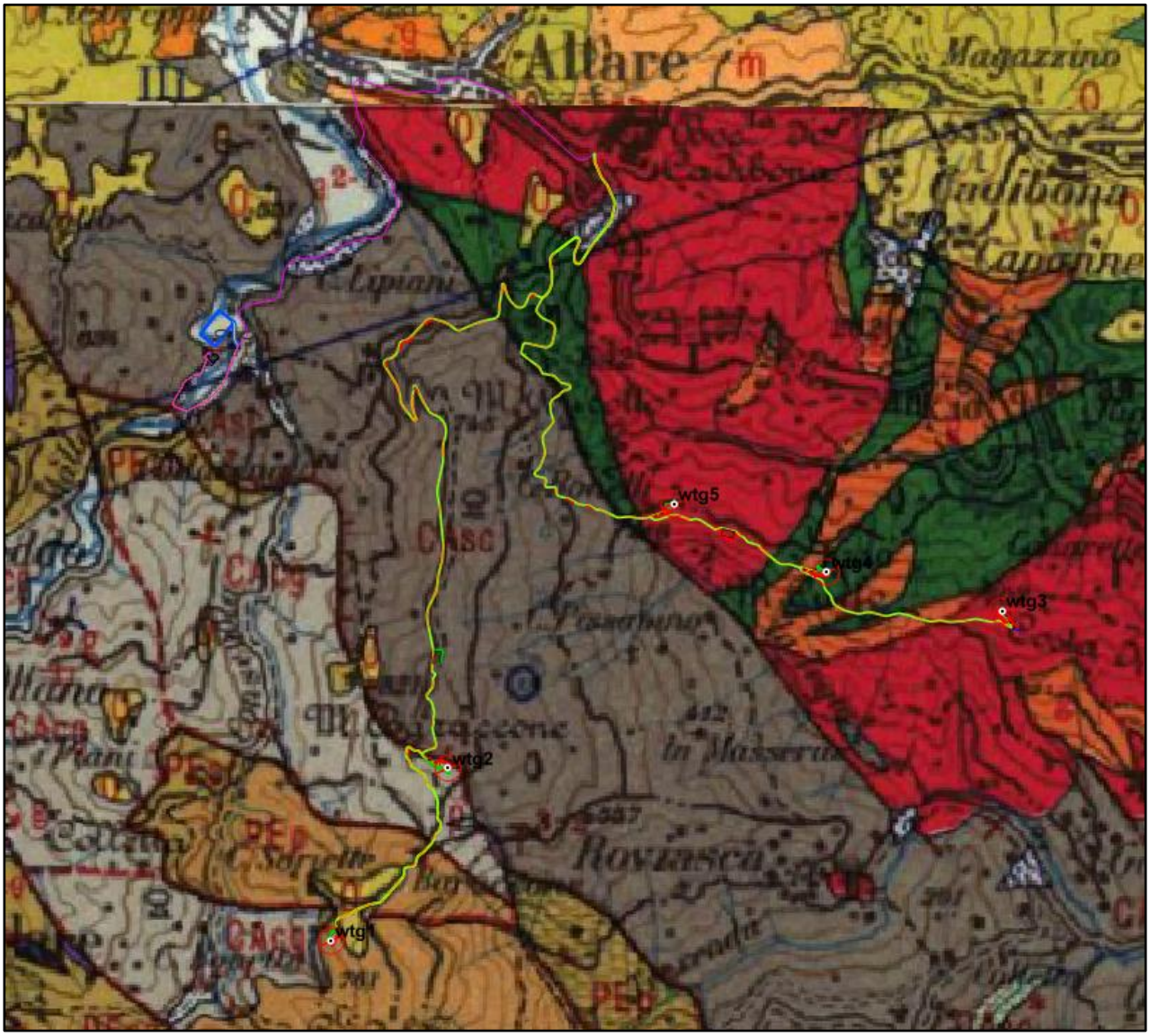
(Carta Geologica Regionale **OG**) **Ortogneiss** – Ortogneiss. *Paleozoico*.

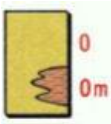
WTG5 (Carta Geologica d'Italia-Γ) ***Graniti del Torrente Letimbro*** – Graniti gneissici fortemente cataclasati, sovente interpretabili come anatessitici; biotitico-muscovitici a grana grossa oppure muscovitico-cloritici microgranulari; granodioriti a grana grossa. *Permiano medio?*.

(Carta Geologica Regionale **OG**) **Ortogneiss** – Ortogneiss. *Paleozoico*.

Sottostazione Utente/Area BESS (Carta Geologica d'Italia-$\mathbf{a^{2-1}}$) - alluvioni non terrazzate, ghiaioso-sabbioso-limose, non alterate in superficie e depositi di spiaggia correlati. *Olocene.*

(CarG-**CMT2**) ***Subsintema di Dego*** – Depositi moderatamente alterati, costituiti da ghiaie grossolane arrotondate, prevalentemente a tessitura clasto-sostenuta, con clasti pluricentimetrici fino, localmente con abbondante matrice sabbioso-limosa a decimetrici; talvolta le ghiaie presentano assetto lentiforme con scarsa matrice. Sono presenti coltri di esondazione di spessore decimetrico sabbiosa a laminazione piano-parallela. Superfici terrazzate appartenenti a tale subsintema sono presenti fino a un massimo di 20 m dall'alveo attuale. *Pleistocene superiore-Olocene.*





FORMAZIONE DI MOLARE. Conglomerati poligenici più o meno cementati, con ciottoli ben arrotondati, di taglia assai variabile, in grosse bancate, localmente con intercalazioni di livelli arenacei e marnosi di colore rossiccio (0); marne ed arenarie finissime grigio-azzurre, marne calcaree grigio-giallastre fittamente stratificate, con locali intercalazioni di lenti e banchi di lignite: sono presenti resti vegetali (foglie, frutti, pollini) e animali (*Helix* sp., *Planorbis* sp., *Dreissensia* sp., *Antracotherium* sp., ecc.) (0m). ***OLIGOCENE.***



GRANITI DEL TORRENTE LETIMBRO. Graniti gneissici fortemente cataclasati, sovente interpretabili come anatessitici: biotitico-muscovitici, a grana grossa (Savona e Pallare), muscovitico-cloritici, microgranulari (Calizzano); granodioriti a grana grossa, cataclasate (Barbassiria) ***(nelle serie brianzonesi). PERMICO MEDIO ?***

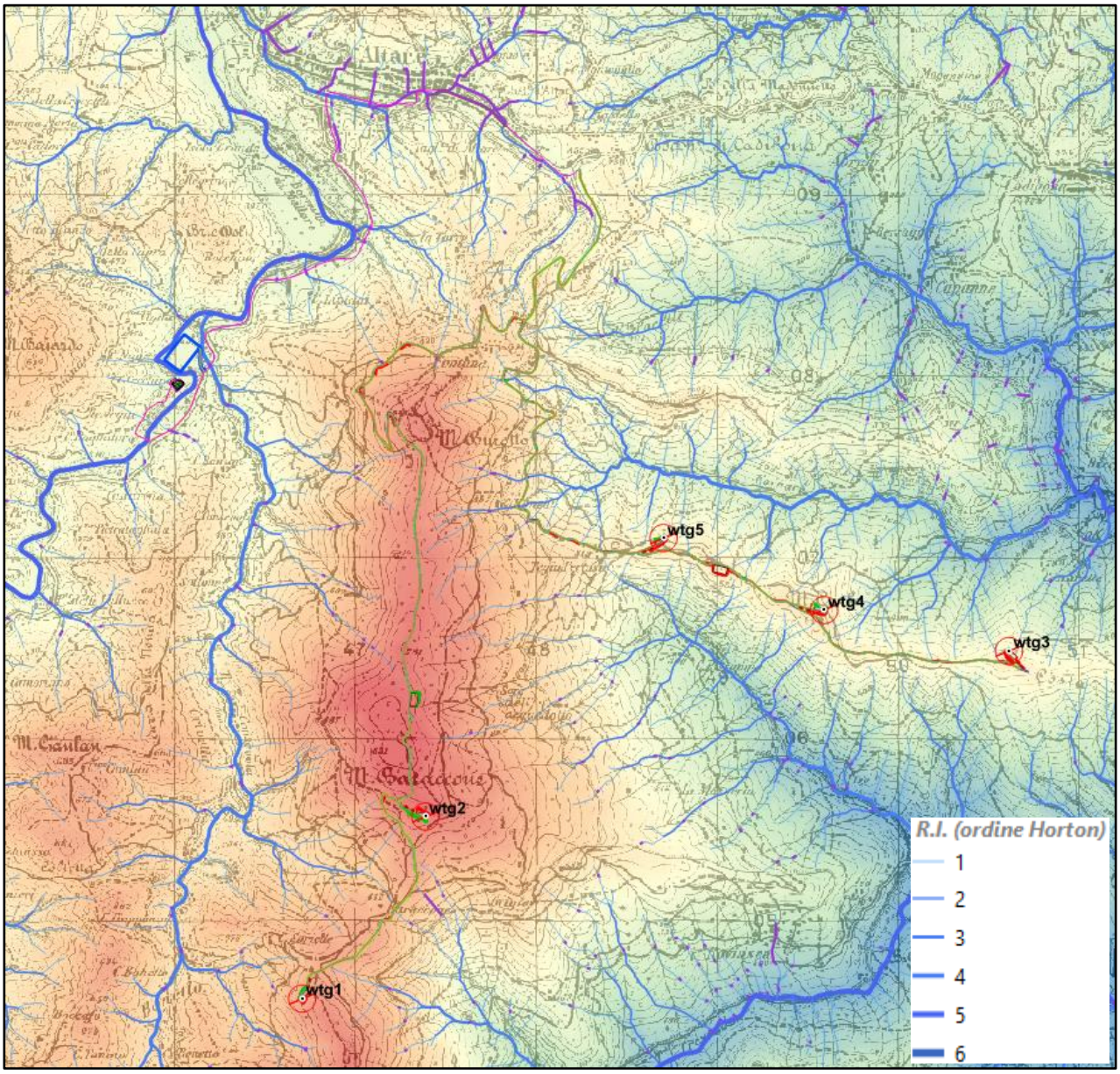


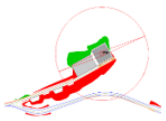
Figura 7: Stralcio della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 con il dettaglio del layout di progetto in sovrapposizione (fonte ISPRA CartoWeb).

3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

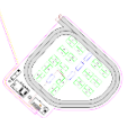
Dal punto di vista orografico l'area può essere inquadrata nell'alta collina - montagna con quote medie variabili dai 500-600 m fino a poco oltre i 1000 m, con la maggior elevazione rappresentata dal Piano dei Corsi, che culmina a 1028 m. l'area di progetto coincide anche con lo spartiacque fra il bacino del Po, a nord, con i rami sorgentizi della Bormida, con recapito Adriatico, e i modesti bacini che contraddistinguono la riviera ligure, brevi e ad elevata pendenza. Lo spartiacque coincide con la cresta che unisce le alture di Monte Burotto, Monte Baraccone, Colla del Termine, Monte Alto; a ovest di tale allineamento si sviluppa il sistema vallivo della Bormida di Mallare, mentre a est sono presenti le più ripide valli dei rami sorgentizi del Torrente Quiliano, che sfocia nel mar ligure fra Savona e Vado Ligure. La valle della Bormida, di maggior ordine gerarchico e con un bacino idrografico più ampio e strutturato, possiede un *floodplain*, pur se non ampio, e presenta molto spesso un fondo piatto, mentre il torrente Quiliano solo in prossimità della foce (dall'abitato di Quiliano verso valle) presente un materasso alluvionale, mentre tutti i settori prossimali e mediani sono caratterizzati da valli *V-shaped*, completamente prive di materasso alluvionale.

Analizzando le Bormide di Mallare e di Pallare, si può osservare che, al passaggio dalla formazione dei Porfiroidi del Melogno (PDM) a quella degli scisti di Murialdo (FMU), entrambi i corsi d'acqua tendono a deviare verso est per poi riprendere il loro corso verso nord. I bacini, entrambi asimmetrici, sono meno sviluppati nelle porzioni adiacenti, con versanti che arrivano ad essere di dimensioni decisamente ridotte, tanto che i due corsi d'acqua si distanziano di soli 700 m circa, all'altezza di Rocca Tavana.

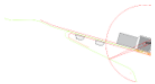



Piazzola (con scavi e riporti

Strade


Area BESS/Sottostazione Utente


Area TERNA


Cavidotto (in giallo)


Area di stoccaggio

Figura 8: modello in falsi colore dell'elevazione del terreno (DTM) della Regione Liguria su carta d'Italia in scala 1:25.000, con in sovrapposizione il reticolo idrografico, classificato secondo l'ordine Horton-Strahler; si nota la dorsale principale dell'area, al centro della figura, in toni caldi, che divide il bacino della Bormida, a ovest, a deflusso adriatico e afferente al bacino del Po, dal bacino del Torrente Quiliano, a deflusso ligure. In toni caldi gli alti morfologici, mentre in toni fredde le aree a minore elevazione.

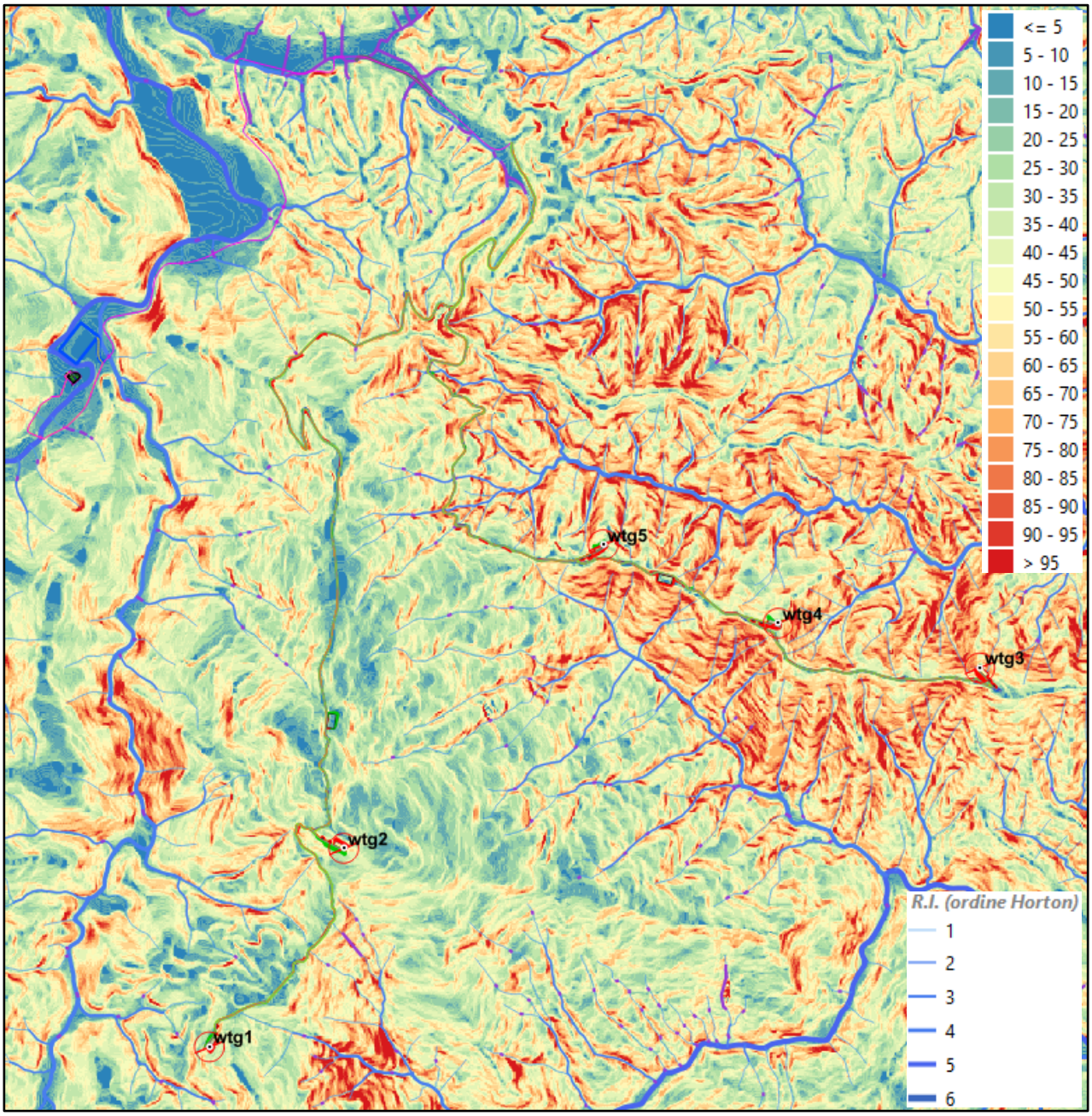


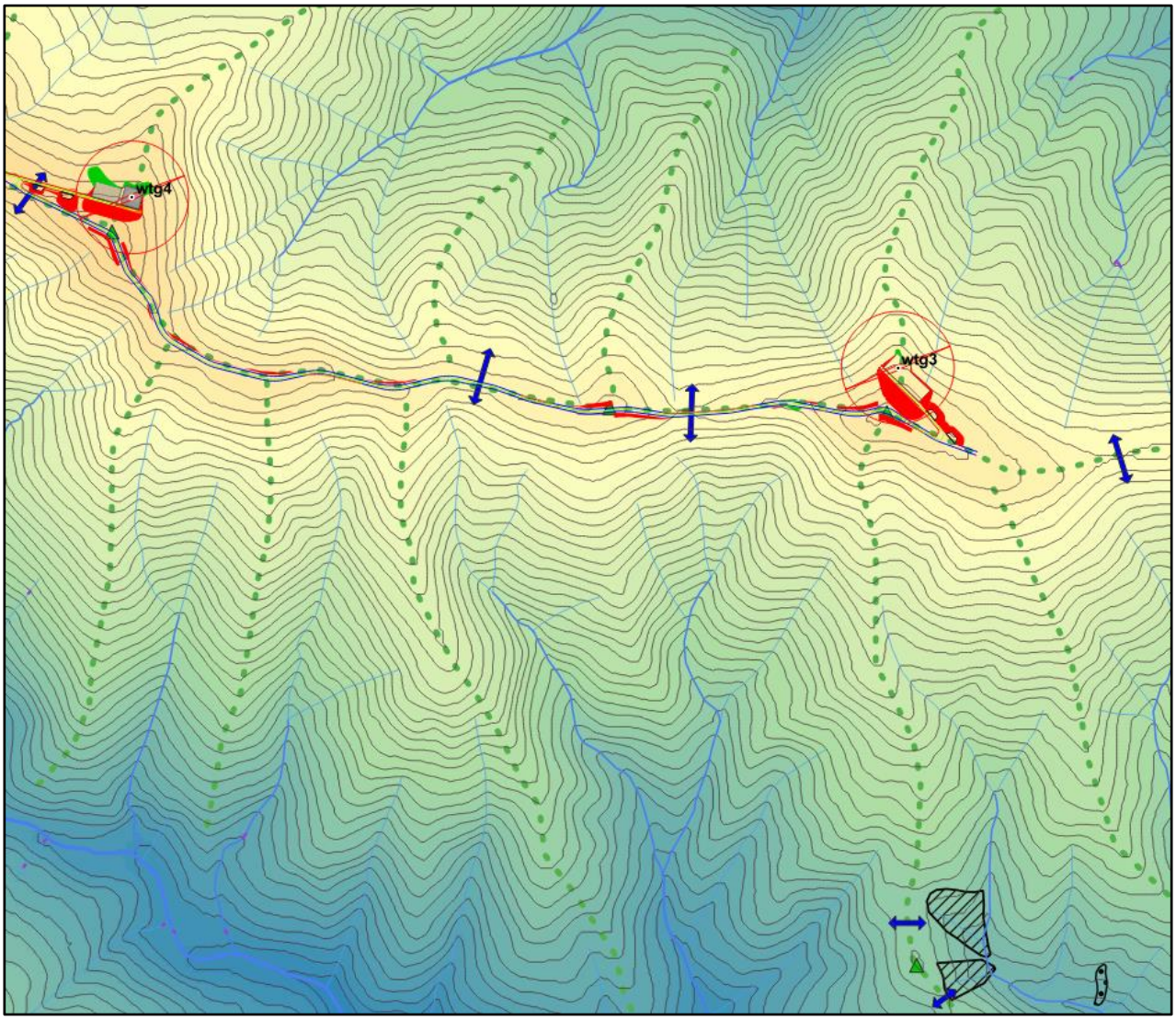


Figura 9: carta delle pendenze (espresse in termini percentuali), da cui si evince la notevole asimmetria fra i contesti morfologici del bacino della Bormida, da quelli del Torrente Quiliano, in cui le pendenze sono generalmente molto maggiori, in particolare a sud e a nord della cresta su cui verranno realizzati gli aerogeneratori 3, 4 e 5. Pendenze in percentuale.

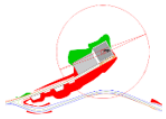
3.1. QUADRO GEOMORFOLOGICO LOCALE

Il contesto morfologico locale appare evidentemente diversificato fra le tipologie di opere in progetto e in particolare fra l'area dell'impianto eolico, tipicamente collocato in aree elevate per sfruttare la risorsa eolica, e le aree dell'impianto BESS e della SottoStazione, collocata invece in contesto tipicamente vallivo, nei pressi delle vie di comunicazione.

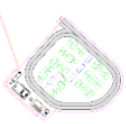
Le WTG 3, 4 e 5 sono poste in un contesto morfologico molto simile, in quanto tutte collocate nella zona di top di una stretta dorsale che si stacca a est della dorsale principale Monte Buratto-Monte Baraccone intorno alla quota 520 m e si dirige in direzione est-sud-est verso l'altura secondaria del Monte Curlo (posizione della WTG4) e che digrada verso la località Costa di Casa (WTG3). Tale affilata dorsale separa due sottobacini del bacino principale del Torrente Quiliano. A nord viene delimitata dalle aste del Torrente Cornaro e del Torrente Quazzola, di IV e V ordine Horton rispettivamente, mentre a sud è delimitata dal Rio Pescio (IV ordine) e dal Rio Trexenda (V Ordine). I versanti sottesi dalla linea di dorsale e dalle aste alla loro base, sono piuttosto acclivi, con pendenza molto spesso compresa fra il 50 e il 100%, ma con singole porzioni che oltrepassano il 100%.



Crolli e frane superficiali diffuse
Deformazioni Gravitative Profonde di Versante
Scorrimenti, colate, frane complesse
Selle
Top
dorsali


Piazzola (con scavi e riporti


Strade


Area BESS/Sottostazione Utente


Area TERNA


Cavidotto (in giallo)


Area di stoccaggio

Figura 10: Dettaglio morfologico dell'area delle WTG 3 e 4; sono riportatele curve di livello con equidistanza 5 m, le aree di alto morfologico isolato (top, alture) e le selle morfostrutturali. Il reticolo idrografico è tematizzato secondo l'ordine di Horton-Strahler. Appare evidente la sottile dorsale, lievemente ondulata, su cui si sviluppa la viabilità di accesso, mentre le WTG sono collocate nei pressi di cocuzzoli. Aste del primo ordine lambiscono, ma non interessano, le aree di piazzola. In toni caldi gli alti morfologici, mentre in toni fredde le aree a minore elevazione.

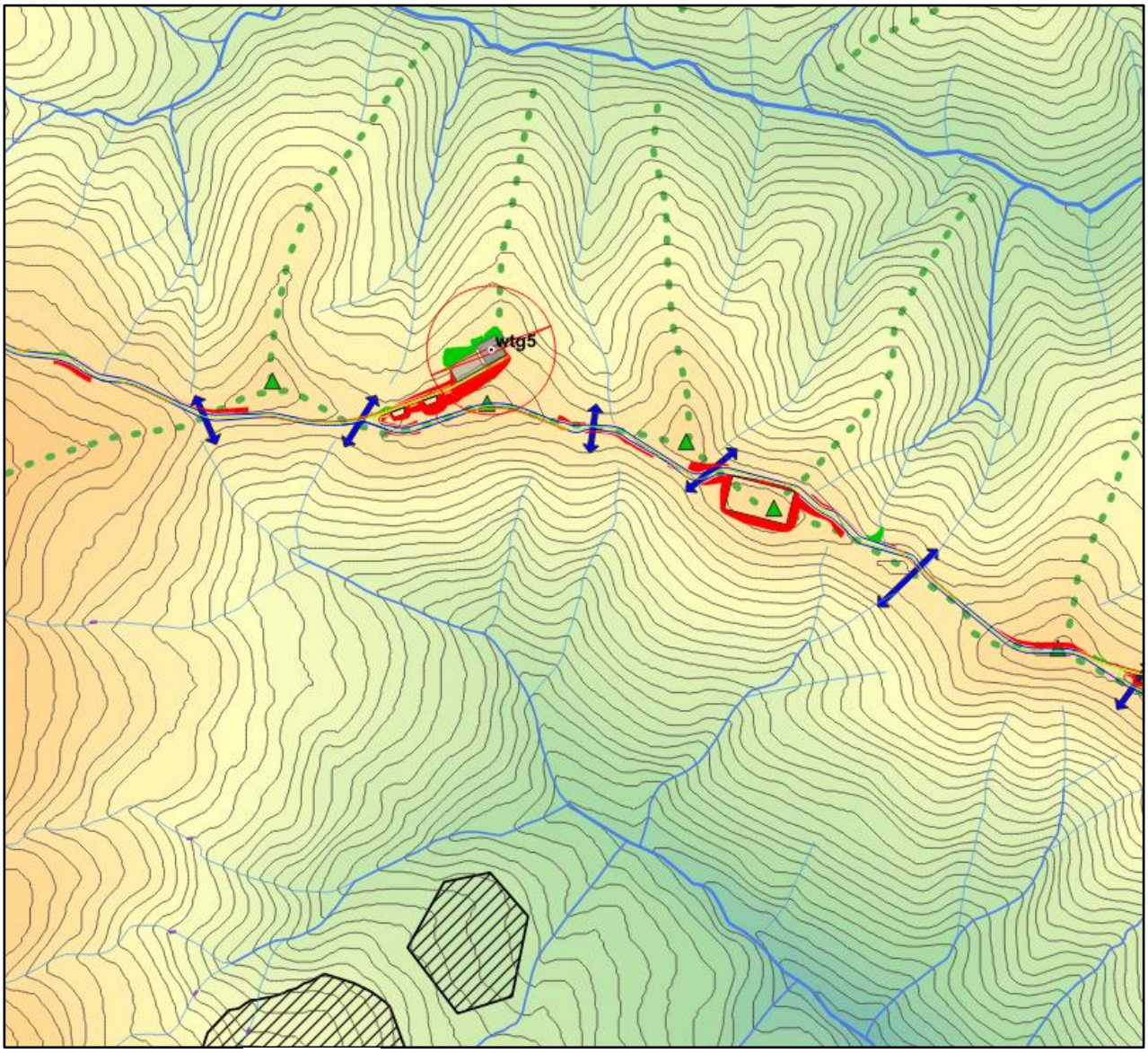
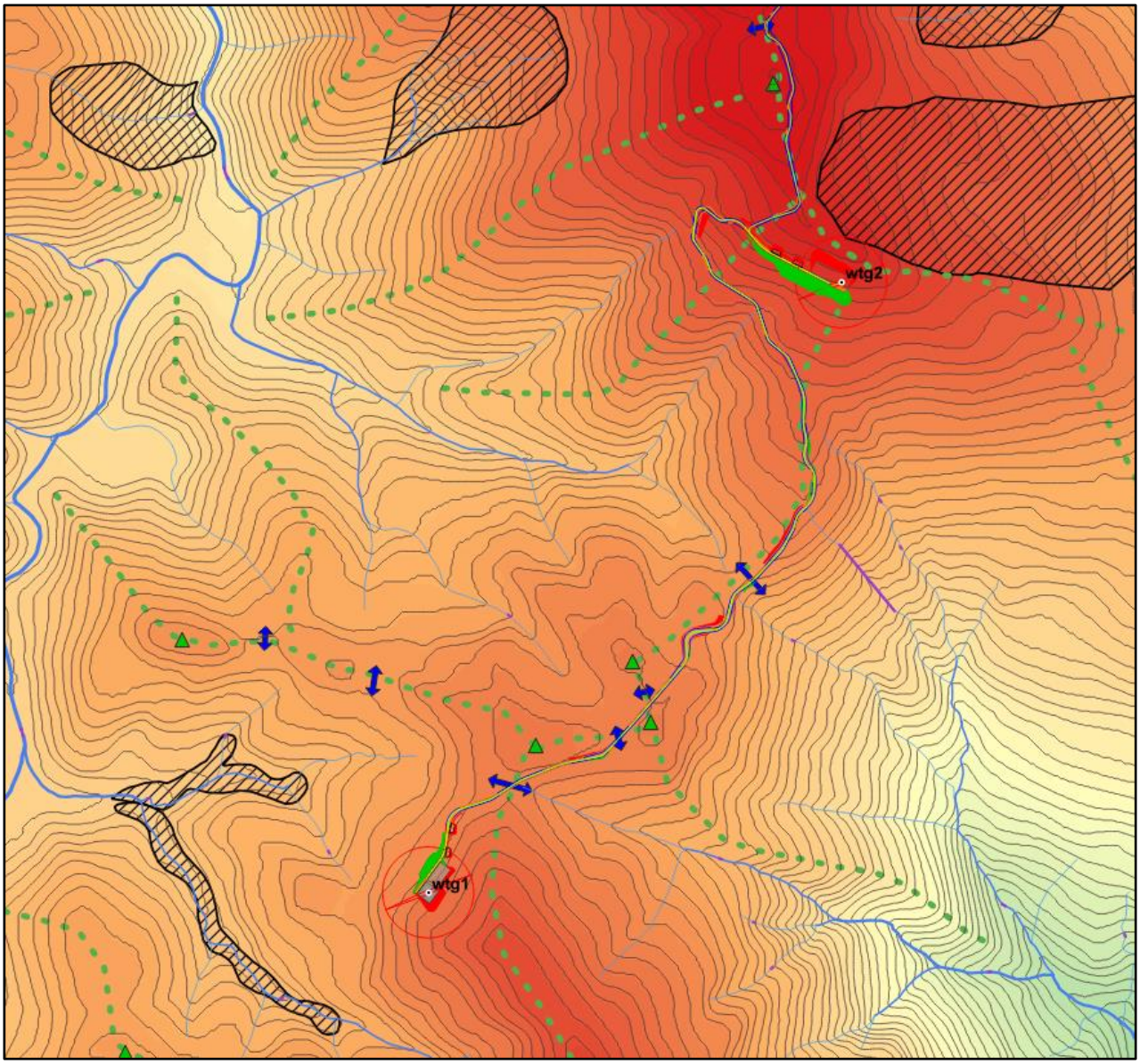
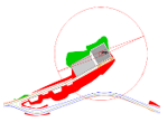
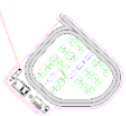


Figura 11: area di progetto della WTG5 e della piazzola di stoccaggio posta fra WTG4 e WTG5; si nota che dette opere sono collocate sul filo di cresta o a ridosso di esso. La WTG 5 in particolare è collocata circa 10 m sotto la quota massima del top locale, sul versante che guarda verso nord, ove si sviluppa una modesta dorsale secondaria, compresa fra un'asta di secondo II ordine verso ovest e di I ordine verso est. In toni caldi gli alti morfologici, mentre in toni fredde le aree a minore elevazione.



Selle
Top
dorsali
Crolli e frane superficiali diffuse
Deformazioni Gravitative Profonde di Versante
Scorrimenti, colate, frane complesse


Piazzola (con scavi e riporti


Area BESS/Sottostazione Utente


Cavidotto (in giallo)

Strade


Area TERNA


Area di stoccaggio

Figura 12: Elementi geomorfologici per l'area di progetto della WTG1 e WTG2. È possibile osservare che la WTG2 è posta quasi all'unione di due che si generano dall'altura del Monte Baraccone, una in direzione sud e poi sud-

est e una seconda, di importanza regionale poiché rappresenta lo spartiacque fra deflusso adriatico e deflusso ligure. Fra la WTG 2 e la WTG1 è presente un'importante insellatura morfostrutturale, che corrisponde a un contatto tettonico fra litologie. In toni caldi gli alti morfologici, mentre in toni fredde le aree a minore elevazione.

Come affermato precedentemente, il contesto geomorfologico è completamente differente, poiché invece che in una situazione di alto morfologico (come per le WTG), le aree di realizzazione dell'impianto BESS e della SottoStazione ricadono in un contesto vallivo, essendo collocate in sinistra idrografica della Bormida di Mallare, in un tratto in cui tale asta drenate, di ordine Horton 5 in questo settore, scorre lievemente incassato e in cui è presente un modesto materasso alluvionale. In tale settore la piana alluvionale ha una larghezza variabile da 250 a 360 m circa e tale settore è compreso fra due strettoie, in cui la larghezza si riduce drasticamente e il materasso alluvionale scompare completamente.

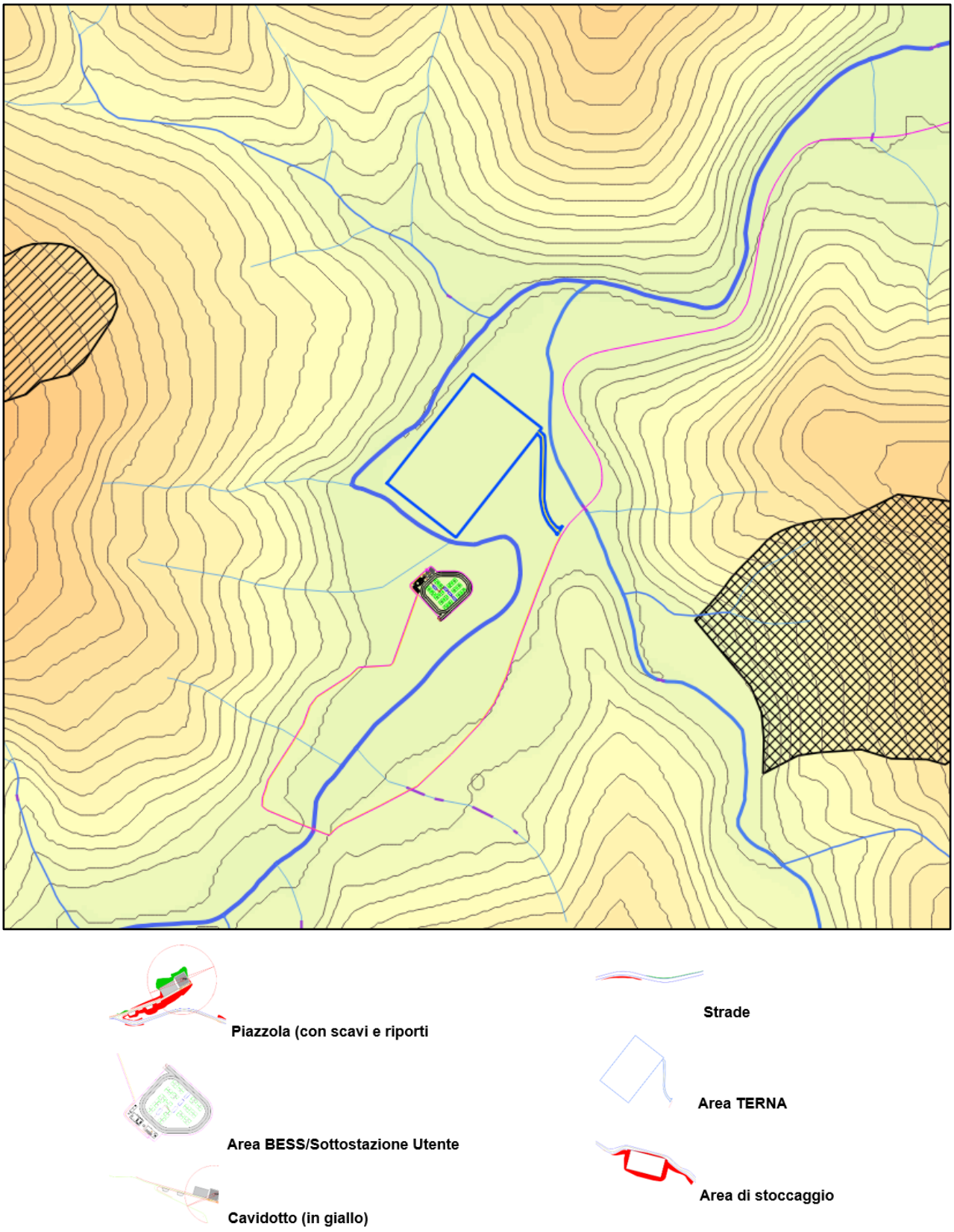


Figura 13: Area di Progetto dell'impianto BESS, posta immediatamente in sinistra idrografica della Bormida di Mallare. Il materasso alluvionale, piuttosto ampio nell'area di interesse progettuale, si restringe drasticamente a monte e a valle.

Un quadro sulla stabilità morfologica generale dell'area, per il versante dei bacini di pertinenza

dell'Autorità di Bacino dell'Appennino Settentrionale – UOM Liguria, può essere valutato dalla Carta di Suscettività al dissesto, di cui si riporta stralcio della sovrapposizione in ambiente GIS con il layout di progetto. Il tematismo è riportato in termini di pericolosità, crescente da Pg0 a Pg4.
Tale carta è costruita sulla base delle frane individuate, pendenza dei versanti e della suscettività intrinseca dei litotipi. Tutte le WTG e le aree delle rispettive piazzole (nonché l'area di stoccaggio) ricadono in aree classificate in PG1 e in parte in PG0, mentre alcuni tratti stradali in adeguamento ricadono in aree classificate Pg2.

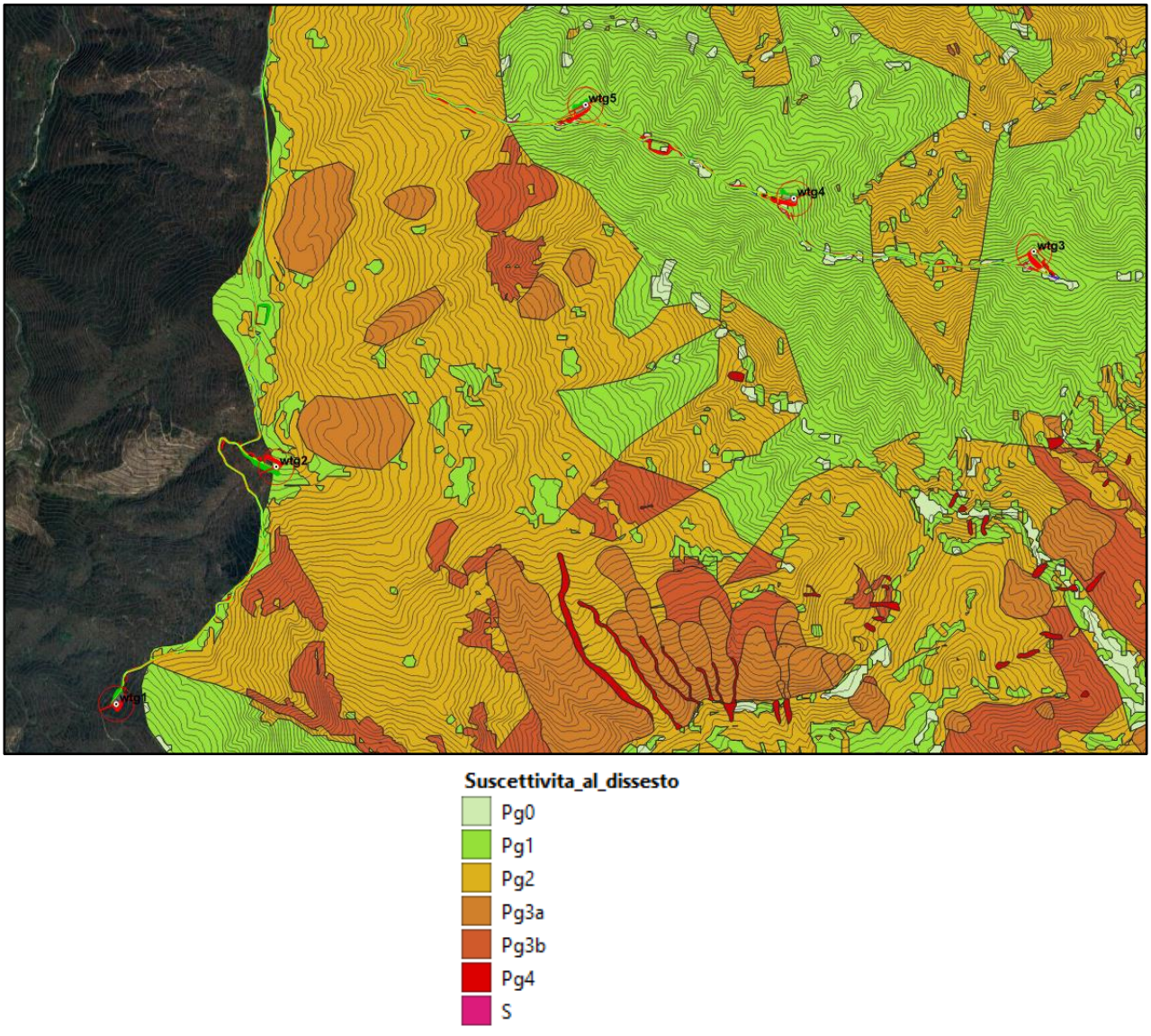


Figura 14: Carta della suscettività al dissesto per l'area di progetto che ricade nel territorio di competenza dell'Autorità di bacino dell'Appennino Settentrionale – UOM Liguria. Le WTG ricadono tutte in aree a suscettività Pg1 e le piazzole in parte in aree Pg0.

4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'area di progetto presenta, come già evidenziato per la componente geomorfologica,

caratteristiche molto diversificate fra l'area di posizionamento degli aerogeneratori, tutte situate in contesti di alto morfologico e l'area di fondovalle in cui è posizionato l'impianto BESS. Le WTG (e le aree di stoccaggio), sono poste tutte in corrispondenza delle dorsali o nelle loro immediate vicinanze oppure direttamente in corrispondenza dei top morfologici. Tale assetto morfologico risulta, unitamente alle alte pendenze, sono condizioni sfavorevoli all'infiltrazione efficace dei filetti fluidi e sono, per converso, favorevoli alle condizioni di ruscellamento superficiale. Le aree di fondovalle, in virtù delle pendenze basse o moderate, sono favorevoli all'infiltrazione efficace, soprattutto in presenza di terreni dotati di caratteristiche favorevoli, quali quelle tipiche dei contesti alluvionali, di cui daremo a seguire qualche approfondimento.

Da un punto di vista dei complessi idrogeologici è possibile analizzare le aree di progetto a partire dalle caratteristiche geolitologiche; costituisco complessi idrogeologici infatti, le unità litologiche che si presentano affini nei riguardi delle caratteristiche qualitative e quantitative. Su tali basi è possibile riconoscere, in corrispondenza delle opere di progetto, i seguenti complessi idrogeologici:

- Complesso detritico e alluvionale

Si tratta del complesso che racchiude i terreni strettamente alluvionali, gli *alluvial fans* e gli *alluvial cone*, nonché le falde detritiche. Si tratta di un complesso a permeabilità primaria singenetica per porosità; solitamente nei contesti come quello di progetto, pur essendo la permeabilità alta o molto alta, la trasmissività risulta comunque modesta, poiché lo spessore di tale complesso è generalmente molto limitato. Nei tratti vallivi con maggiore spessore del *floodplain* tale complesso assume importanza idrogeologica per lo sfruttamento della risorsa. Il complesso ospita solitamente una falda freatica a pelo libero, di modesto spessore, solitamente alimentata in maniera diretta dall'apporto fluviale.

- Complesso litoide cristallino e metamorfico isotropo fratturato

Tale complesso è costituito da tutte le rocce, cristalline e metamorfiche che hanno un comportamento litoide sostanzialmente isotropo, senza direzioni preferenziali delle discontinuità, in cui la circolazione dei filetti fluidi è sostanzialmente controllata dalle discontinuità di tipo tettonico. La permeabilità è esclusivamente secondaria, per fratturazione. Tale complesso ha permeabilità generalmente media o bassa, ma riveste importanza regionale come complesso acquifero a causa degli spessori spesso molto rilevanti degli orizzonti fratturati; solitamente il tamponamento delle falde avviene negli orizzonti in cui la fratturazione diminuisce drasticamente a causa della chiusura delle discontinuità dovuta al carico litostatico.

- Complesso litoide metamorfico pelitico anisotropo

Complesso costituito da rocce metamorfiche derivante da terreni pelitici e che hanno sviluppato marcate anisotropie durante la fase metamorfica, con generazione di piani di fissilità che guidano in maniera decisiva lo spostamento dei filetti fluidi e a cui bisogna aggiungere il contributo della

fratturazione. La permeabilità è secondaria per fratturazione, come nel complesso precedente e analoghe sono le altre caratteristiche, ma la permeabilità è generalmente minore, da medio-bassa a bassa e talora, per alterazione, si possono generare fasce argillificate che deprimono ulteriormente la permeabilità complessiva.

- Complesso arenaceo-conglomeratico a permeabilità mista

Appartengono a tale complesso le formazioni a carattere arenaceo e conglomeratico, sia ben cementate, sia cementazione incipiente o localmente assente. In tale complesso la permeabilità è di tipo misto, in quanto esiste sia una permeabilità primaria singenetica per porosità, nei quali lo spostamento dei filetti fluidi avviene all'interno dei meati esistenti fra i grani componenti la roccia, sia una permeabilità secondaria, postgenetica, per fratturazione, che interessa le porzioni più strettamente litoidi del complesso. Tale complesso è quindi generalmente considerato come complesso acquifero di importanza regionale, poiché lo spessore è solitamente rilevante e la permeabilità è media e talora medio-alta.

5. INQUADRAMENTO CLIMATOLOGICO

Cenni climatici generali sulla provincia di Savona si riportano a seguire, tratti dal sito Meteo e Clima in Provincia di Savona | Previsioni meteo regionali, Il clima della provincia di Savona è quello tipico dell'area Mediterranea. In inverno le temperature, nell'area litoranea, sono complessivamente miti, con valori medi giornalieri che passano da temperature medie prossime ai +10 °C (al confine con la Provincia di Imperia) ai +7/+8 °C che si trovano nella fascia costiera centro-orientale. L'estate è calda, ma tipicamente senza eccessi, con valori medi di luglio che oscillano tra i +23 e i +25 °C, nel complesso il clima del settore costiero più interno (centro-orientale ed orientale) risulta meno caldo ma più afoso rispetto alle zone più ad ovest.

Anche l'entroterra marittimo è piuttosto mite, sebbene meno mitigato rispetto alle coste, anche in funzione della maggiore altimetria e della morfologia del territorio, che tende a creare microclimi vallivi o di pianura sublitoranea. Le escursioni termiche sono moderate e gli inverni complessivamente non rigidi, anche se contraddistinti da gelate abbastanza frequenti e talvolta anche da discreti valori di nevosità. Qui le estati possono essere piuttosto calde (nelle piane sublitoranee e nei fondovalle più bassi e meno soggetti alle brezze) o nell'insieme fresche e gradevoli (nelle aree collinari interessate più direttamente dalle brezze marittimo-costiere).

Nell'area interna è presente una più marcata continentalità, con forti escursioni termiche giornaliere, moderate escursioni termiche stagionali e inverni complessivamente rigidi, nevicate spesso copiose e con buona persistenza del manto nevoso; qui le estati sono spesso piuttosto calde, con massime diurne che in luglio ed agosto possono superare con una certa facilità i +30 °C e valori massimi stagionali attorno ai +33/+35 °C.

Le zone montuose, al di sopra dei 900/1000 metri sono caratterizzate da inverni freddi e nevosi ed estati fresche e talvolta instabili. Le piogge tendono infatti ad aumentare procedendo dalla costa verso il crinale alpino-appenninico, per poi diminuire lievemente verso il versante padano. Si passa da minimi pluviometrici intorno ai 650/700 mm al confine con la provincia di Imperia a massimi di circa 1000 mm al confine con quella di Genova. La zona più piovosa della provincia di Savona è quella nord-orientale, in particolari i rilievi del Gruppo del Beigua, dove si registrano valori medi attorno ai 1600/1700 mm all'anno.

Le aree di progetto sono comprese fra le quote 500 e 750 circa per quanto riguarda le WTG, ubicate sempre in corrispondenza di alture morfologiche e quindi con condizioni meteo-pluviometriche sostanzialmente di tipo montano, mentre per l'impianto BESS, collocato in contesto vallivo, bisogna considerare la presenza di un microclima maggiormente continentale, con la possibilità frequente dei fenomeni di inversione termica, ma di un minor carico pluviometrico medio.

6. VINCOLI TERRITORIALI

L'area di progetto rientra a cavallo dello spartiacque alpino-appenninico, che separa il bacino del Po a nord, dai bacini, che defluiscono verso il Mar Ligure, di entità decisamente più modesta. Tale fattispecie implica la presenza nell'area di progetto di due distinte autorità di bacino: l'Autorità di Interregionale di Bacino del Fiume Po (AIPO – UOM 008) e l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, segnatamente l'UOM Liguria. Saranno quindi esaminati i tematismi di entrambe le Autorità.

6.1. PAI

Per l'area ricadente nell'ambito territoriale della Regione Liguria, di pertinenza dell'Autorità di bacino dell'Appennino Settentrionale – UOM Liguria, sono disponibili i livelli WMS messi a disposizione direttamente dall'Autorità di Bacino. Si riportano quindi a seguire i relativi tematismi circa la pericolosità e rischio da frana. Per le aree delle WTG non sono presenti aree considerate a pericolosità media o alta, ma solo a pericolosità moderata.

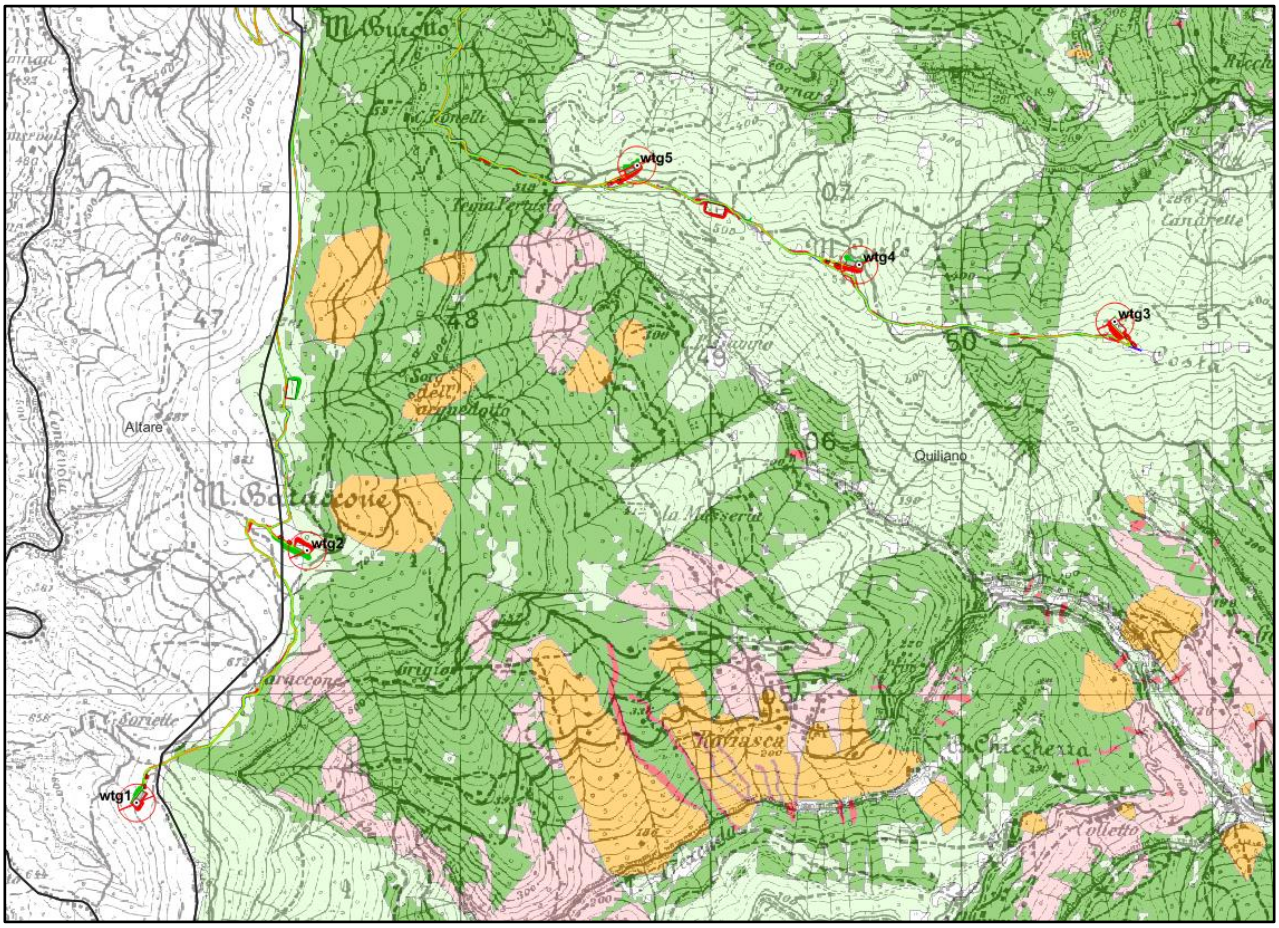




Figura 15: Perimetrazione della pericolosità da frana per l'area di pertinenza della UOM Liguria (fonte WMS https://geodataserver.appenninosettentrionale.it/arcgis/services/ProgPAI_2022/ppai22_pericolosita_liguria/MapServer/WMSServer)

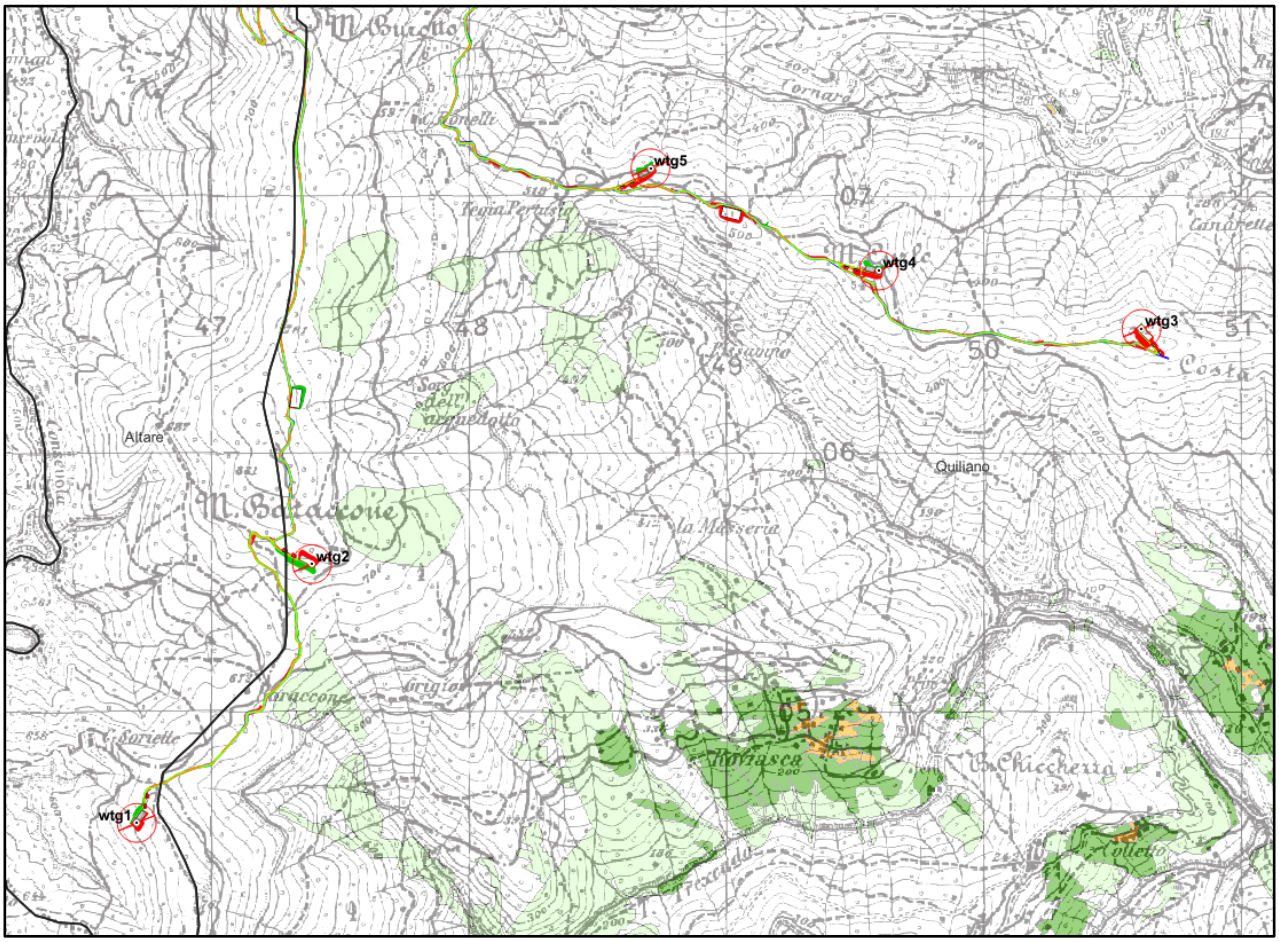
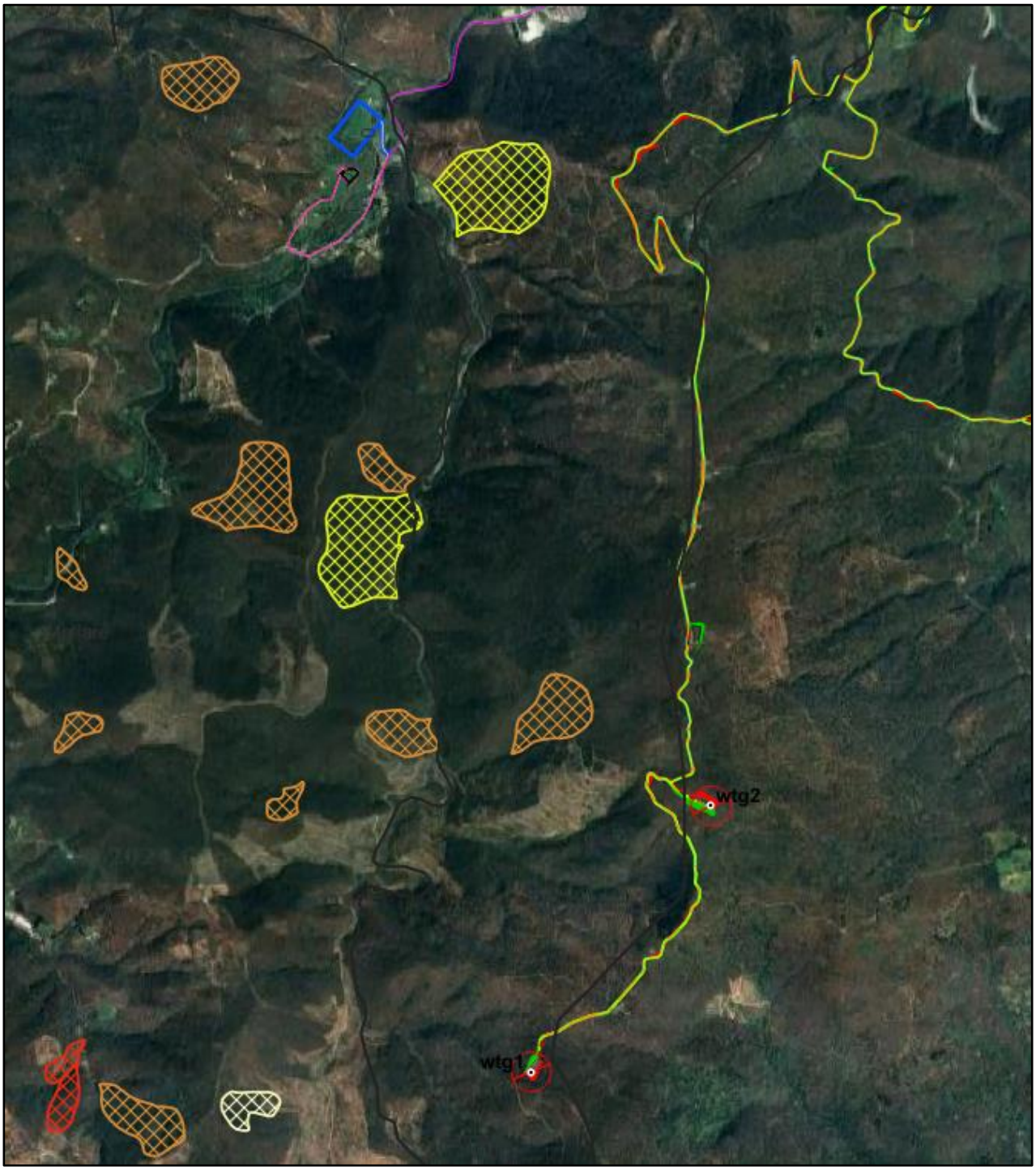


Figura 16: Perimetrazione del rischio frana per l'area di pertinenza della UOM Liguria (fonte WMS https://geodataserver.appenninosettentrionale.it/arcgis/services/ProgPAI_2022/ppai22_rischio_liguria/MapServer/WMSServer)



Piazzola (con scavi e riporti

Strade

Area BESS/Sottostazione Utente

Area TERNA

Cavidotto (in giallo)

Area di stoccaggio

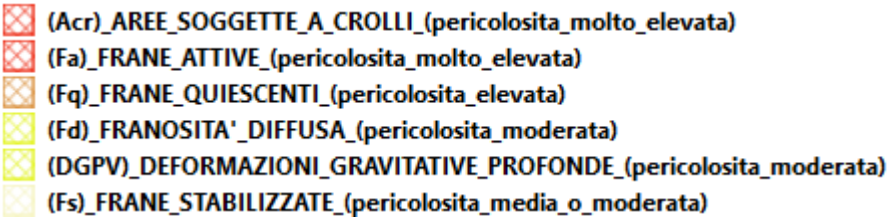
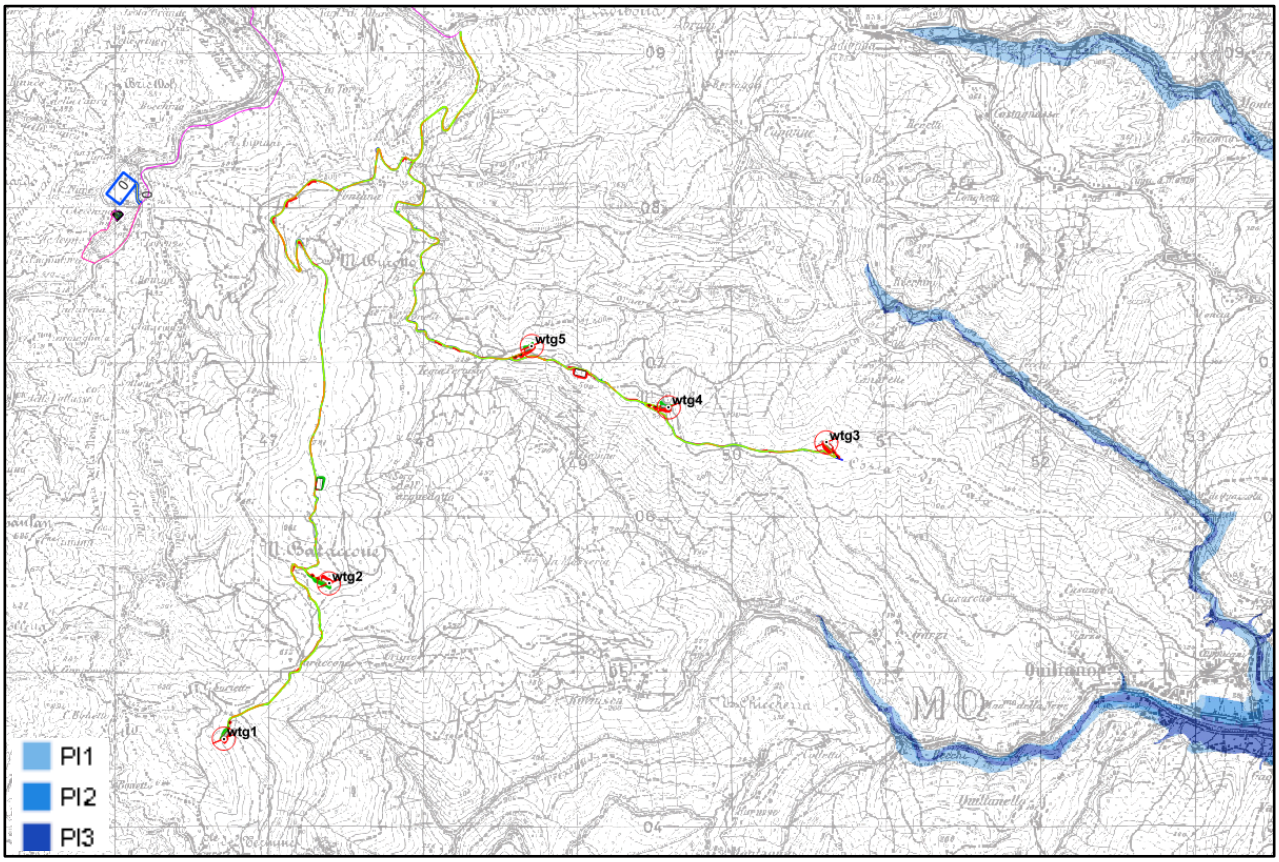


Figura 17: Perimetrazione della pericolosità per l'area di progetto dell'AIPO (shapefile in ambiente GIS)

6.2. PGRA

Nell'ambito del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, che recepisce e supera quanto riportato nei PAI per quanto attiene alla componente alluvione, secondo quanto stabilito dalla Direttiva Alluvioni 2007/60/CE, si riportano le mappe di pericolosità, sia per l'UOM Liguria, sia per l'UOM 008 che afferisce all'AIPO. Tutta l'area di progetto dell'impianto eolico si sviluppa in aree di cresta e quindi è molto lontana, sia planimetricamente, sia altimetricamente, dalle zone a rischio alluvionamento, che riguardano solo le aree vallive dell'impianto BESS/Sottostazione Utente



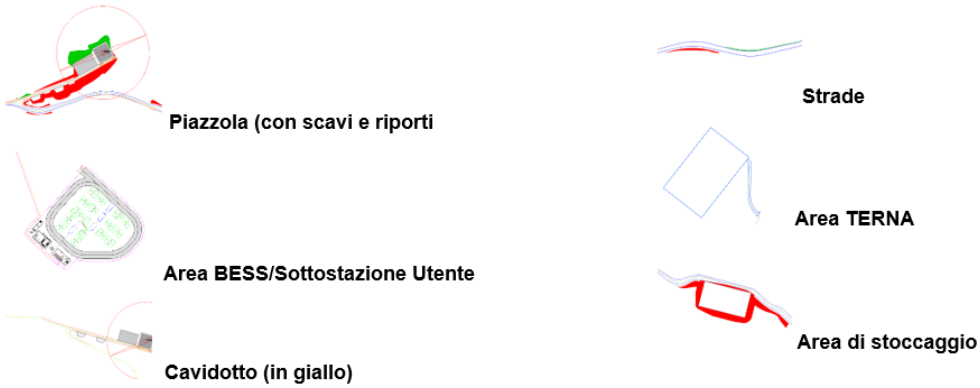
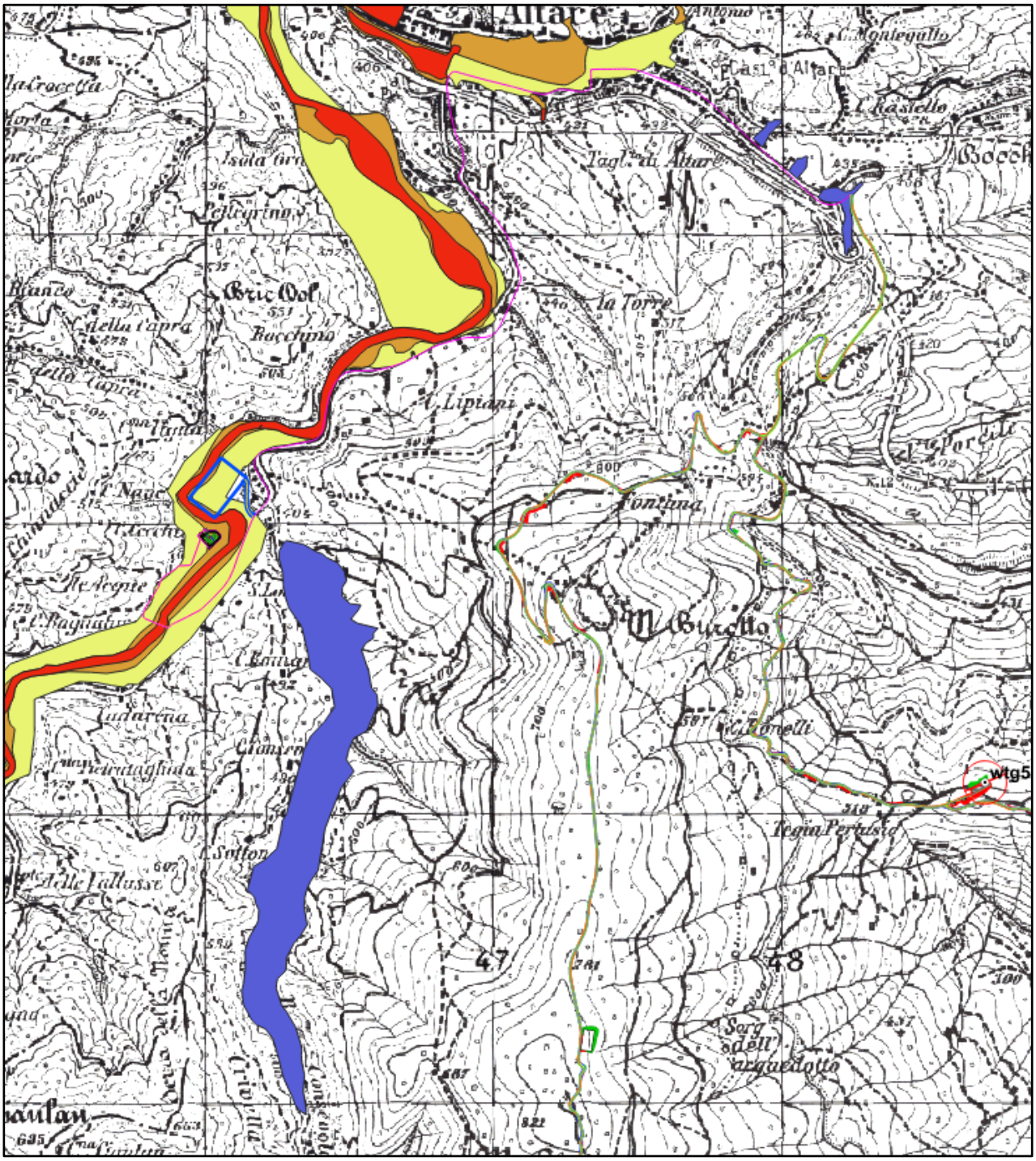


Figura 18: Mappatura delle aree a pericolo alluvione per l'area di competenza territoriale della Liguria; tutte le aree sono molto a valle delle opere di progetto. Fonte:
https://geodataserver.appenninosettentrionale.it/arcgis/services/Pericolosita_Alluvione/PGRA_Pericolosita/MapServer/WMSServer

Per le aree di competenza dell'AIPO il discorso è molto differente, in quanto sono presenti diversi elementi di progetto che ricadono in aree a vario grado di pericolo: se da una parte il cavidotto, pur ricadendo in aree P1 (prevalenti), P2 e P3 (piccoli tratti) è posto interamente su strada asfaltata, l'area BESS/Sottostazione Utente ricade in aree perimetrate a pericolosità P1 (media) e P2 (elevata). A seguire si riportano due immagini, di cui una di dettaglio dell'area BESS/Sottostazione Utente.



Piazzola (con scavi e riporti

Strade

Area BESS/Sottostazione Utente

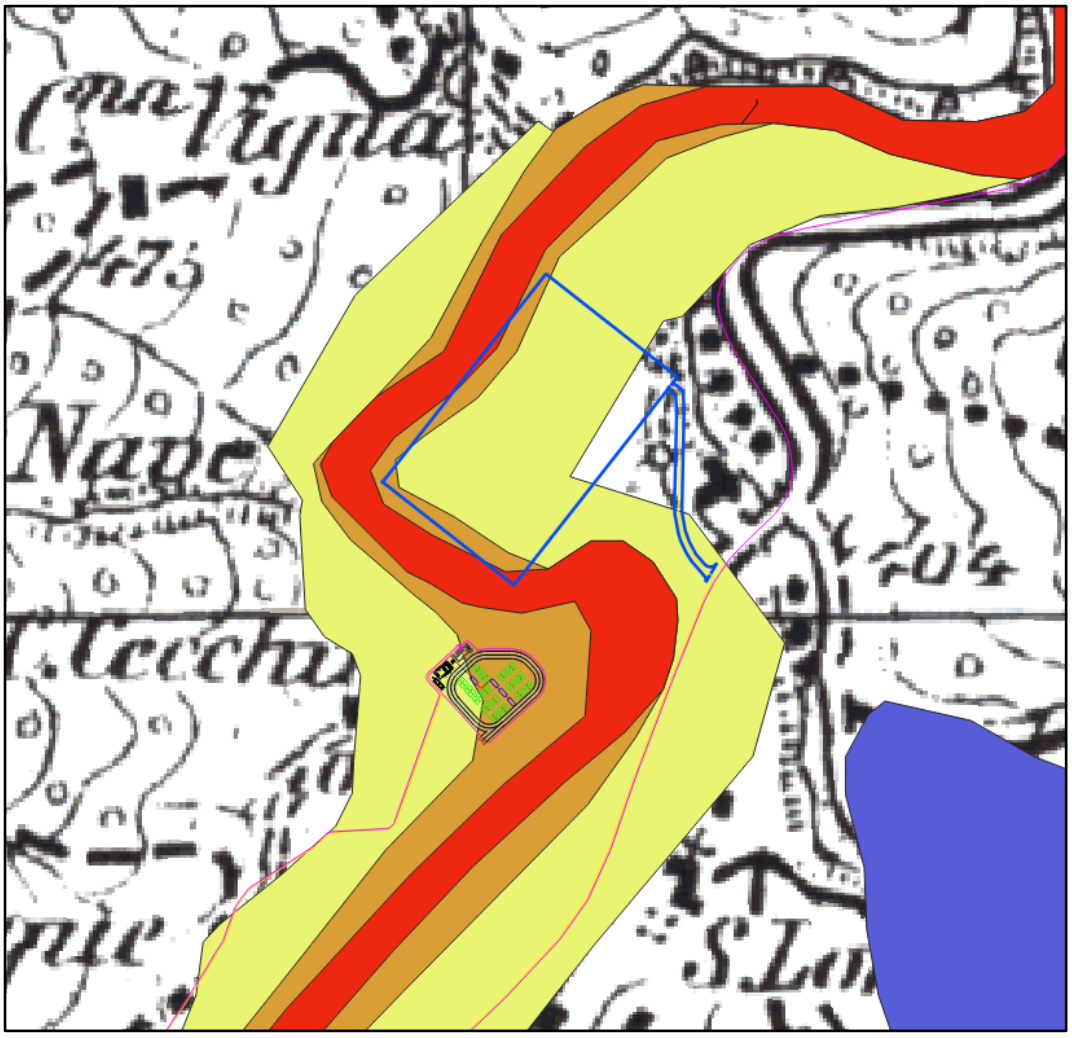
Area TERNA

Cavidotto (in giallo)

Area di stoccaggio

(Pi_3)_AREE_INTERESSATE_DALL'ALLUVIONE_2016
(Pi_3)_AREE_'EE'_PAI_E_'STORICAMENTE_INONDATE'_NON_INDAGATE
(Pi_3)_AREE_A_PERICOLOSITA'_MOLTO_ELEVATA
(Pi_2)_AREE_A_PERICOLOSITA'_ELEVATA
(Pi_1)_AREE_A_PERICOLOSITA'_MEDIA

Figura 19: Mappa di pericolosità del PGRA per il bacino del Po. Shapefile in ambiente GIS. Le aree di progetto rientrano in aree a a pericolosità media ed elevata.





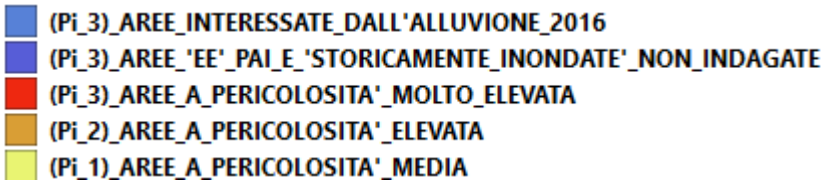


Figura 20: Dettaglio della pericolosità idraulica dell'AIPO per l'area dell'impianto BESS/Sottostazione. Parte dell'area di progetto è classificata a pericolosità P1-media e parte a pericolosità P2, elevata. Piccole porzioni dell'area TERNA, non facente parte della presente progettazione, ricadono in aree a pericolosità molto elevata.

7. INQUADRAMENTO SISMO-TETTONICO GENERALE

Come discusso nell'ambito della caratterizzazione geologica generale, l'area rientra nel contesto geodinamico dell'orogenesi alpina e della conseguente strutturazione della Catena. Dalla fine della strutturazione dell'orogene la tettonica ha assunto un ruolo decisamente minore e attualmente si riconosce attività in questo settore solo nella zona offshore di Imperia. Lineamenti neotettonici dubbi sono riportati nell'ambito del progetto ITHACA, di cui si dirà a seguire.

7.1. SISMICITÀ STORICA

La sismicità storica in Italia è ampiamente documentata in una serie di fonti, ovviamente molto ricche per l'età moderna, grosso modo dal '600 in poi e diminuisce fortemente andando a ritroso nel tempo a causa della carenza archivistica. Tali carenze risultano solitamente crescenti per i contesti montani e per i centri abitati minori, mentre maggiori informazioni storiche si possono rintracciare per i centri abitati di dimensioni rilevanti.

Quiliano

PlaceID	IT_32844
Coordinates (lat, lon)	44.294, 8.404
Municipality (ISTAT 2015)	Quiliano
Province	Savona
Region	Liguria
No. of reported earthquakes	7

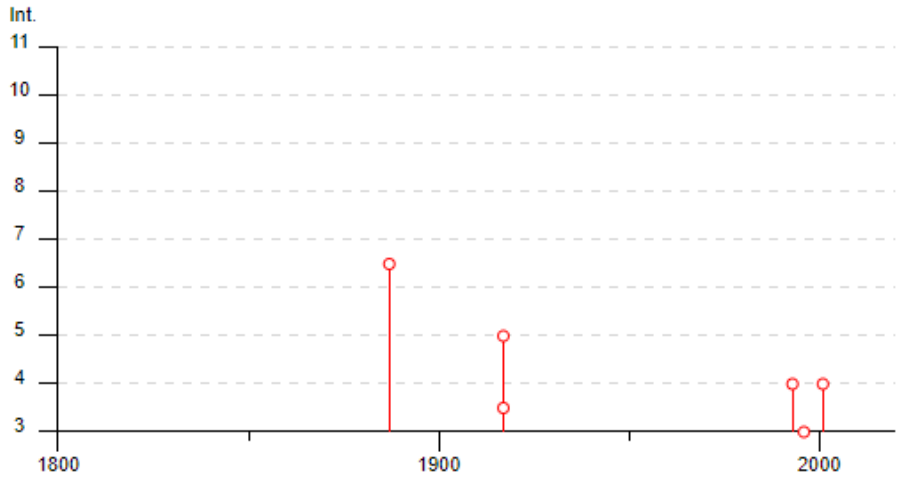


Figura 21: Storia sismica del centro abitato di Quiliano in formato grafico (fonte progetto Emidius CPTI15-DBMI15 v4.0).

Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
6-7	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
5	1917	01	07	03	39		Savonese	32	5	4.35
3-4	1917	05	01	08	30		Liguria occidentale	9	4	3.75
4	1993	07	17	10	34	5	Liguria occidentale	336	5	4.34
3	1996	11	25	19	47	2	Liguria occidentale	18		4.01
2-3	2000	08	21	17	14		Monferrato	595	6	4.94
4	2001	02	06	22	28	4	Mar Ligure	47	4-5	4.17

Figura 22: Storia sismica di Quiliano in formato tabellare, con i dati sismici principali (fonte progetto Emidius CPTI15-DBMI15 v4.0).

Altare

PlaceID	IT_32463
Coordinates (lat, lon)	44.336, 8.339
Municipality (ISTAT 2015)	Altare
Province	Savona
Region	Liguria
No. of reported earthquakes	14

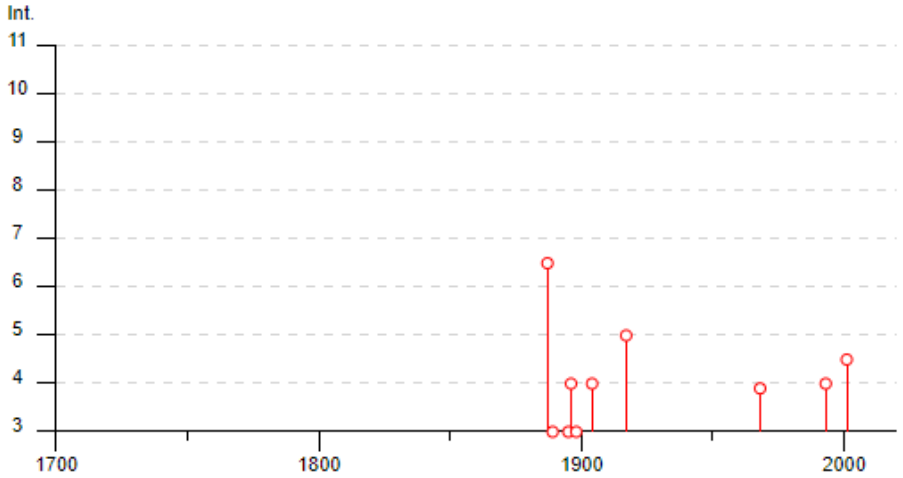


Figura 23: Storia sismica del centro abitato di Altare in formato grafico (fonte progetto Emidius CPTI15-DBMI15 v4.0).

Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
6-7	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
3	1889	03	08	02	57	0	Bolognese	38	5	4.53
3	1895	08	07	19	49	3	Appennino tosco-emiliano	84	5	4.67
4	1896	10	16				Liguria occidentale	55	6	4.91
NF	1897	07	06	20	44		Mar Ligure	62	5	4.22
3	1898	03	04	21	05		Parmense	313	7-8	5.37
4	1904	01	16	16	28	3	Campo Ligure	16	4	4.01
5	1917	01	07	03	39		Savonese	32	5	4.35
2	1917	05	01	08	30		Liguria occidentale	9	4	3.75
F	1968	04	18	19	38	1	Liguria occidentale	51	7-8	4.93
2-3	1989	12	26	19	59	5	Mar Ligure	290		4.46
4	1993	07	17	10	34	5	Liguria occidentale	336	5	4.34
NF	1996	11	25	19	47	2	Liguria occidentale	18		4.01
4-5	2001	02	06	22	28	4	Mar Ligure	47	4-5	4.17

Figura 24: Storia sismica di Altare in formato tabellare, con i dati sismici principali (fonte progetto Emidius CPTI15-DBMI15 v4.0).

Come anticipato, per la città di Savona sono disponibili molte più informazioni rispetto ai centri abitati di Quiliano e Altare, come facilmente desumibile dal grafico che si riporta; nella tabella

vengono invece riportati solo i dati dei sismi antecedenti il 1887, data da cui sono disponibili sia i dati di Qu7iliano sia quelli di Altare.

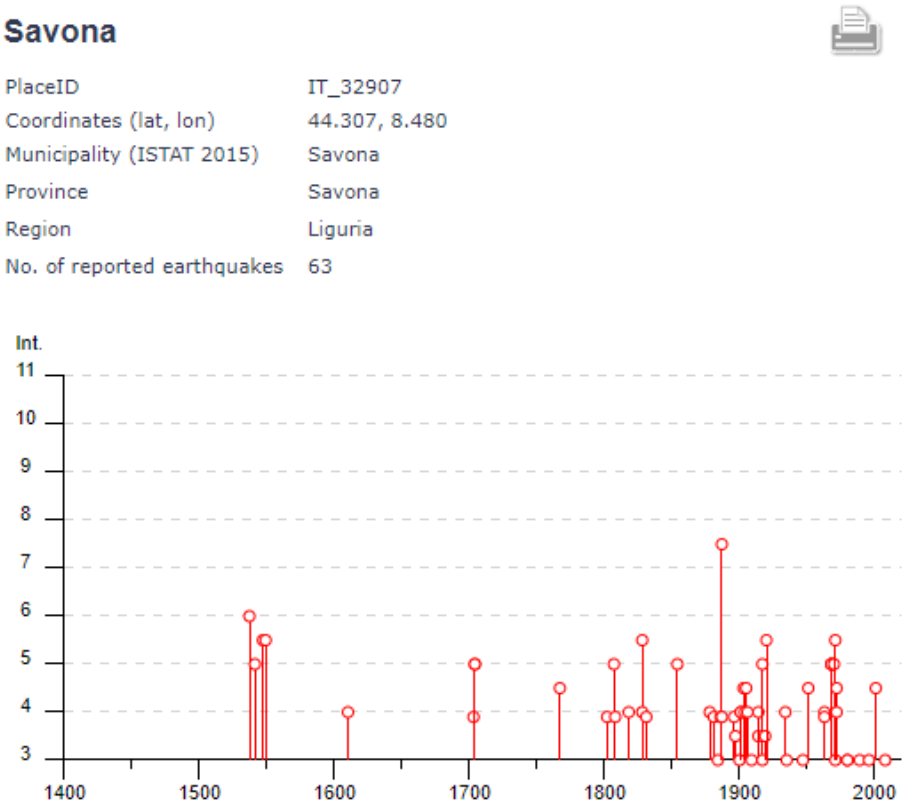


Figura 25: Storia sismica del centro abitato di Savona in formato grafico (fonte progetto Emidius CPTI15-DBMI15 v4.0).

Effects	Reported earthquakes								
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
6	1537	11					Savona	1	6	4.63
5	1541	10	22	18			Valle Scrivia	9	7	5.26
5-6	1547	07	31				Savona	1	5-6	4.40
5-6	1549	05	13	08	30		Liguria occidentale	6	4-5	4.37
4	1610	05	14				Liguria occidentale	2	4	3.70
F	1703	12	21	21			Piemonte-Liguria	3	4	3.70
5	1704	05	13	12	15		Riviera Ligure	4	5	4.16
5	1704	05	14	00	45		Riviera Ligure	2	5	4.16
4-5	1767	02	07	03	45		Genovese	10	6	4.98
F	1802	05	12	09	30		Valle dell'Oglio	94	8	5.60
5	1807	09	05	01	30		Liguria occidentale	10	5-6	4.81
F	1808	04	02	16	43		Val Pellice	105	8	5.64
4	1818	02	23	18	10		Liguria occidentale	45	7	5.32
5-6	1828	10	09	02	20		Oltrepò Pavese	110	8	5.72
4	1828	10	10	01	30		Oltrepò Pavese	18		
F	1831	05	26	10	30		Liguria occidentale	33	8	5.56
5	1854	12	29	01	45		Liguria occidentale	86	7-8	5.72
4	1878	06	07	22	25		Cuneese	34	6	4.86
F	1881	07	22	02	45		Belledonne-Pelvoux	145	7	5.39
3	1884	11	27	22	15		Alpi Cozie	63	6-7	5.17
F	1886	09	05				Torinese	101	7	5.22

Figura 26: Storia sismica di Savona in formato tabellare, con i dati sismici principali (fonte progetto Emidius CPTI15-DBMI15 v4.0).

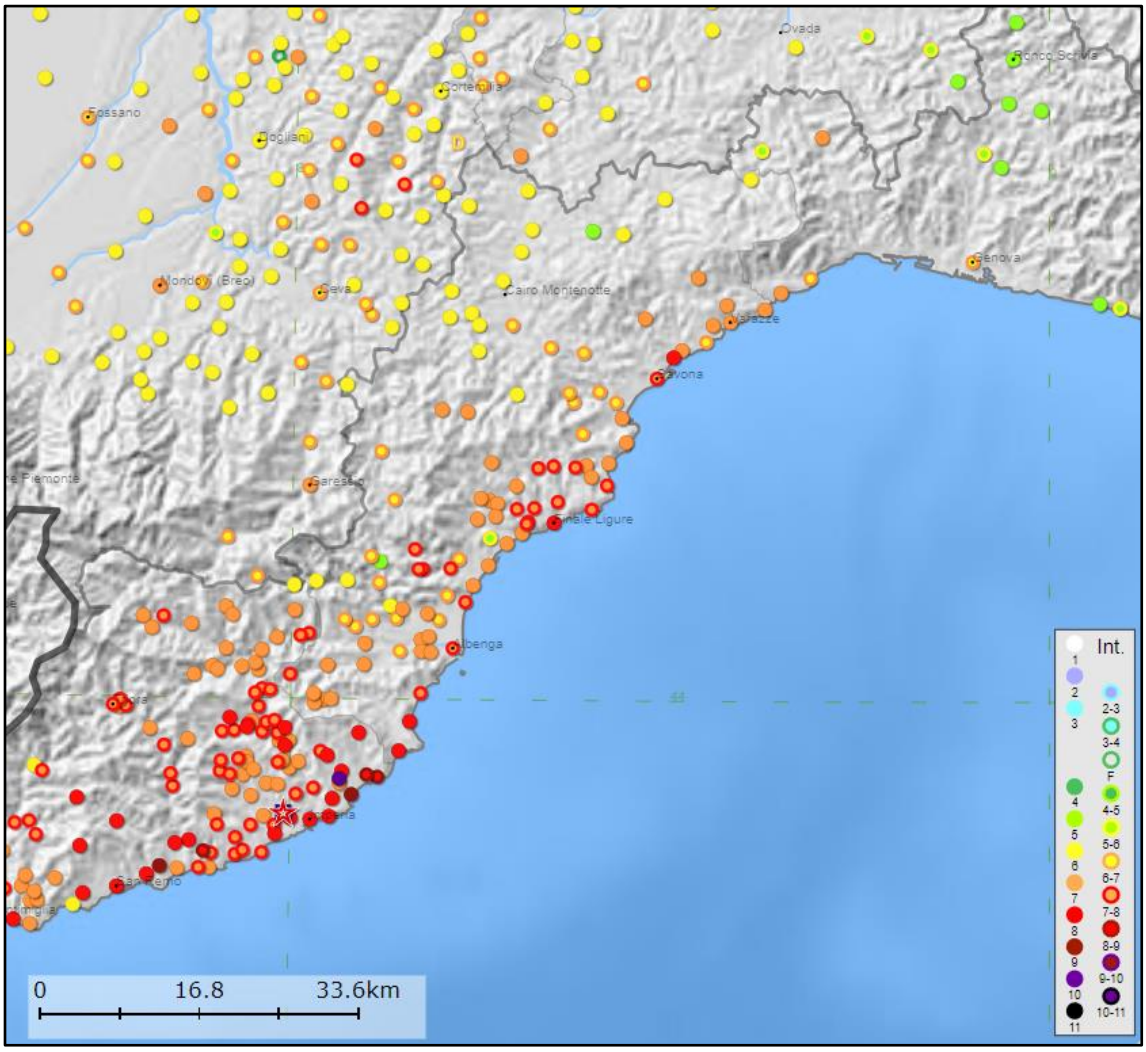


Figura 27: Distribuzione delle intensità macrosismiche per il sisma del 1887 con epicentro nell'imperiese (fonte CPTI15-DBMI15 v4.0).

7.2. NEOTETTONICA

La neotettonica, ovvero la tettonica legata al periodo Quaternario viene trattata in termini di aree sismogenetiche, legate quindi all'individuazione di aree in cui esistono registrazioni strumentali e conoscenze geostrutturali, geofisiche e geodinamiche e in termini di fagliazione superficiale, individuate su base multidisciplinare; questi due approcci e i relativi database ufficiali sono riportati nei due paragrafi seguenti, che trattano del progetto DISS e del database ITHACA.

7.3. PROGETTO DISS

Il progetto DISS racchiude le aree sismogenetiche e potenzialmente sismogenetiche per come mappate dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) (DISS - Mapper).

Il visualizzatore del progetto consente di individuare due sorgenti: una sorgente individuale, denominata Promontorio di Imperia e una sorgente composita con la medesima denominazione. I

parametri principali sono riportati nelle immagini a seguire, da cui si arguisce che la magnitudo massima è quella esprimibile dalla sorgente composita, con una magnitudo massima attesa di 7,4 Mw, mentre la sorgente singola ha una magnitudo massima Mw di 6,6, in quanto la determinazione della magnitudo massima è calcolata sullo sviluppo potenziale dell'area di rottura, molto più estesa nel caso della sorgente composita.

Occorre sottolineare che le due sorgenti riportate, ancorché dotate di magnitudo potenziale elevata, sono molto lontane dall'area di progetto e sono collocate offshore, lontano anche da altri centri abitati; in effetti i massimi risentimenti macrosismici per il savonese, rimangono contenuti anche per il massimo sisma dell'area, il terremoto del 1887, con intensità a Savona compresa fra 7 e 8 della scala MCS.

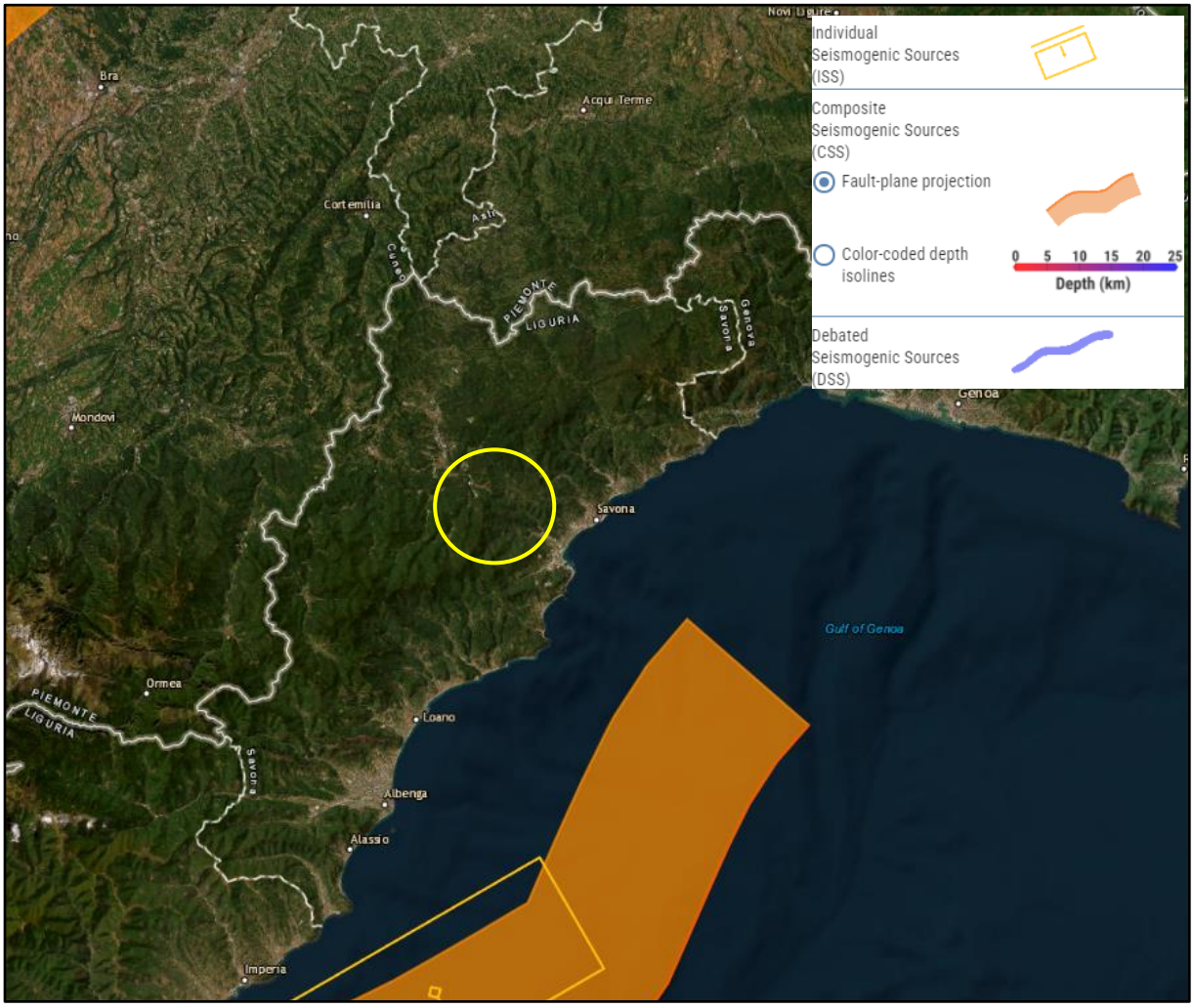


Figura 28: Stralcio del visualizzatore DISS (https://diss.ingv.it/mapper/), in cui sono riportate le aree sismogenetiche singole e composite. In giallo l'area di progetto; come è possibile vedere di primo acchito, l'area non è interessata dalla presenza di aree sismogenetiche, presenti molto a sud, in corrispondenza del promontorio offshore di Imperia.

PARAMETRIC INFORMATION

Parameter	Quality	Evidence	
Min depth [km]	2.5	LD	Based on geological and morphobathymetric data by Larroque et al. (2011).
Max depth [km]	15.0	EJ	Assumed to be about the same as the base of lower crust.
Strike [deg] min… max	200...250	LD	Based on geological and morphobathymetric data by Larroque et al. (2011).
Dip [deg] min… max	25...50	EJ	Inferred from geophysical data.
Rake [deg] min… max	80...100	EJ	Inferred from active stress data.
Slip Rate [mm/y] min… max	0.1000... 0.2500	EJ	Inferred from topographic and geological data (uplift) from various authors.
Max Magnitude [Mw]	7.4	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

Figura 29: Parametri principali della sorgente composita Promontorio di Imperia, con massima magnitudo attesa 7,4 Mw, derivante dal notevole sviluppo del sistema composito.

Parameter		Quality	Evidence	
Location [Lat/Lon]	43.88 / 8.28		EJ	Inferred from geological and morphobathymetric data.
Length [km]	32.0		EJ	Inferred from geological and morphobathymetric data.
Width [km]	15.0		ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Min depth [km]	5.5		OD	Based on geological and morphobathymetric data.
Max depth [km]	13.0		AR	Derived from from dip, width and minimum depth.
Strike [deg]	240		OD	Based on geological and morphobathymetric data.
Dip [deg]	30		OD	Based on geological data.
Rake [deg]	90		EJ	Inferred from active stress data.
Slip Per Event [m]	1.00		ER	Calculated from Mo using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min...max	0.1500... 0.2000		EJ	Inferred from topographic and geological data.
Recurrence [y] min... max	5000... 6667		EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	6.6		LD	Value adopted from the earthquake catalogue SHEEC

Figura 30: parametri della sorgente singola Promontorio di Imperia.

7.4. PROGETTO ITHACA

Il progetto ITHACA colleziona le faglie considerate capaci, dove per faglia capace si intende un lineamento tettonico attivo in epoca recente (per convenzione 40.000 anni). Capace di generare una deformazione o rottura permanente in corrispondenza del suolo o nelle immediate vicinanze. Tali elementi hanno quindi grande importanza in termini di Protezione Civile e le aree a cavallo di

tali lineamenti devono essere adeguatamente caratterizzate per definire un buffer in funzione del grado di conoscenza del lineamento stesso e delle sue caratteristiche geometriche e cinematiche.

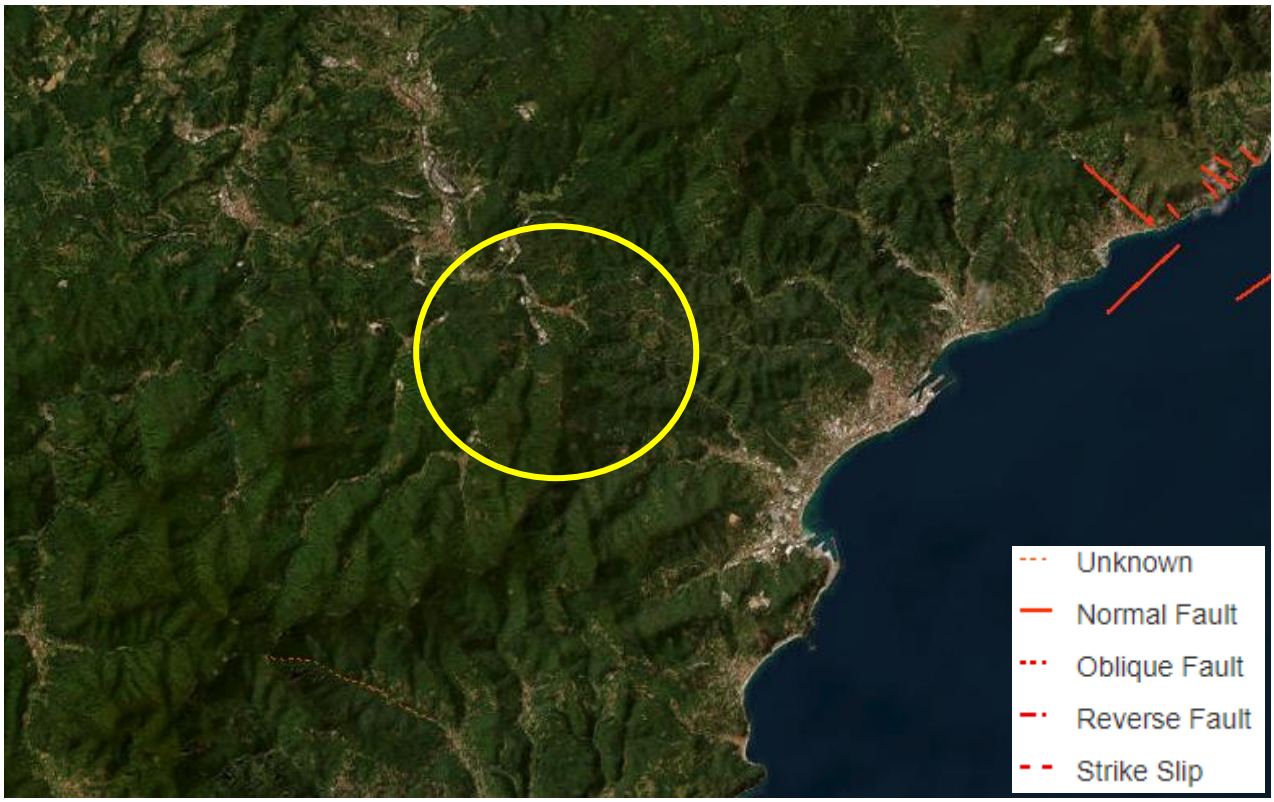


Figura 31: Faglie Capaci nel database di ITHACA (fonte Viewer Progetto ITHACA). Per l'area di progetto non sono presenti faglie capaci, tutte molto distanti dall'area.

8. NORMATIVA SISMICA NTC 2018-PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

In data 24 ottobre 2005 entra in vigore il D.M. 14/09/2005 "Norme Tecniche per le Costruzioni". La norma suddivide il territorio in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore di parametro ag, che rappresenta l'accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A. La norma afferma che le zone 1, 2 e 3 possono essere suddivise in sottozone caratterizzate da valori di ag intermedi rispetto ai massimi di ciascuna zona e intervallati da valori non minori di 0,025. In tal caso i vari territori saranno assegnati alle sottozone in base ai valori di ag con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni".

Con l'OPCM 3519 del 28/04/2006 viene proposta una nuova zonizzazione con suddivisione degli intervalli di accelerazione più dettagliati, pari a 0,025. La figura successiva è tratta dalla mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo (amax) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (Vs30>800 m/sec; cat. A). Tale zonizzazione è ripresa nella NTC 2008 e nelle nuove NTC 2018, attualmente vigenti.

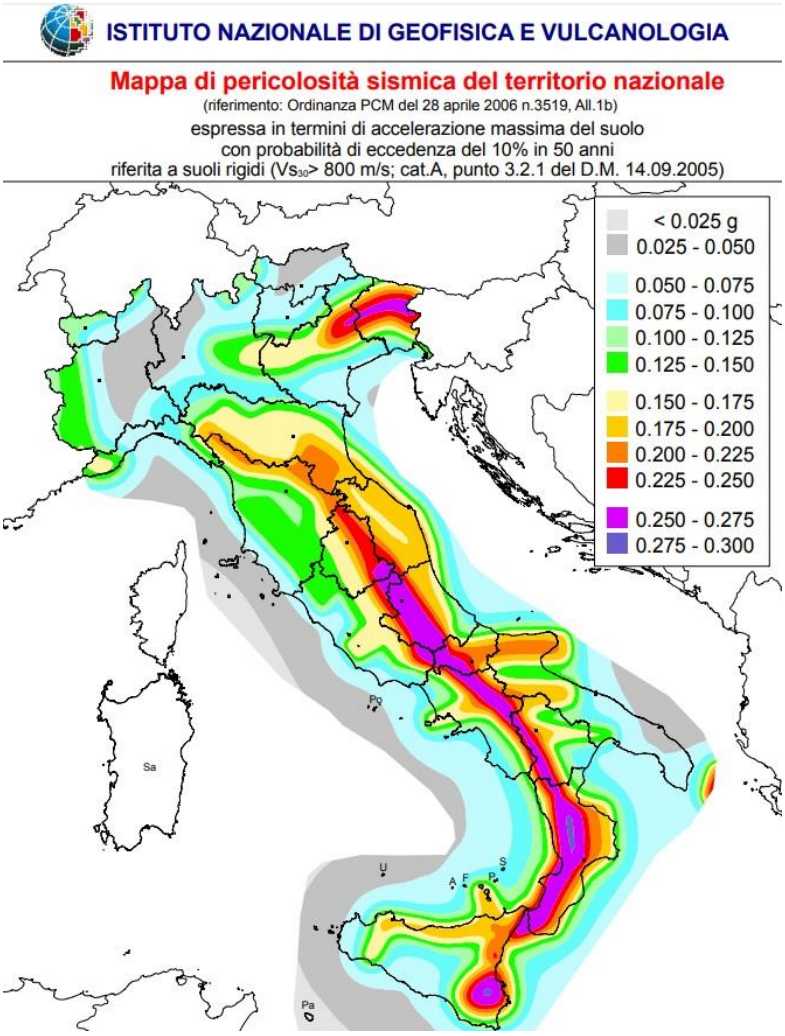


Figura 32: Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (OPCM n.3519/2006 e ss.mm.ii).

8.1. MACROZONAZIONE SISMICA

Le aree di progetto ricadono nei comuni di Quiliano, di Altare e di Mallare; tutti e tre i comuni appena citati ricadono in zona sismica 3, ovvero con accelerazioni su suolo di riferimento $0,05 \leq a_g < 0,15$ g.

Zona sismica	*Fenomeni riscontrati*	*Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni*
1	Zona con pericolosità sismica **alta**. Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_g \geq 0,25g$
2	Zona con pericolosità sismica **media**, dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0,15 \leq a_g < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sismica **bassa**, che può essere soggetta a scuotimenti modesti.	$0,05 \leq a_g < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sismica **molto bassa**. E' la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse.	$a_g < 0,05g$

Figura 33: Livello di pericolosità delle zone sismiche suddivise in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/06 e ss.mm.ii.).

Dalla mappa di pericolosità sismica della figura seguente è confermato quanto detto precedentemente; visualizzando i valori corrispondenti ad una probabilità di superamento del 10%

in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni) della PGA (Peak Ground Acceleration, ovvero accelerazione massima al suolo), con accelerazione compresa nell'intervallo 0,050-0,075 g per tutte le aree di progetto.

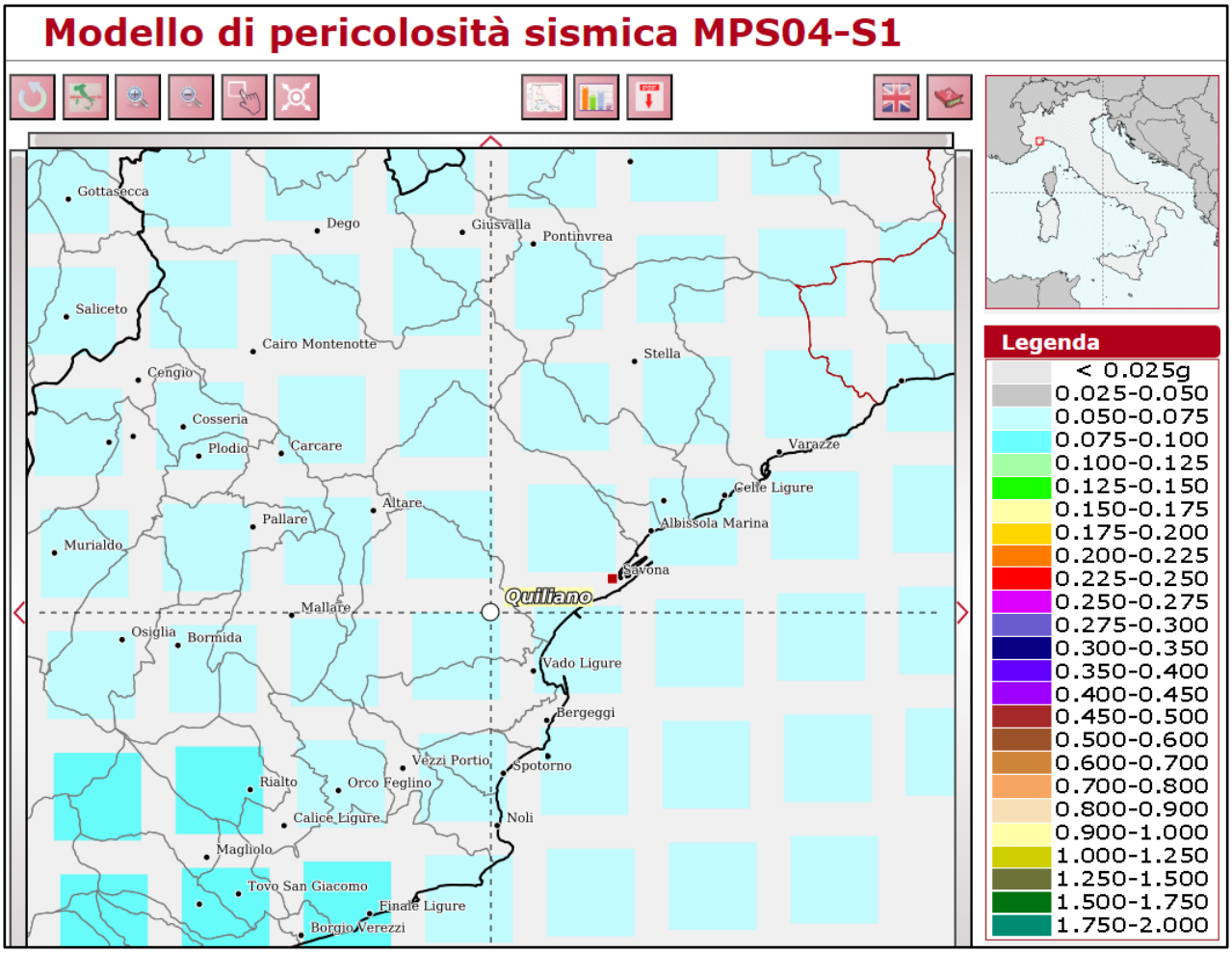


Figura 34: Mappa di pericolosità sismica di base (Fonte INGV); griglia di riferimento.

8.2. CATEGORIA TOPOGRAFICA

Per quanto attiene la categoria topografica, l'area ricade in un contesto di ampia dorsale, ma piuttosto articolata e con numerose dorsali minori.

Tale parametro viene definito a partire dalle caratteristiche morfologiche delle aree in cui si inseriscono le opere, ovvero dal posizionamento in contesti pianeggianti, di versante o di dorsale (più o meno ampia), secondo la definizione della seguente tabella.

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

Figura 35: Categorie topografiche ai sensi delle NTC 2018

A seguire, per ciascuna WTG di progetto viene individuata la categoria topografica, con il relativo coefficiente di amplificazione topografica; per le WTG poste in cresta si è tenuto conto, per discriminare fra categoria T3 e categoria T4 del versante maggiormente pendente per un approccio di tipo cautelativo, ma in ogni caso, la pendenza è risultata inferiore a 30° (tutti i casi compresi fra circa 20° e circa 27°).

WTG	Categoria topografica	Coefficiente di amplificazione topografica
WTG1	T3	1,2
WTG2	T3	1,2
WTG3	T3	1,2
WTG4	T3	1,2
WTG5	T3	1,2
Area BESS	T1	1,0

Tabella 1: Categoria topografica per ciascuna WTG e relativo coefficiente di amplificazione.

8.3. CATEGORIA SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella tabella seguente, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio "VS". I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio VSeq (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

- hi spessore dell'i-esimo strato;
- VS,i velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è definita dal parametro VS,30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella tabella seguente.

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 fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 2: Categorie di sottosuolo ai sensi delle NTC vigenti

La caratterizzazione di tale importante parametro di progetto è demandata alla successiva fase progettuale, quando saranno disponibili le necessarie indagini geofisiche.

In via del tutto preliminare è possibile ipotizzare per gli aerogeneratori poggianti sul basamento metamorfico siano caratterizzati da categoria di suolo di fondazione A, ma con la possibilità che lo stato di alterazione sia tale da configurare una categoria B. Per quanto riguarda l'area BESS, posta in un contesto alluvionale si prevede variabilità fra la categoria B (maggiormente probabile) e C.
Indicazioni ipotetiche di categoria di suolo:

WTG	Categoria di suolo desumibile da letteratura
WTG1	A (B)

WTG2	A (B)
WTG3	A (B)
WTG4	A (B)
WTG5	A (B)
Area BESS	B (C)

Tabella 3: categorie di suolo presumibili per ciascun aerogeneratore (previsioni di larga massima da puntualizzare in fase esecutiva a valle della campagna di indagini).

8.4. SPETTRI ELASTICI

Gli spettri elastici vengono calcolati a partire da tutti gli elementi di progetto appena citati, ma alcuni dei quali, segnatamente la categoria di sottosuolo di fondazione, non sono noti se non in termini preliminari e presuntivi, ragion per cui si omettono dalla presente trattazione e si rimandano alla successiva fase progettuale, quando saranno disponibile, fra le altre indagini, anche le indagini geofisiche MASW, che definiranno il profilo di velocità delle onde di taglio e il parametro VSeq, cui verrà associata la categoria di suolo di fondazione.

9. LIQUEFAZIONE

La liquefazione è un fenomeno legato alla drastica diminuzione di resistenza a taglio e/o rigidezza causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno. Valutazioni circa la possibilità o meno di sviluppo di fenomeni di liquefazione durante eventuali attività sismiche vanno svolte in presenza di terreni granulari saturi, con fuso granulometrico a dominanza sabbiosa.

L'aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni (NTC2018), così come già in parte riportato nelle NTC 2008, indica che le verifiche alla liquefazione per le opere possono essere omesse quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero inferiori a 0,1g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna suborizzontale e per strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1) 60 > 30 oppure qc1N > 180 dove (N1)60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione

efficace verticale di 100 kPa e qc1N è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 23(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc < 3,5 ed in Figura 23(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc > 3,5.

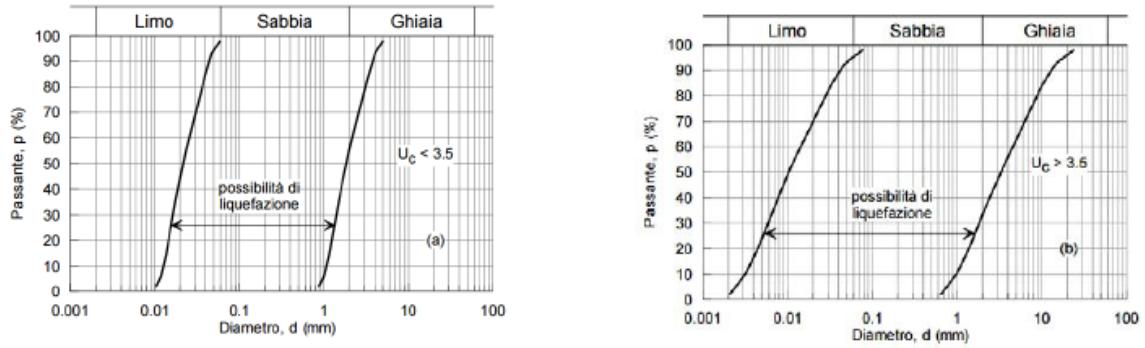


Figura 36: Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione ai sensi delle NTC

Alla luce delle caratteristiche di accelerazione sismica attesa, inferiore a 0,1g, nonché inoltre a causa delle caratteristiche litologiche dei terreni, litoidi per tutte le aree delle piazzole WTG, la liquefazione dei sottofondi è da escludere. Per quanto riguarda l'area dell'impianto BESS, nonostante i terreni siano a carattere alluvionale e quindi in teoria sia possibile la liquefazione (in caso di dominanza sabbiosa) le basse sollecitazioni sismiche escludono comunque che tale fenomeno possa verificarsi.

10. INDAGINI GEOGNOSTICHE

In questa fase progettuale non sono disponibili indagini geognostiche, che saranno svolte nella fase successiva. Le indagini saranno multidisciplinari e dovranno consentire sia la caratterizzazione geolitologica e geotecnica, sia le caratteristiche sismostratigrafiche, al fine di ottemperare pienamente a quanto definito dalle NTC 2018.

11. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

Il modello geotecnico che qui si fornisce, in assenza di apposite indagini geognostiche, è puramente indicativo e deve essere verificato e ampliato nelle successive fasi di progetto. Per la definizione dei litotipi si tiene conto della carta geologica di maggior dettaglio disponibile per la singola area. Vengono forniti valori di resistenza alla compressione per le formazioni litoidi, cui vengono associati valori di resistenza attritiva nel caso che lo stato di fratturazione sia tale da rendere il complesso simile alle terre a grana grossa.

Nel modello vengono trascurate le eventuali coperture eluvio-colluviale di significato locale, che dovranno essere in ogni caso asportate per la realizzazione delle strutture di fondazione.

WTG1 **Formazione di Ollano** – Formazione litoide a carattere prevalentemente conglomeratico-arenaceo-pelitici con lenti grafitiche di spessore anche notevole, e con intercalazioni di agglomerati piroclastici. Presumibilmente non in falda.

Peso di volume γ = 2,7 t/m^3

Angolo di attrito di picco ϕ = 38°

Resistenza alla compressione monoassiale S_u = 10 MPa

WTG2 **Formazione di Ollano** – Formazione litoide a carattere prevalentemente conglomeratico-arenaceo-pelitici con lenti grafitiche di spessore anche notevole, e con intercalazioni di agglomerati piroclastici. Presumibilmente non in falda.

Peso di volume γ = 2,7 t/m^3

Angolo di attrito di picco ϕ = 38°

Resistenza alla compressione monoassiale S_u = 10 MPa

WTG3 **Ortogneiss** – Ortogneiss.

Peso di volume g = 2,7 t/m^3

Angolo di attrito di picco f = 40°

Resistenza alla compressione monoassiale Su = 15 MPa

WTG4 **Ortogneiss** – Ortogneiss.

Peso di volume g = 2,7 t/m3

Angolo di attrito di picco f = 40°

Resistenza alla compressione monoassiale Su = 15 MPa

WTG5 **Ortogneiss** – Ortogneiss.

Peso di volume g = 2,7 t/m^3

Angolo di attrito di picco f = 40°

Resistenza alla compressione monoassiale Su = 15 MPa

Sottostazione Utente/Area BESS ***Subsintema di Dego*** – Formazione alluvionale, generalmente a grana grossa, ma con lenti a grana media.

Peso di volume g = 1,8 t/m^3

Angolo di attrito di picco f = 30°

Coesione non drenata cu = 0 kPa

12. CONCLUSIONI

La presente relazione è posta a corredo del progetto di un impianto eolico e da un impianto BESS all'interno di una Sottostazione Utente; essa fornisce una prima caratterizzazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e geotecnica delle aree in cui verranno realizzati gli interventi di progetto.

L'impianto eolico in progetto è costituito da 5 aerogeneratori (anche detti WTG) di potenza nominale unitaria pari a 6 MWp, per una potenza nominale complessiva pari a 30 MW. L'impianto è integrato da un sistema di accumulo di potenza nominale pari a 20 MW e corredato dalle opere di connessione e dalle infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dello stesso. Tutte le turbine e le opere di connessione ricadono all'interno dei confini comunali di Quiliano, Mallare e Altare, in provincia di Savona.

Per come riportato nella STMG (cod. pratica: 202402184), la centrale utente verrà *collegata in antenna a 36 kV con la futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione a 380/132/36 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN a 380 kV "Magliano – Vado Ligure".*

L'area di progetto è caratterizzata geologicamente da unità a carattere litoide appartenenti alla cosiddetta serie Ligure-Piemontese e alle rispettive formazioni di copertura; si tratta di formazioni di età sostanzialmente paleozoica e affetti da metamorfismo polifasico. Gli aerogeneratori sono posti in parte su paragneiss (WTG 3, WTG 4, WTG 5) e in parte sui terreni della Formazione di Ollano, formazione piuttosto composita e affetta da blando metamorfismo, a carattere arenaceo-conglomeratico, con lenti lignitifere (localmente sfruttate economicamente nel secolo scorso), micascisti, paragneiss e vulcaniti (WTG 1, WTG 2). Lo spessore di tali complessi è da considerarsi indefinito ai fini progettuali.

L'area BESS/Sottostazione Utente è posta invece nel contesto alluvionale del Subsintema di Dego, che caratterizza il fondovalle della Bormida di Mallare e che presenta uno spessore di alcuni metri; tale materasso alluvionale poggia sulla formazione degli Scisti di Murialdo.

L'area è considerata a rischio sismico basso (zona 3) e non sono attesi sismi rilevanti; l'accelerazione massima attesa è compresa fra 0,05 e 0,075 g. I massimi risentimenti macrosismici sono legati al sisma dell'Imperiese del 1887, con intensità nell'area di progetto intorno a 6-7 della scala MCS. La categoria di sottosuolo di fondazione non è attualmente nota, poiché non sono state eseguite indagini geognostiche, ma si possono ipotizzare, sulla base delle sole formazioni geologiche, che possa essere la categoria A per tutte le WTG (in subordine la categoria B), mentre per l'area BESS/Sottostazione la categoria più probabile è ritenuta la B, con la categoria C ritenuta meno probabile.

La categoria topografica è la T1 per l'area BESS/Sottostazione, essendo collocata in un'area di

fondovalle della Bormida di Mallare, mentre le WTG sono tutte caratterizzate da una categoria topografica T3, essendo poste lungo creste e dorsali o nelle immediate vicinanze di esse; tale collocazione presuppone la possibilità di focalizzazione dei treni d'onda, compendiati nel coefficiente di amplificazione sismica pari a 1,2 previsto da normativa.

Dal punto di vista della stabilità geomorfologica l'area non presenta criticità, poiché non sono presenti fenomeni franosi in corrispondenza in aree significative per le opere di progetto, mentre l'area BESS/Sottostazione è compresa all'interno della perimetrazione della pericolosità idraulica dell'Autorità di Bacino del fiume Po, con pericolosità P1 (media pericolosità) e P2 (pericolosità alta).

Le caratteristiche geotecniche sono state definite in maniera preliminare sulla scorta delle litologie attese e il dettaglio dei parametri geotecnici sarà definito nella successiva fase di progetto.