Regione Liguria | Comune Magliolo | Comune Rialto | Comune Tovo San Giacomo | Provincia Savona

PARCO EOLICO PIAN DEI BUOI - 8MW

Relazione tecnica generale

Rel. 01

Progetto definitivo
Comuni di Magliolo - Rialto - Tovo San Giacomo (SV)
Località Piano dei Buoi
Rev. 00 - Gennaio 2025

IL PROGETTISTA

Firmato digitalmente da:
PIRRA DANIELE
Firmato il 10/02/2025 15:12
Seriale Certificato: 1291146
Valido dal 24/03/2022 al 24/03/2025
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CUNEO
A1758 Dott. Ing. Daniele Pirra

Firmato digitalmente da: viara samuele
Ruolo: Ingegnere
Descrizione: Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cuneo, Sezione: A, Settore: a-b-c, Numero di iscrizione: A1949, Data di iscrizione: 14/01/2009, Data di abilitazione: 2003 - Sessione n.2
Organizzazione: Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cuneo
Data: 10/02/2025 10:36:08

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CUNEO
A1949 Dott. Ing. Samuele Viara

Bissi Marco
03.02.2025 10:28:24
GMT+02:00

BH Wind s.r.l.
Via Zara, 5
23100 SONDRIO
tel. +39.0342.211159
fax. +39.0342.517163

www.bissiholding.com - info@bissiholding.com
C.F. - P.Iva. 01055440141
R.E.A. SO - 79322
Con Unico Socio

Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento di Bissi Holding S.p.A.

Sommario

1. Descrizione del progetto 1
1.1. Premessa 1
1.2. Scopo del documento 2
1.3. Configurazione impiantistica 2
1.4. Inquadramento del sito 6
1.5. Trasporto dei componenti 7
1.6. Cavidotto utente 11
1.7. Valutazione dell'impatto visivo 13
1.8. Inquadramento geologico e idrogeologico 15
1.8.1. Piazzola WTG01 17
1.8.2. Piazzola WTG02 18
1.8.3. Pista di accesso 19
1.9. Inquadramento forestale 21
1.9.1. Superficie oggetto di trasformazione 22
1.9.2. Dati dendrometrici esbosco 23
1.9.3. Impatto della trasformazione a livello di macroarea 24
1.9.4. Calcolo delle compensazioni 26
1.9.5. Opere di mitigazione 26
1.10. Analisi ambientale e contesto paesaggistico 27
1.10.1. Livelli di tutela 27
1.10.2. Pianificazione territoriale e compatibilità paesaggistica 28
1.11. Inquadramento acustico 30
1.11.1. Classi acustiche di destinazione d'uso del territorio interessato e valori limite di emissione, immissione e di qualità 32
1.11.2. Recettori analizzati 32
1.11.3. Livelli di rumore esistenti in zona prima dell'intervento 33
1.11.4. Scelta dei modelli previsionali e valutazione del disturbo 33
1.11.5. Verifica previsionale di impatto acustico 34
1.12. Monitoraggio avifauna e chirotterofauna 35
1.12.1. Attività svolta 35
1.12.2. Risultati delle indagini 36
1.12.3. Misure di mitigazione 37
1.13. Monitoraggio sulla fauna minore ed altra fauna 38
1.13.1. Risultati delle indagini 38

1.13.2. Conclusioni 40
1.14. Valutazione preventiva dell'interesse archeologico 41
2. Normativa di riferimento 43
3. Dati di progetto 44
3.1. Proponente 44
3.2. Impianto 44
3.3. Connessione 45
4. Descrizione delle scelte progettuali e dei componenti dell'impianto 46
4.1. Opere principali da eseguirsi 46
4.2. Caratteristiche dell'impianto 47
4.3. Aerogeneratore 47
4.4. Fondazione aerogeneratore 50
4.5. Dispositivi di segnalazione diurna e notturna 51
4.6. Piazzola aerogeneratore 51
4.7. Area temporanea di stoccaggio materiale 53
4.8. Strade di accesso e adeguamento della viabilità esistente 55
4.8.1. Tratto di viabilità porto - passo del Melogno 56
4.8.2. Tratto di viabilità passo del Melogno - piazzole 57
4.9. Interventi di adeguamento e stabilizzazione della pista 59
4.10. Opere per la regimazione idraulica 61
4.11. Connessione alla rete elettrica nazionale 63
4.12. Cabina elettrica 63
4.12.1. Cabina elettrica utente 64
4.12.2. Cabina elettrica di consegna 65
4.13. Impianto di terra della cabina elettrica 65
4.14. Cavidotti 66
4.14.1. Cavidotto interrato utente 67
4.14.2. Cavidotto aereo utente 67
4.14.3. Cavidotto interrato e-Distribuzione 68
4.15. Campi elettromagnetici 68
4.16. Impianto di videosorveglianza 69
4.17. Impianto di illuminazione 69
5. Fasi di progetto: costruzione, esercizio e dismissione 70
5.1. Fase di costruzione 70
5.2. Fase di esercizio 70
5.3. Fase di dismissione 70

6. Valutazione energetica 72
6.1. Metodologia di analisi 72
6.2. Elaborazione dei dati del vento 72
6.3. Modellazione digitale del terreno 73
6.4. Risorsa eolica dell'area 74
7. Valutazione dei costi e dei proventi 76
7.1. Stima dei costi di realizzazione 76
7.2. Costi di esercizio 77
7.3. Ricavi per la vendita dell'energia 78
8. Datasheet dell'aerogeneratore 79

Indice delle figure

Figura 1: Eliminazione di un aerogeneratore. 3
Figura 2: Soluzione connessione con Terna Vs e-Distribuzione. 4
Figura 3: Inquadramento su CTR. 5
Figura 4: Inquadramento su ortofoto. 5
Figura 5: Ambiti e unità di paesaggio. 6
Figura 6: Carta uso del suolo. 7
Figura 7: Fotoinserimento pista di accesso 9
Figura 8: Soluzioni pista di accesso. 10
Figura 9: Posa cavidotto utente su CTR. 12
Figura 10: Posa cavidotto utente su ortofoto. 12
Figura 11: Fotoinserimento da Passo del Melogno. 13
Figura 12: Fotoinserimento da Cappella di Santa Annunziata. 14
Figura 13: Fotoinserimento da Chiesa di Sant'Antonio. 14
Figura 14: Fotoinserimento da Oratorio San Carlo. 15
Figura 15: Carta geologica d'Italia – progetto CARG – Foglio 228 Cairo Montenotte. 16
Figura 16: Reticolo idrografico superficiale. 17
Figura 17: Piazzola WTG01 - Substrato roccioso. 18
Figura 18: Piazzola WTG01 - Area. 18
Figura 19: Piazzola WTG02 - Substrato roccioso. 19
Figura 20: Piazzola WTG02 - Area. 19
Figura 21: Pista di accesso – Tratto 1. 20
Figura 22: Pista di accesso – Tratto 2. 20
Figura 23: Pista di accesso – Tratto 3. 21
Figura 24: Pista di accesso – Tratto 4. 21
Figura 25: Pista di accesso – Tratto 5. 21
Figura 26: Pista di accesso – Tratto 6. 21
Figura 27: Carta della vegetazione. 22
Figura 28: Piazzola WTG01. 23
Figura 29: Piazzola WTG02. 23
Figura 30: Rappresentazione della copertura forestale dell'area di indagine. 25
Figura 31: Classificazione secondo il PTCP della Liguria. 28
Figura 32: Aree non idonee all'eolico. 29
Figura 33: Intervisibilità teorica. 30
Figura 34: Recettori acustici. 32
Figura 35: Transetti per monitoraggio fauna. 39
Figura 36: Punti di fototrappolaggio. 40
Figura 37: Carta del potenziale - piazzole. 41
Figura 38: Carta del potenziale - cavidotto. 42
Figura 39: Inquadramento su ortofoto. 49
Figura 40: Fondazioni aerogeneratore. 50
Figura 41: Particolare su illuminazione diurna e notturna. 51
Figura 42: Piazzola aerogeneratore. 52
Figura 43: Ripristino ambientale. 53
Figura 44: Area temporanea di stoccaggio materiale. 55
Figura 45: Viabilità dei mezzi di trasporto. 57

Figura 46: Pista di accesso su CTR. 58
Figura 47: Pista di accesso su ortofotocarta. 59
Figura 48: Metodologie di realizzazione delle scarpate. 60
Figura 49: Fondo stradale pista di accesso. 61
Figura 50: Sistema di drenaggio della fondazione dell'aerogeneratore. 61
Figura 51: Sistema di drenaggio della piazzola. 62
Figura 52: Sistema di drenaggio della viabilità. 62
Figura 53: Briglia in massi con cunettone carrabile. 62
Figura 54: Pianta cabina elettrica. 64
Figura 55: Cavidotto utente e di consegna. 67
Figura 56: Distribuzioni di frequenza a 50 metri - Direzione Nord. 73
Figura 57: Distribuzioni di frequenza a 50 metri - Direzione Sud. 73
Figura 58: Modello digitale del terreno, software WindSim. 74
Figura 59: Mappe isovento a 111 metri di altezza, software WindSim. 75
Figura 60: Quadro economico complessivo dell'opera. 77

1. Descrizione del progetto

1.1. Premessa

Il vento è un fenomeno naturale causato dallo spostamento di masse d'aria tra aree con differente pressione atmosferica, determinata dal riscaldamento irregolare della superficie terrestre da parte del sole. L'aria riscaldata tende a salire, generando zone di bassa pressione, mentre quella più fredda si sposta per compensare il vuoto, originando le correnti che percepiamo come vento. La distribuzione dei venti sulla Terra dipende da fattori geografici e climatici, rendendo alcune zone particolarmente favorevoli per lo sfruttamento dell'energia eolica. In particolare, coste, alture e pianure ventose sono caratterizzate da venti più costanti e intensi, ideali per la produzione di energia.

Lo sfruttamento del vento come fonte di energia ha una storia antichissima. Le prime testimonianze risalgono a circa 3.000 anni fa, con le popolazioni della Mesopotamia e dell'Egitto che utilizzavano mulini a vento per pompare acqua e macinare il grano. Durante il Medioevo, l'Europa assistette a un notevole sviluppo dei mulini a vento, specialmente nei Paesi Bassi, dove venivano impiegati per la bonifica dei terreni. Tuttavia, con l'avvento della rivoluzione industriale e la diffusione dei combustibili fossili, l'interesse per l'energia eolica diminuì, poiché le nuove fonti erano più dense di energia e più adatte alla produzione su larga scala. Negli ultimi decenni, la crescente consapevolezza riguardo ai cambiamenti climatici e all'esaurimento delle risorse fossili ha rinnovato l'interesse per l'energia eolica come soluzione sostenibile. I progressi tecnologici hanno reso possibile lo sviluppo di aerogeneratori moderni, in grado di convertire l'energia cinetica del vento in elettricità con un'efficienza sempre maggiore.

Nel 2023, la capacità installata di energia eolica a livello globale ha superato i 900 GW, con i principali produttori concentrati in Cina, Stati Uniti, Germania e India. In Italia, la capacità eolica installata ha oltrepassato i 12 Gigawatt, generando nel 2023 23,4 Terawattora di energia elettrica. Questa produzione soddisfa il 7,6% della domanda nazionale di 330 Terawattora e contribuisce significativamente alla riduzione delle emissioni, evitando circa 6 milioni di tonnellate di CO_2 all'anno.

Per il 2030, l'Italia ha fissato l'ambizioso obiettivo di raggiungere 28 gigawatt di capacità eolica. Questo piano dimostra la determinazione ad accelerare la transizione verso un sistema energetico sostenibile e a ridurre significativamente le emissioni di CO_2, sottolineando il ruolo cruciale dell'energia eolica nella costruzione di una società a basse emissioni di carbonio.

L'energia eolica presenta una serie di vantaggi che la rendono particolarmente interessante nel contesto delle energie rinnovabili:

- **sostenibilità**: è una fonte di energia rinnovabile e inesauribile, il che la rende ideale per la riduzione della dipendenza dalle risorse fossili;
- **riduzione delle emissioni**: non produce gas serra durante il funzionamento, contribuendo direttamente alla mitigazione del cambiamento climatico;
- **basso impatto ambientale**: non richiede l'uso di acqua per la produzione di energia, a differenza di altre fonti, e quindi non riduce il consumo di risorse idriche;
- **modularità**: i parchi eolici possono essere ampliati in modo graduale per rispondere all'aumento della domanda energetica;
- **opportunità economiche**: lo sviluppo del settore eolico può generare posti di lavoro e incentivare l'innovazione tecnologica.

Tuttavia, esistono anche degli svantaggi che devono essere considerati nella valutazione dell'energia eolica:

- **variabilità**: la produzione di energia dipende dalla disponibilità del vento, che può variare considerevolmente;
- **intermittenza**: per garantire un approvvigionamento stabile di energia, è necessaria l'integrazione con altre fonti energetiche o sistemi di accumulo;
- **impatto paesaggistico**: la presenza di grandi turbine può alterare il panorama naturale, suscitando preoccupazioni per la preservazione del paesaggio;
- **impatto sulla fauna**: le turbine possono disturbare la fauna locale, in particolare gli uccelli migratori;
- **costi iniziali elevati**: l'installazione di parchi eolici, specialmente offshore, può comportare investimenti significativi, anche se i costi tendono a diminuire con l'evoluzione tecnologica.

Il futuro dell'energia eolica appare promettente grazie ai continui progressi tecnologici che migliorano l'efficienza degli aerogeneratori e riducono i costi. Le innovazioni nell'eolico offshore, come le turbine flottanti, stanno aprendo nuove opportunità di sfruttamento anche in aree precedentemente inaccessibili. L'integrazione con reti elettriche intelligenti e sistemi di accumulo avanzati contribuirà a superare le sfide della variabilità del vento, rendendo questa fonte di energia sempre più competitiva rispetto alle fonti convenzionali.

1.2. Scopo del documento

Il presente documento ha lo scopo di fornire una descrizione dettagliata del progetto eolico, evidenziandone le caratteristiche tecniche, la localizzazione e gli impatti previsti. L'obiettivo è dimostrare la fattibilità dell'intervento, giustificare la scelta del sito in relazione alla disponibilità della risorsa eolica e al contesto ambientale, e rispondere alle osservazioni degli enti coinvolti nel processo autorizzativo. Vengono inoltre illustrati i benefici attesi in termini di produzione energetica e riduzione delle emissioni di CO_2, e affrontate le misure di mitigazione adottate per minimizzare gli effetti negativi sul territorio e sulla fauna locale.

Il progetto è promosso dalla società BH WIND S.r.l., con sede legale a Sondrio, in via Zara 5. Prevede l'installazione di due aerogeneratori, ciascuno con una potenza nominale di 4 MW, posizionati tra i comuni di Magliolo, Rialto e Tovo San Giacomo, tutti in provincia di Savona. La cabina elettrica di consegna è situata nel Comune di Finale Ligure (SV) e sarà collegata alla cabina primaria CP di Finale Ligure attraverso un sistema di interconnessione di tipo ENTRA ESCI.

In data 14/11/2024 la proponente ha richiesto il rilascio dell'Autorizzazione Unica ai sensi della L.R. 16/2008 e del D.Lgs. 387/2003 e del D.Lgs. 28/2011.

1.3. Configurazione impiantistica

Il progetto inizialmente l'installazione di tre aerogeneratori, con una connessione in alta tensione prevista presso la cabina primaria di **Terna**, che sarà realizzata nel Comune di Altare. A tal proposito, è stata presentata a Terna una richiesta di connessione in data 08 giugno 2022, il cui preventivo è stato successivamente accettato il 09 febbraio 2023.

Tuttavia, l'analisi faunistica ha rivelato che la pala più vicina al Santuario Madonna della Guardia era anche quella più prossima a una rotta migratoria, sollevando preoccupazioni sui potenziali impatti sulla fauna locale.

Inoltre, lo studio di trasporto ha evidenziato che l'accesso al sito di installazione delle turbine deve avvenire dal Passo del Melogno; per raggiungere la posizione della terza macchina sarebbe quindi stata necessaria la sistemazione di ulteriori 500 metri di pista forestale, aumentando così l'impatto sulla fauna e sulla vegetazione locale.

Per mitigare l'impatto visivo dal santuario e proteggere la fauna, la società BH WIND S.r.l. ha optato per l'eliminazione dell'aerogeneratore numero 3, proponendo invece un impianto costituito da due macchine.

Questa decisione ha portato a una revisione della strategia di connessione elettrica, con la possibilità di passare a una connessione in media tensione con **e-Distribuzione S.p.a.**, collegando l'impianto alla cabina primaria nel **Comune di Finale Ligure**. Tale modifica ha permesso di ridurre la lunghezza del cavidotto a 10 km, semplificando notevolmente la progettazione e la realizzazione dell'infrastruttura.

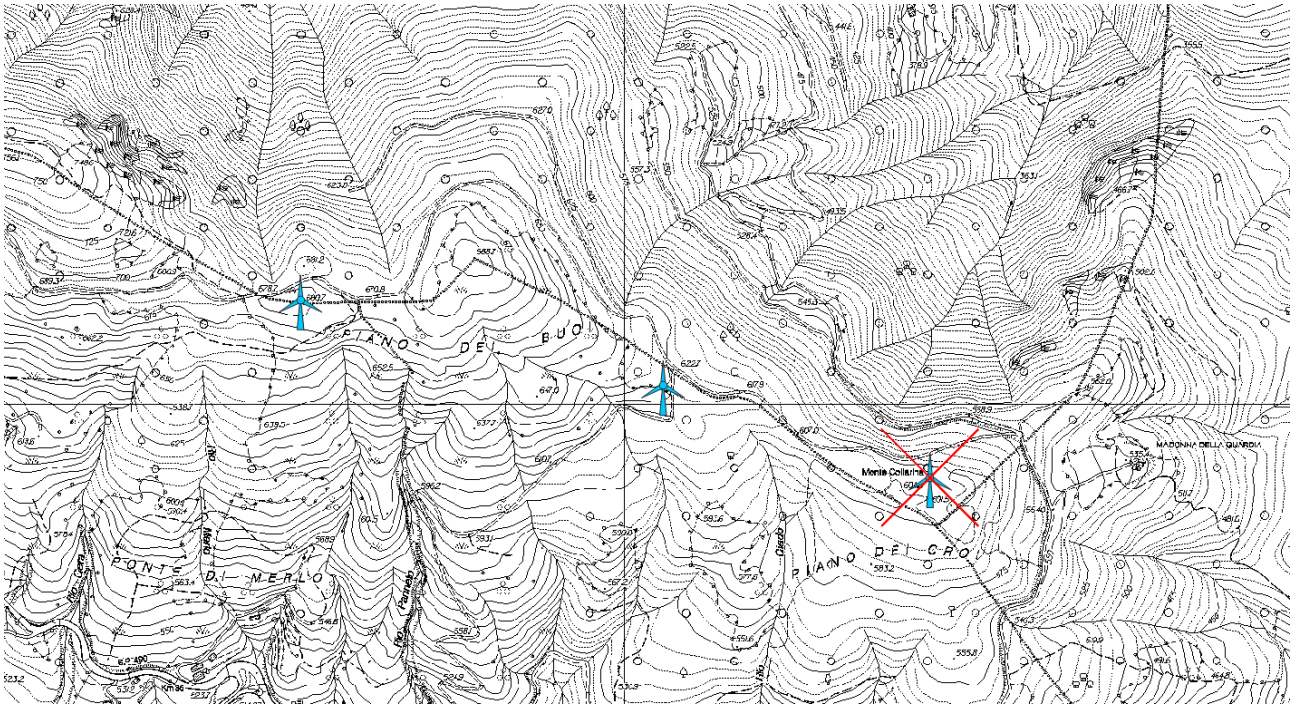


Figura 1: Eliminazione di un aerogeneratore.



Figura 2: Soluzione connessione con Terna Vs e-Distribuzione.

La scelta finale di installare due aerogeneratori, anziché un numero maggiore, è stata guidata da **considerazioni tecniche, economiche e ambientali**.

Dal punto di vista ambientale, limitare il numero di turbine ha **ridotto l'impatto complessivo del progetto**, preservando il paesaggio circostante e minimizzando l'alterazione degli ecosistemi locali. L'installazione di sole due macchine consente di garantire una coesistenza armoniosa tra la produzione di energia rinnovabile e la salvaguardia dell'ambiente naturale.

Sul piano economico, questa scelta ha permesso di **contenere i costi iniziali di installazione e manutenzione**, rendendo l'impianto più semplice da gestire e aumentando la sostenibilità economica complessiva del progetto.

Infine, un'analisi dettagliata della risorsa eolica ha confermato che l'installazione di due turbine è **sufficiente a soddisfare le esigenze energetiche locali**, ottimizzando al contempo l'efficienza operativa dell'impianto.

Queste considerazioni hanno portato a concludere che l'installazione di due aerogeneratori rappresenta la soluzione ottimale per raggiungere gli obiettivi del progetto, garantendo al contempo un impatto ambientale limitato e un'efficace produzione energetica.

Per facilitare la comprensione degli elaborati, le due macchine saranno denominate in funzione della loro posizione: l'aerogeneratore posizionato a sinistra sarà chiamato "**WTG01**", mentre quello a destra sarà identificato come "**WTG02**".

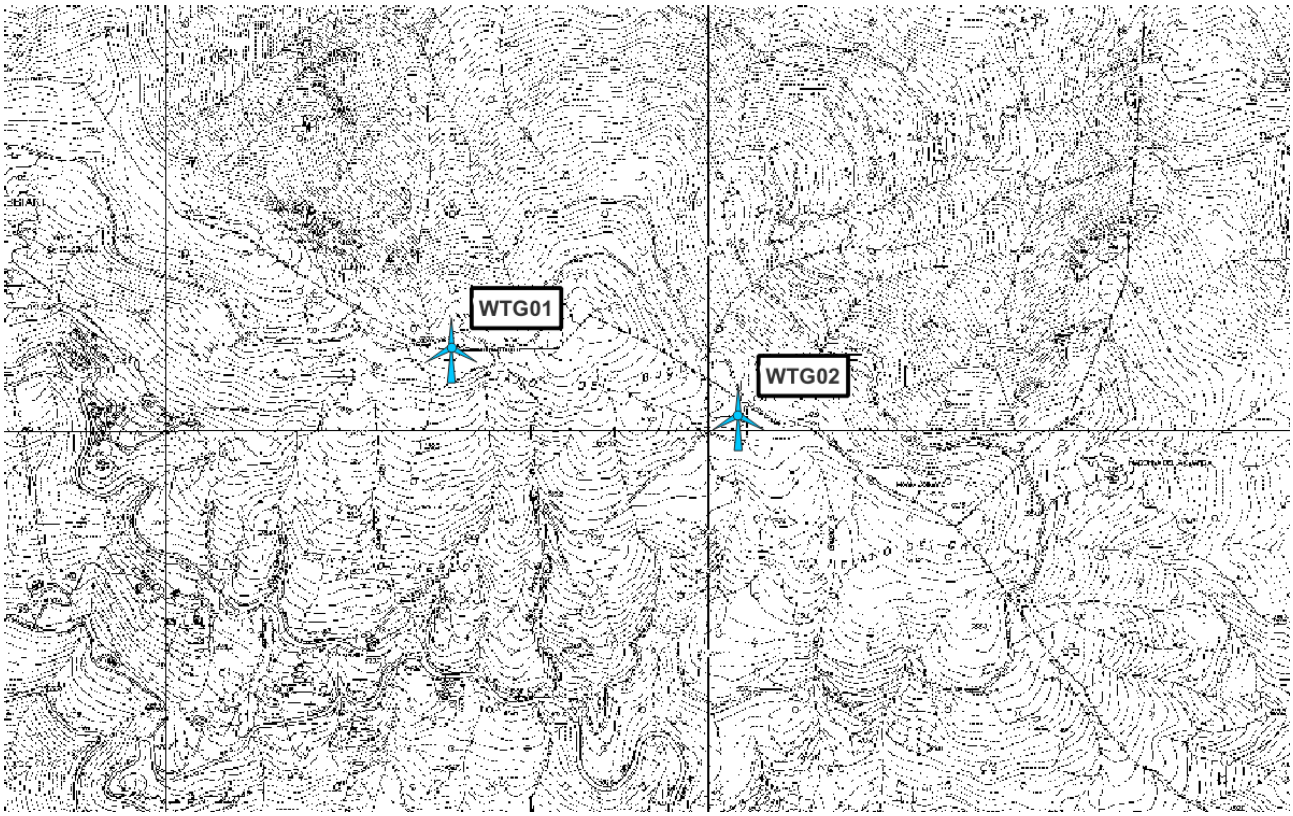


Figura 3: Inquadramento su CTR.



Figura 4: Inquadramento su ortofoto.

1.4. Inquadramento del sito

L'impianto si trova in Località Pian dei Buoi, al confine tra i Comuni di Magliolo (SV), Rialto (SV) e Tovo San Giacomo (SV), in un'area appartenente all'Appennino Ligure di Ponente, situata tra l'unità di paesaggio Valle Maremola e l'Anfiteatro del Melogno.

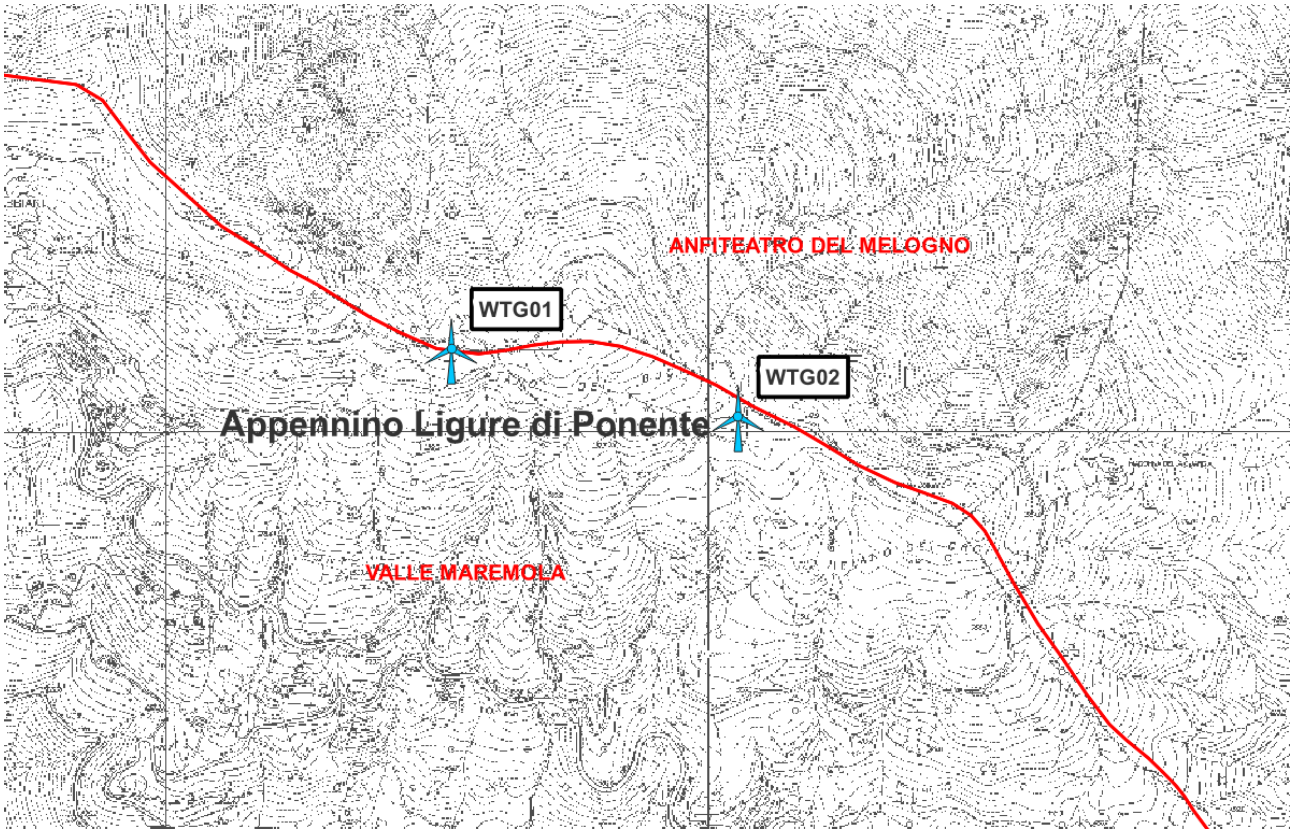


Figura 5: Ambiti e unità di paesaggio.

Il territorio è caratterizzato dalla presenza di foreste e boschi, secondo quanto indicato nell'Ope Legis. 142. In base alla carta dell'uso del suolo, le aree circostanti includono boschi di conifere, aree a vegetazione boschiva arbustiva in evoluzione, bosco misto termofilo e bosco a prevalenza di castagno.

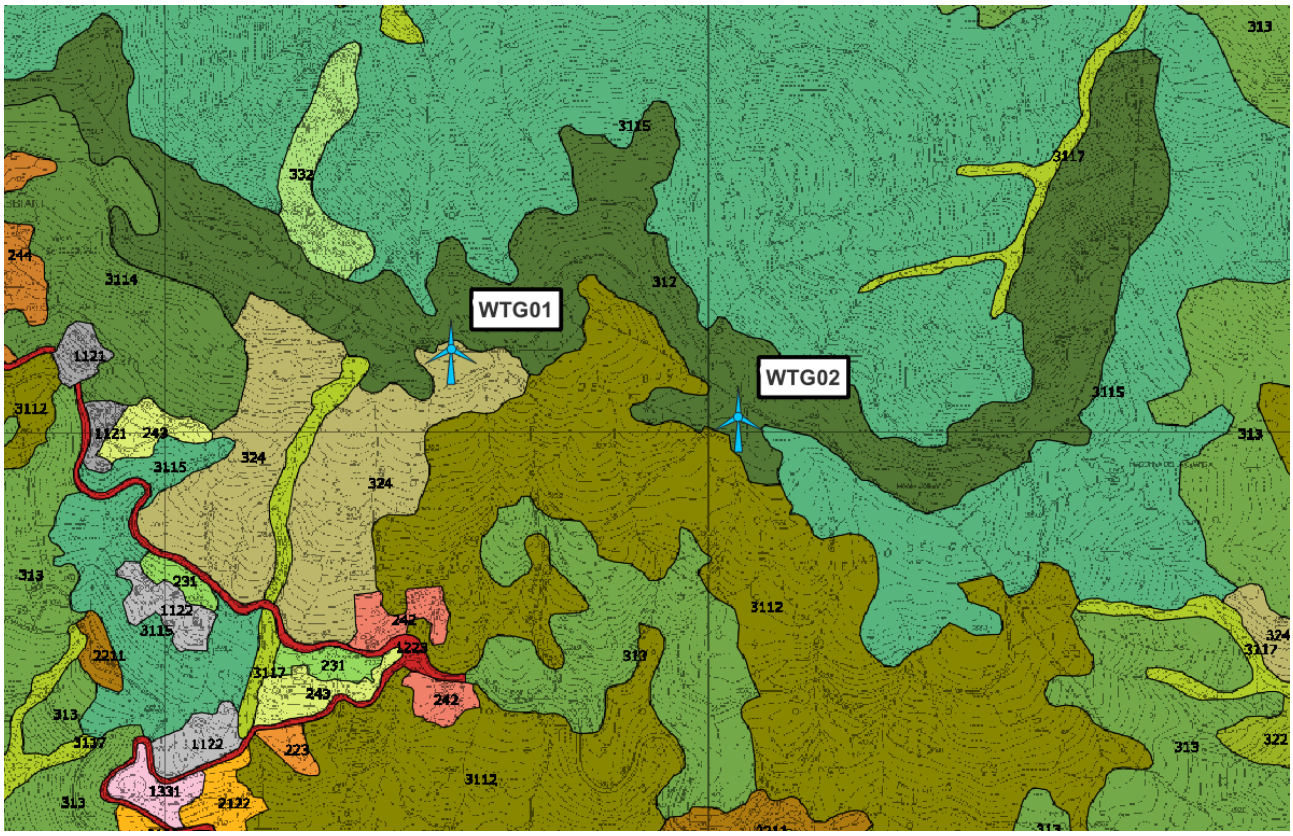


Figura 6: Carta uso del suolo.

L'impianto è situato al di fuori delle aree protette e della Rete Natura 2000 e non ricade nelle zone non idonee per la realizzazione di impianti eolici, come definito dalla DGR n.966 del 5.9.02, dalla DGR n.551 del 2008 e dalla DCR n.3 del 3.2.2009, a seguito dell'aggiornamento degli obiettivi del Piano Energetico Ambientale della Liguria (PEARL) per l'energia eolica.

1.5. Trasporto dei componenti

I componenti dell'impianto eolico saranno trasportati dal Porto di Savona fino al Passo del Melogno utilizzando esclusivamente la viabilità esistente, composta da strade urbane, provinciali e tratti autostradali. Dopo aver lasciato il porto, i convogli attraverseranno la viabilità urbana di Savona per poi immettersi sulla SP29, proseguendo attraverso i centri di Carcare e Altare. Il percorso, attentamente selezionato, garantisce la compatibilità con le dimensioni e i requisiti tecnici dei carichi trasportati, consentendo di raggiungere in sicurezza il Passo del Melogno.

Dal Passo del Melogno, nei pressi dell'Osteria del Din, la società ha analizzato diverse soluzioni per collegare le strade esistenti alle piazzole degli aerogeneratori. Ogni opzione è stata valutata considerando una serie di criteri fondamentali, tra cui la fattibilità tecnica, l'impatto ambientale delle opere, la sostenibilità economica e la possibilità di integrare gli interventi con il contesto infrastrutturale già presente. L'obiettivo è stato quello di individuare il tracciato più idoneo, minimizzando gli effetti sull'ambiente e garantendo al contempo la realizzazione e l'operatività dell'impianto.

Di seguito vengono presentate le tre soluzioni analizzate, ognuna delle quali presenta vantaggi e svantaggi distinti, che sono stati attentamente considerati nel processo decisionale.

Soluzione 1

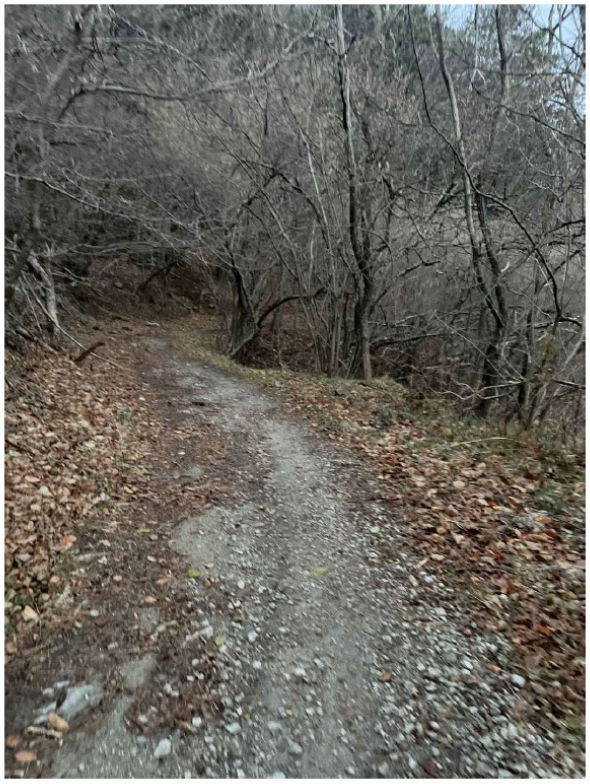
La **prima soluzione** prevede di **proseguire lungo la SP490 fino al km 35-V**, per poi imboccare la **pista sterrata** che conduce al **Santuario di Madonna della Guardia**. Tuttavia, questa opzione risulta impraticabile a causa dell'andamento planimetrico della strada, che presenta curve e controcurve ravvicinate, con raggi di curvatura limitati. Ciò rende impossibile il passaggio dei mezzi necessari per il trasporto delle pale e degli altri componenti di grandi dimensioni. Anche se fosse stato possibile raggiungere l'imbocco della Strada vicinale che porta al santuario, quest'ultima richiederebbe, oltre alle necessarie opere di allargamento e sostegno delle scarpate, la realizzazione di un bypass per aggirare un tornante con raggio di curvatura molto stretto. Inoltre, sarebbe necessario cementare o asfaltare temporaneamente l'intero tratto che dal Santuario conduce alla piazzola, a causa della pendenza superiore al 12%.

Questa soluzione viene **scartata per la sua infattibilità**, poiché la sistemazione della strada provinciale e del tracciato sterrato comporterebbe costi ingenti, non sostenibili dal progetto, con un impatto ambientale significativo su vegetazione e fauna locale.

Soluzione 2

La **seconda alternativa** prevede l'utilizzo di due strade che dall'Osteria del Din conducono direttamente alla piazzola dell'aerogeneratore 1, e una terza per raggiungere la seconda piazzola. Il percorso proposto ha una lunghezza complessiva di 5.800 metri e sfrutta le seguenti strade: "Strada Comunale Vecchia Calizzano Finale", "Strada Vicinale dei Buoi" e "Strada Vicinale Corallina Superiore". Partendo dal **parcheggio dell'Osteria del Din**, si imbocca un breve tratto della "**Strada Comunale Vecchia Calizzano Finale**", per poi proseguire per circa 2.900 metri lungo la "**Strada Vicinale dei Buoi**". In prossimità della località "Borgo dei Gabbiani", il tracciato rientra sulla "**Strada Comunale Vecchia Calizzano Finale**" e, raggiunta la piazzola 1, prosegue per 850 metri lungo la "**Strada Vicinale Corallina Superiore**".

Come si evince dai fotoinserimenti allegati al progetto, tutte queste strade hanno una larghezza superiore ai 3 metri. In alcuni tratti, è sufficiente un livellamento del terreno, poiché la larghezza attuale consente il passaggio dei mezzi senza la necessità di ulteriori interventi.

Pista di accesso - Foto 3	
Prima	**Dopo**
	

Pista di accesso - Foto 6	
Prima	**Dopo**
	

Figura 7: Fotoinserimento pista di accesso.

Questa soluzione consente di sfruttare piste già esistenti, riducendo al minimo le opere di allargamento e sostegno delle scarpate, con un conseguente **impatto ambientale contenuto**.

Soluzione 3

La **terza soluzione** prevede la **realizzazione di una nuova pista** sterrata che, dall'Osteria del Din, si collega alla "Strada Comunale Vecchia Calizzano Finale" in prossimità del "Borgo dei Gabbiani", seguendo un tracciato esistente per mountain bike. L'impatto ambientale di questa soluzione risulta maggiore rispetto all'uso di piste esistenti. Inoltre, il tracciato verrebbe realizzato più a monte rispetto alla seconda soluzione, il che comporterebbe, per raccordarsi alla strada comunale, la realizzazione di un tratto ripido cementato oppure la realizzazione di due tornanti, aumentando il consumo di bosco e l'impatto ambientale.

Questa proposta risulta sicuramente più impattante rispetto alla seconda, sia dal punto di vista ambientale che economico. Infatti, la realizzazione di una nuova pista comporterebbe l'alterazione di un'area naturale più estesa, aumentando il consumo di suolo e il disturbo all'ecosistema locale. Dal punto di vista economico, i costi per la realizzazione di una nuova pista sarebbero considerevolmente più elevati rispetto alla sistemazione di una strada già esistente, a causa della necessità di opere più complesse e strutturalmente impegnative.



Figura 8: Soluzioni pista di accesso.

Dopo un'attenta valutazione delle varie alternative, è emerso in modo evidente che **la soluzione due rappresenta la scelta ottimale sotto tutti i punti di vista**. Questa opzione sfrutta in modo intelligente le infrastrutture già esistenti, riducendo al minimo l'impatto ambientale e garantendo al contempo un notevole contenimento dei costi. L'utilizzo di strade già larghe e percorribili consente di evitare complesse opere di costruzione e modifiche strutturali, che sarebbero non solo onerose, ma anche potenzialmente dannose per

l'ambiente circostante. A fronte di un impegno minimo in termini di interventi, la soluzione due si distingue per la sua efficienza, praticità e sostenibilità, emergendo chiaramente come la migliore scelta per il progetto.

Infine, non certo per importanza, la proposta tiene conto anche delle esigenze degli appassionati di mountain bike e cicloturismo, poiché il percorso incrocia per brevi tratti il sentiero "Rollercoaster". La società promuove l'adozione di soluzioni condivise con gli enti competenti per ripristinare e migliorare il tracciato esistente, garantendo la fruibilità e la sicurezza dell'area anche per gli sportivi.

1.6. Cavidotto utente

Il collegamento tra gli aerogeneratori WTG01 e WTG02 avverrà attraverso un elettrodotto che seguirà la pista forestale esistente. Per il collegamento tra la WTG02 e la SP490, la società promuove la scelta di installare un cavidotto aereo di circa 610 metri. Questa scelta è motivata da diversi fattori.

La realizzazione del parco eolico non comporta interventi sulla strada forestale utilizzata per il passaggio dell'elettrodotto. La soluzione area permette quindi di ridurre l'impatto sulla fauna locale andando a ridurre notevolmente la necessità di interventi invasivi. Si eviteranno operazioni di scavo e movimentazione del suolo, limitando l'impatto sull'ecosistema e riducendo le interferenze con la fauna locale, in particolare nelle aree sensibili.

Dal punto di vista tecnico, il cavidotto aereo garantisce una maggiore rapidità e semplicità di installazione, permettendo di abbreviare i tempi complessivi del cantiere e minimizzare le interruzioni nell'accesso alla pista forestale. Inoltre, questa soluzione offre una manutenzione più agevole, poiché la localizzazione sopra il suolo facilita l'ispezione e l'intervento in caso di guasti o esigenze di adeguamento, riducendo i costi e i tempi di manutenzione a lungo termine.

Anche l'aspetto economico gioca un ruolo cruciale: il cavidotto aereo comporta costi di installazione significativamente inferiori rispetto a quelli richiesti per un cavidotto interrato, soprattutto considerando la lunghezza maggiore e la complessità delle operazioni di scavo.

La soluzione aerea, quindi, risulta più efficiente sia in termini di risorse impiegate che di sostenibilità complessiva del progetto consentendo di raggiungere gli obiettivi ambientali ed economici in maniera più equilibrata.

Raggiunta la SP490, il cavidotto proseguirà interrato fino alla cabina elettrica di consegna situata a circa 1 km dalla cabina primaria di Finale Ligure (SV).

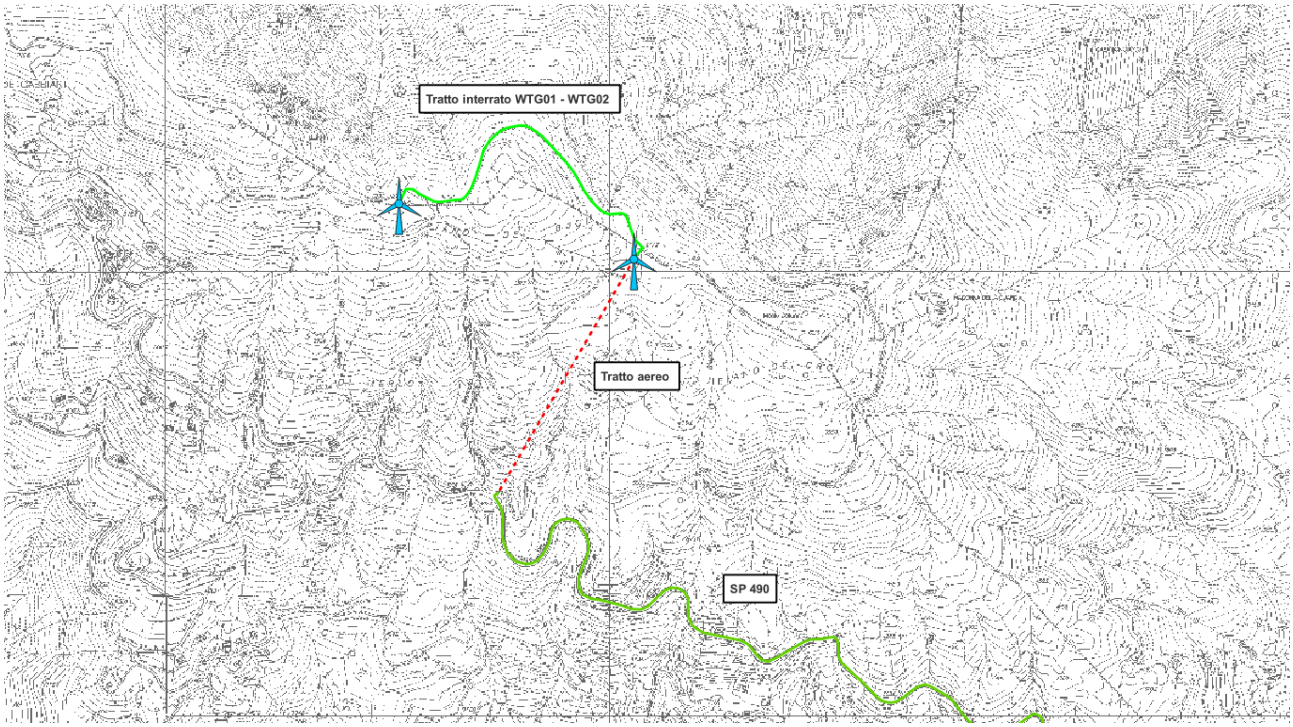


Figura 9: Posa cavidotto utente su CTR.

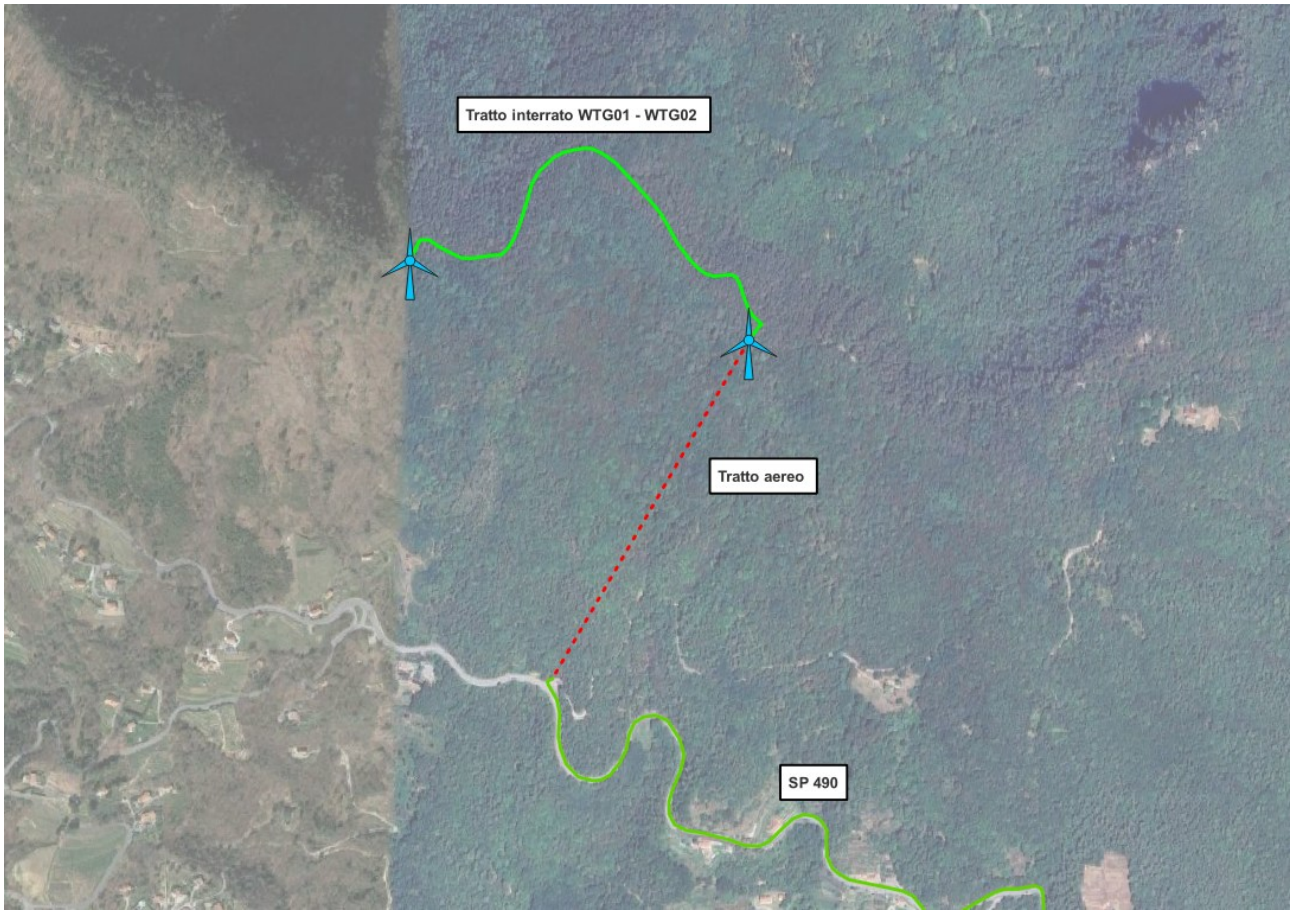


Figura 10: Posa cavidotto utente su ortofoto.

1.7. Valutazione dell'impatto visivo

Il capitolo ha l'obiettivo di analizzare e rappresentare visivamente come l'impianto eolico si inserisce nel contesto paesaggistico circostante, valutando l'impatto visivo generato dagli aerogeneratori rispetto al territorio e agli elementi tutelati ai sensi del D.Lgs. 42/2004.

L'analisi si basa sui fotoinserimenti riportati nella "**Tav. 32 – Fotoinserimenti**", realizzati dai principali punti di osservazione situati in prossimità dei vincoli paesaggistici e architettonici ricadenti nell'intorno dell'impianto.

Le immagini mostrano il progetto da punti di vista realmente fruibili, ad altezza uomo, per evidenziare l'impatto percepito da osservatori comuni. Tuttavia, nei casi in cui la vicinanza di abitazioni o di altri ostacoli fisici limitasse una visione diretta, sono stati utilizzati punti di ripresa elevati, ad esempio a volo d'uccello o mediante l'uso di droni.

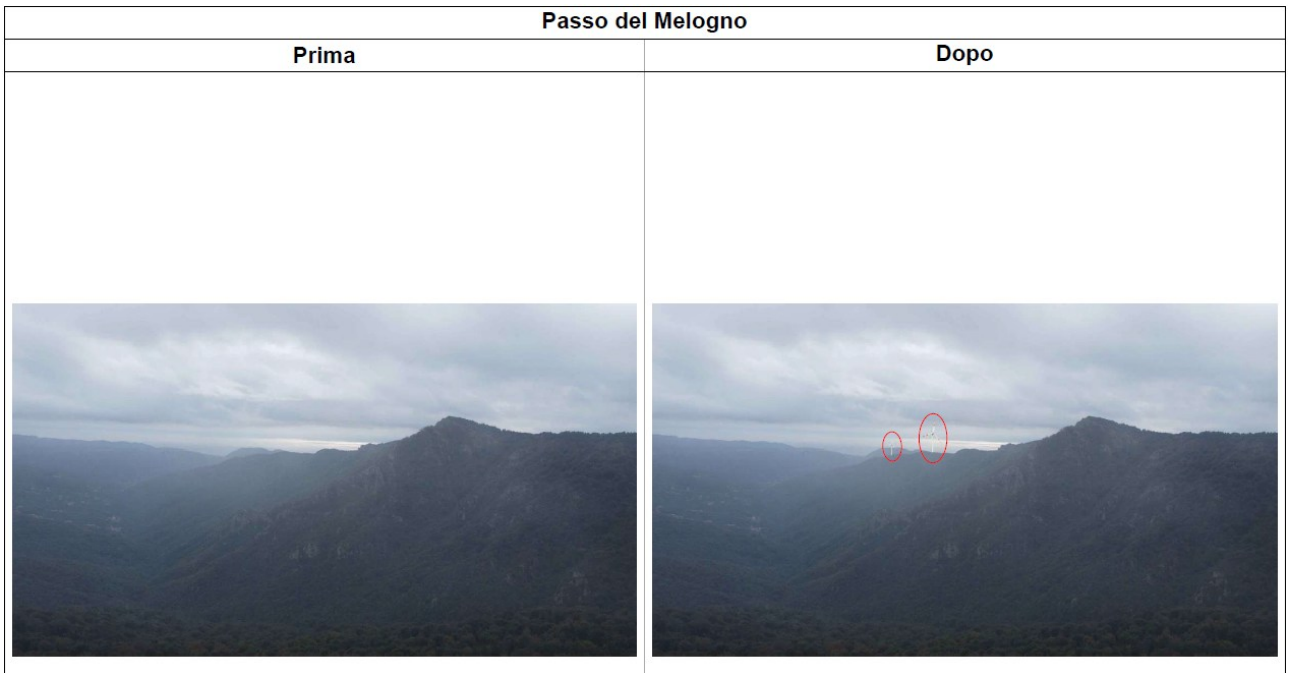


Figura 11: Fotoinserimento da Passo del Melogno.

Cappella di Santa Annunziata	
Prima	**Dopo**
	

Figura 12: Fotoinserimento da Cappella di Santa Annunziata.

Chiesa di Sant' Antonio	
Prima	**Dopo**
	

Figura 13: Fotoinserimento da Chiesa di Sant'Antonio.

Oratorio San Carlo	
Prima	**Dopo**
	

Figura 14: Fotoinserimento da Oratorio San Carlo.

Le fotosimulazioni evidenziano che l'impatto visivo dell'impianto eolico risulta nel complesso limitato. La collocazione degli aerogeneratori, unita alla conformazione del paesaggio, contribuisce a ridurre significativamente la percezione dell'intervento, soprattutto dai punti di osservazione più distanti o caratterizzati dalla presenza di elementi naturali e antropici che schermano parzialmente la visuale. Come riscontrato in altri impianti analoghi, l'impatto visivo diminuisce progressivamente con l'aumentare della distanza dagli aerogeneratori, fino a diventare marginale oltre i 3-5 km, dove la loro presenza si fonde con l'orizzonte. Inoltre, il design stesso delle turbine, progettate con linee slanciate e colori neutri, consente un'integrazione più armoniosa nel contesto paesaggistico. Complessivamente, l'analisi conferma che l'impianto garantisce un equilibrio tra produzione di energia rinnovabile e rispetto del territorio, preservandone il valore estetico e percettivo.

1.8. Inquadramento geologico e idrogeologico

L'area interessata dal progetto si sviluppa lungo un evidente crinale che funge da spartiacque tra i bacini del Torrente Pozza a Nord-Est e del Torrente Maremola a Sud-Ovest. È un tipico crinale con una linea di cresta morbida e arrotondata, ricoperta da vegetazione boschiva, caratterizzata da uno strato superficiale di terreno composto da ghiaia con ciottoli arrotondati, di dimensioni variabili, immersi in una matrice di limo e sabbia ben compatta. Questi depositi derivano probabilmente dall'erosione della formazione rocciosa sottostante.

Il substrato roccioso affiora in modo parziale in entrambe le aree d'intervento, sotto uno strato relativamente sottile di depositi superficiali. Nel sito della piazzola WTG01, affiorano principalmente quarzoscisti e scisti chiari, che costituiscono gran parte del terreno sottostante anche lungo il percorso di accesso agli aerogeneratori. Invece, nel sito di WTG02, il terreno è composto da rocce vulcaniche grigio chiaro, prevalentemente lave e brecce, che formano la base della pista forestale che porta all'area da Madonnina della Guardia.

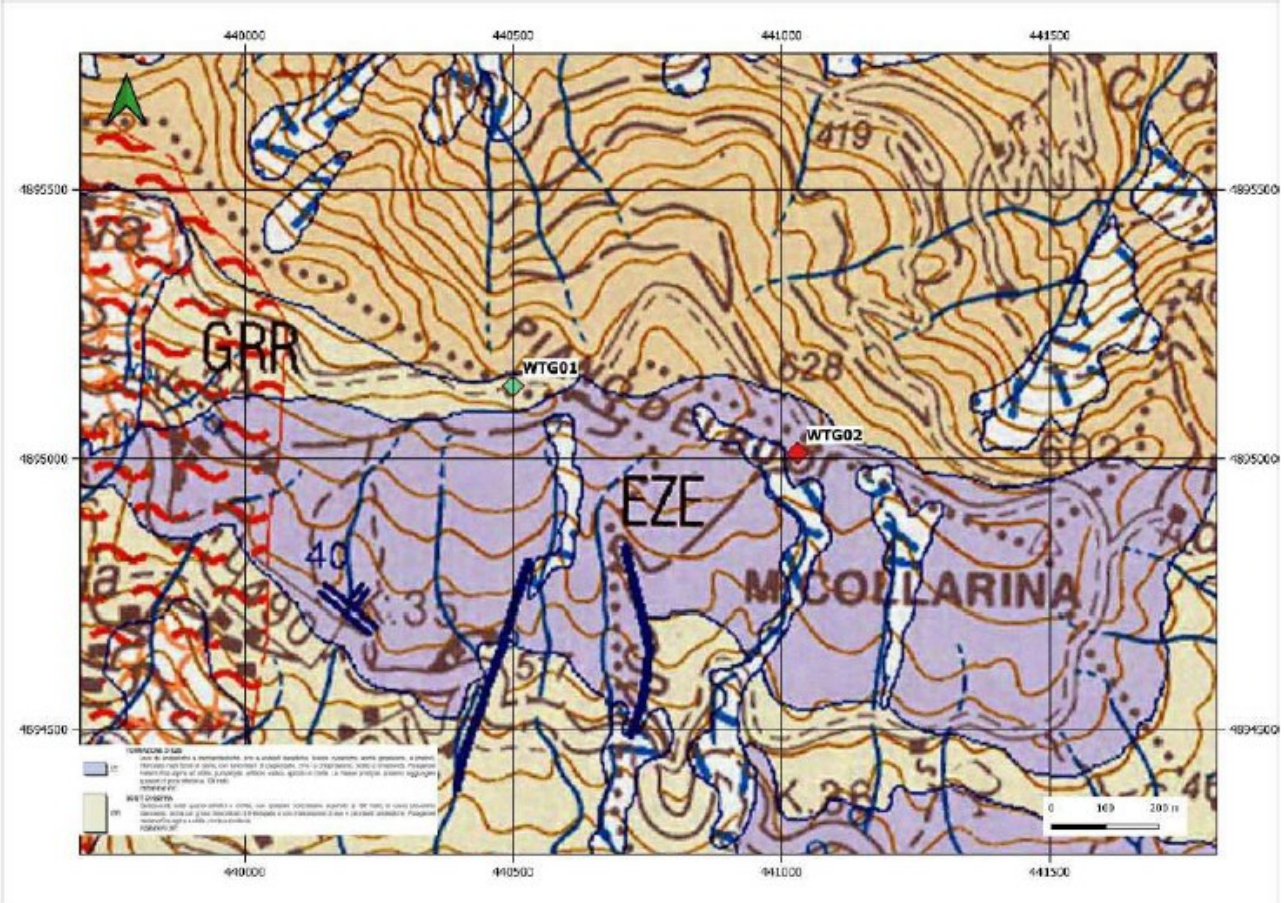


Figura 15: Carta geologica d'Italia – progetto CARG – Foglio 228 Cairo Montenotte.

Dal punto di vista idrogeologico, i siti di WTG01 e WTG02 e la pista di accesso si trovano lungo un crinale che segna il confine dei bacini idrografici superficiali. Le caratteristiche morfologiche dei luoghi fanno sì che non sono state riscontrate sorgenti, ristagni d'acqua o interferenze con corsi d'acqua superficiali durante i sopralluoghi.

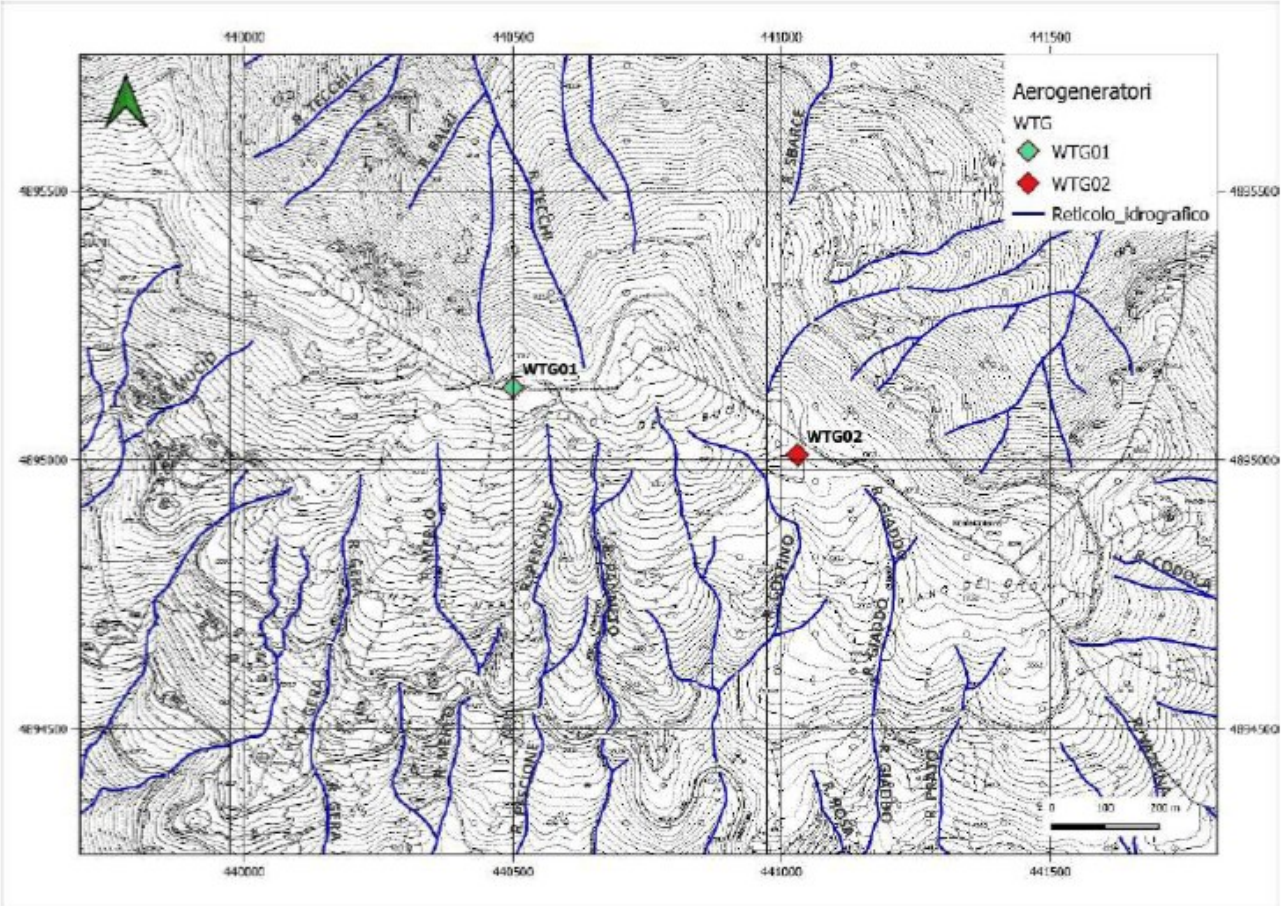


Figura 16: Reticolo idrografico superficiale.

1.8.1. Piazzola WTG01

Viene posizionata in corrispondenza di un ampio dosso boscato caratterizzato da un sottile strato superficiale di suolo e terreni eluvio-colluviali di copertura sovrapposti al substrato roccioso, subaffiorante in corrispondenza di scarpate poste nelle vicinanze e sul fondo del sentiero.

Si tratta di un'area stabile, priva di fenomeni di dissesto attivi e di situazioni di potenziale criticità geologica. La morfologia dell'area è subpianeggiante richiedendo solo limitati interventi di adeguamento morfologico per la formazione della piazzola di lavoro e definitiva.

In particolare, la stessa verrà creata abbassando leggermente il dosso esistente e riportando il terreno proveniente dallo scavo all'interno di un'area già ribassata, subpianeggiante, posta immediatamente a SE, senza creare situazioni di criticità geologica.

Allo stato attuale delle conoscenze litostratigrafiche preliminari si ritiene che, a meno di un sottile strato superficiale di suolo ed eluvio, gran parte dello scavo interesserà la parte di "cappellaccio superficiale fratturata" del substrato roccioso metamorfico.

Il plinto circolare di fondazione della torre verrà, verosimilmente, impostato nel substrato roccioso, ad una profondità di almeno 2,0 m rispetto al fondo della piazzola.



Figura 17: Piazzola WTG01 - Substrato roccioso.



Figura 18: Piazzola WTG01 - Area.

1.8.2. Piazzola WTG02

Anche questa piazzola, in continuità con quella precedente, viene posizionata lungo il dosso crinale spartiacque, in corrispondenza di un ampio dosso boscato caratterizzato da un sottile strato superficiale di suolo e terreni eluvio-colluviali di copertura sovrapposti al substrato roccioso, subaffiorante in corrispondenza di scarpate poste nelle vicinanze e sul fondo del sentiero.

Si tratta di un'area stabile, priva di fenomeni di dissesto attivi e di situazioni di potenziale criticità geologica. La morfologia dell'area è subpianeggiante richiedendo solo limitati interventi di adeguamento morfologico per la formazione della piazzola di lavoro e definitiva, con volumi di movimenti di terra inferiori rispetto a WTG01.

Anche in questo caso si procederà alla regolarizzazione del piccolo dosso arrotondato su cui sarà impostata la torre, riportando il terreno proveniente dallo scavo per il colmamento e il riporto in quota di depressioni morfologiche situate immediatamente a SE, senza creare situazioni di criticità geologica.

Allo stato attuale delle conoscenze litostratigrafiche preliminari si ritiene che, a meno di un sottile strato superficiale di suolo ed eluvio, gran parte dello scavo interesserà la parte di "cappellaccio superficiale fratturata" del substrato roccioso metamorfico.

Il plinto circolare di fondazione della torre verrà, verosimilmente, impostato nel substrato roccioso, ad una profondità di almeno 2,0 m rispetto al fondo della piazzola.

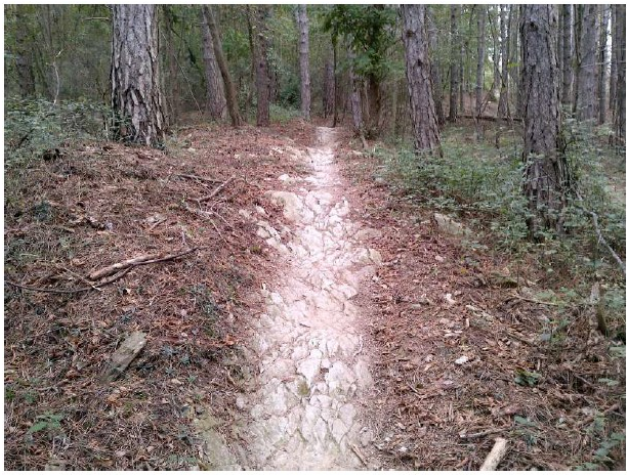


Figura 19: Piazzola WTG02 - Substrato roccioso.



Figura 20: Piazzola WTG02 - Area.

1.8.3. Pista di accesso

Per raggiungere le piazzole di WTG01 e WTG02 è prevista la sistemazione e adeguamento in larghezza della pista forestale già esistente a servizio del versante boscato con un tracciato che, innestandosi sulla SP 490 in corrispondenza della sella in località Cà del Mago e Osteria del Din a quota 942 m s.l.m., raggiunge le due piazzole lungo un percorso, privo di tornanti, che taglia a mezza costa il versante.

Da WTG01 a WTG02 si segue la pista forestale esistente che presenta già un tracciato e una larghezza adeguata rendendo, quindi, necessari solo limitati interventi di sistemazione.

Dal punto di vista geologico/geomorfologico, il tracciato esistente si sviluppa a mezza costa su un versante boscato con pendenza moderata. Il terreno è ricoperto da uno strato sottile di detriti e depositi eluvio-colluviali, che poggiano su un substrato roccioso composto prevalentemente da quarzoscisti e scisti quarzo-sericitici e cloritici, fratturati in superficie. Queste rocce appartengono alla Formazione degli “Scisti di Gorra – GRR”. Nella zona ovest viene attraversato, in trincea, un affioramento di rioliti, riodaciti e daciti scistose appartenenti alla Formazione dei “Porfiroidi di Melogno – PDMb”, mentre nella parte ad est viene lambito un affioramento di lave da andesitiche a trachiandesitiche appartenenti alla “Formazione di Eze – EZE”.

Il tracciato della pista esistente, ed oggetto di sistemazione e adeguamento funzionale, attraversa tre aree riportate all’interno dell’“Inventario dei Fenomeni Franosi sc. 1:10000 - Progetto IFFI” presente sul Geoportale Regione Liguria.

Le prime due aree a nord ovest presentano uno stato di attività definito “quiescente” e con tipologia di “scivolamento rotazionale” impostato nei materiali di copertura; entrambe non mostrano, sul terreno, fenomeni di recente riattivazione e sono in gran parte colonizzate dal bosco. Anche il sedime della pista, nei due tratti di attraversamento, non evidenzia fenomeni di cedimento o assestamento denotando una generale condizione di stabilità del versante – stato di quiescenza.

La frana più a est è impostata completamente all’interno di una “deformazione gravitativa profonda di versante – DPGV” che arriva a comprendere anche il nucleo urbanizzato della frazione di Borgo dei Gabbiani. Sul terreno, nella parte a monte della pista forestale, è presente e ben visibile un antico accumulo detritico (foto 14), ormai completamente stabilizzato e colonizzato dal bosco. In questa zona la pendenza del versante è moderata e non ci sono evidenze di fenomeni attivi in atto. Anche il sedime della pista, che in questo tratto segue un tracciato semipianeggiante a mezzacosta, risulta stabile e senza tracce di fessurazioni o fenomeni di

dissesto/scivolamento (foto 15); i blocchi detritici e i massi sono in condizioni di stabilità, appoggiati su un versante a bassa pendenza.

Dal punto di vista idrogeologico e idrografico il tracciato, essendo posizionato nella parte sommitale del versante, immediatamente a valle della cresta spartiacque, attraversa gli impluvi nella zona di testata dove è presente una minima circolazione idrica superficiale e sottosuperficiale, a regime temporaneo e legata ai periodi con intense o prolungate precipitazioni.

Al momento dei sopralluoghi non sono state rilevate venute idriche sorgentizie che interferiscono con il sedime della pista.

L'approccio progettuale è stato sviluppato con l'obiettivo di limitare al massimo l'impatto ambientale e territoriale. Non verranno realizzate nuove strade, ma si interverrà esclusivamente sulla pista esistente per migliorarne la percorribilità e adeguarla alle esigenze di cantiere, riducendo al minimo i movimenti terra e le modifiche alla morfologia del versante.



Figura 21: Pista di accesso – Tratto 1.



Figura 22: Pista di accesso – Tratto 2.



Figura 23: Pista di accesso – Tratto 3.



Figura 24: Pista di accesso – Tratto 4.



Figura 25: Pista di accesso – Tratto 5.



Figura 26: Pista di accesso – Tratto 6.

1.9. Inquadramento forestale

Il soprassuolo forestale interessato dall'intervento rientra prevalentemente nella Categoria forestale dei Rimboschimenti.

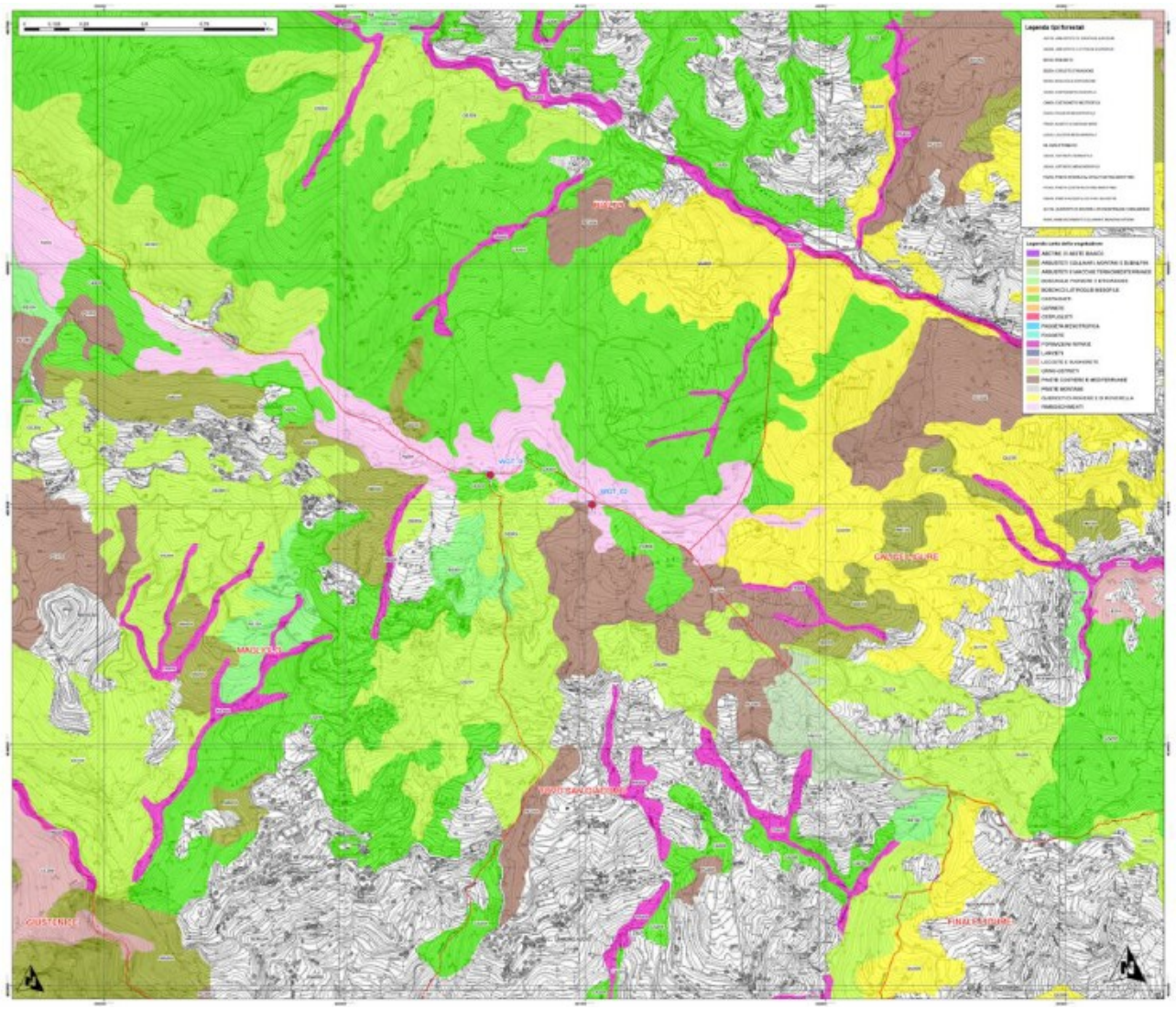


Figura 27: Carta della vegetazione.

La seguente tabella indica i tipi forestali realmente riscontrati sui siti di installazione delle WTG:

WTG	**Tipo di copertura del suolo**
WTG01	Rimboschimento di Pino Marittimo (RI20X)
WTG02	Rimboschimento di Pino Marittimo (RI20X)

1.9.1. Superficie oggetto di trasformazione

La superficie forestale oggetto di trasformazione è rappresentata da:

- aree boscate trasformate per la realizzazione delle piazzole di montaggio;
- superfici boscate trasformate durante i lavori di adeguamento della viabilità esistente e di apertura di nuovi tratti di viabilità.

La superficie relativa alle piazzole è stata definita per ogni singola piazzola ed è rappresentata nelle tavole di progetto di cui si allega di seguito un estratto:

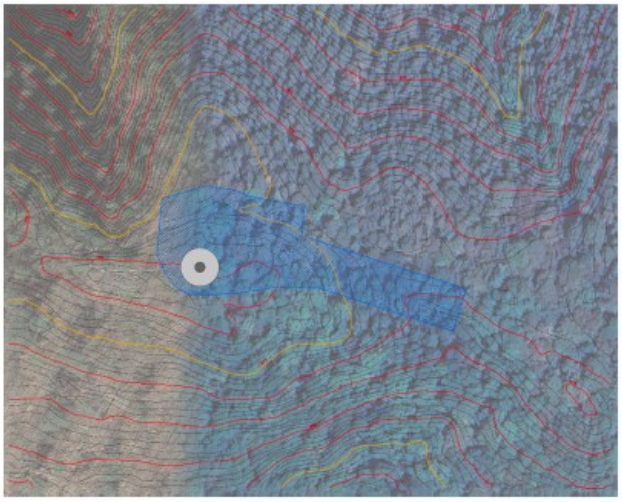


Figura 28: Piazzola WTG01.

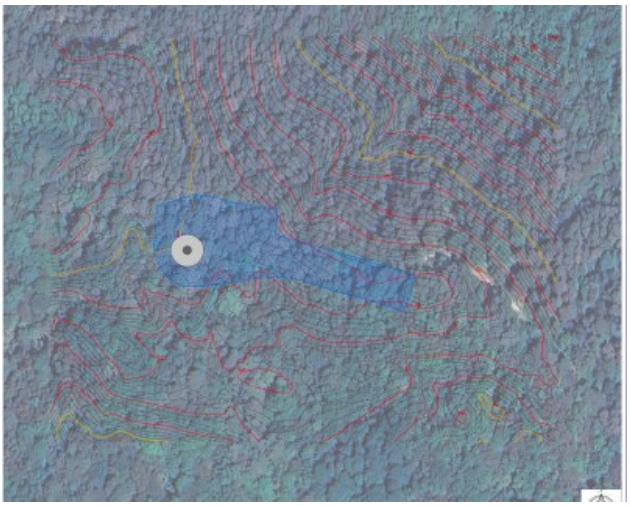


Figura 29: Piazzola WTG02.

La seguente tabella indica la superficie per ogni singola piazzola e il totale della superficie boscata trasformata:

Piazzola	**m2**
WTG01	5.763
WTG02	5.362
	11.125

Per quanto riguarda la trasformazione di aree boscate necessaria per l'adeguamento della viabilità esistente e per la realizzazione della viabilità di nuova apertura essa è stata stimata considerando la superficie necessaria per l'adeguamento della viabilità esistente e l'apertura della nuova viabilità. Nel primo caso, si è considerata un'area trasformata di 4 m ogni metro lineare di sviluppo della viabilità da adattare e di 10 m ogni metro di sviluppo di nuova viabilità.

Il risultato dell'operazione indica una superficie potenzialmente oggetto di trasformazione pari a **36.000 m2** circa al netto della superficie occupata dalla viabilità esistente (attualmente già non boscata). Tale situazione risulta essere cautelativa, andando a considerare l'intera superficie potenzialmente interessata dalle fasi di cantiere. In fase esecutiva e durante il cantiere si potrà avere contezza maggiore della superficie boscata realmente interessata dalla trasformazione, che potrà, con buona probabilità, subire delle riduzioni anche significative.

La tabella seguente indica la superficie boscata complessiva oggetto di trasformazione.

Oggetto della trasformazione	**m2**
Realizzazione piazzole per montaggio WTG	11.125
Adeguamento e apertura viabilità	36.000
	47.125

1.9.2. Dati dendrometrici esbosco

Sulla base dei campionamenti effettuati e proporzionalmente alle superfici sopra indicate, la tabella seguente indica i dati volumetrici di esbosco presunti:

Piazzola	**m3**
WTG01	191
WTG02	200
Viabilità	800
	1191

Si prevede **l'esbosco di circa 1191 m3 di legname**, in prevalenza di pino marittimo e carpino nero.

1.9.3. Impatto della trasformazione a livello di macroarea

Si è provveduto ad effettuare un'analisi dell'impatto derivante dalla perdita delle superfici boscate sopra descritte sull'intera macroarea costituita dal territorio limitrofo all'impianto in progetto, al fine di valutare l'effettivo impatto derivante dalla perdita delle superfici forestali e dei rispettivi habitat sopra descritti.

Si è definita come area di studio l'area vasta rappresentata da un buffer di 10 km rispetto alla posizione degli aerogeneratori in progetto. La carta dei Tipi forestali permette di definire la superficie boscata dell'area di indagine.

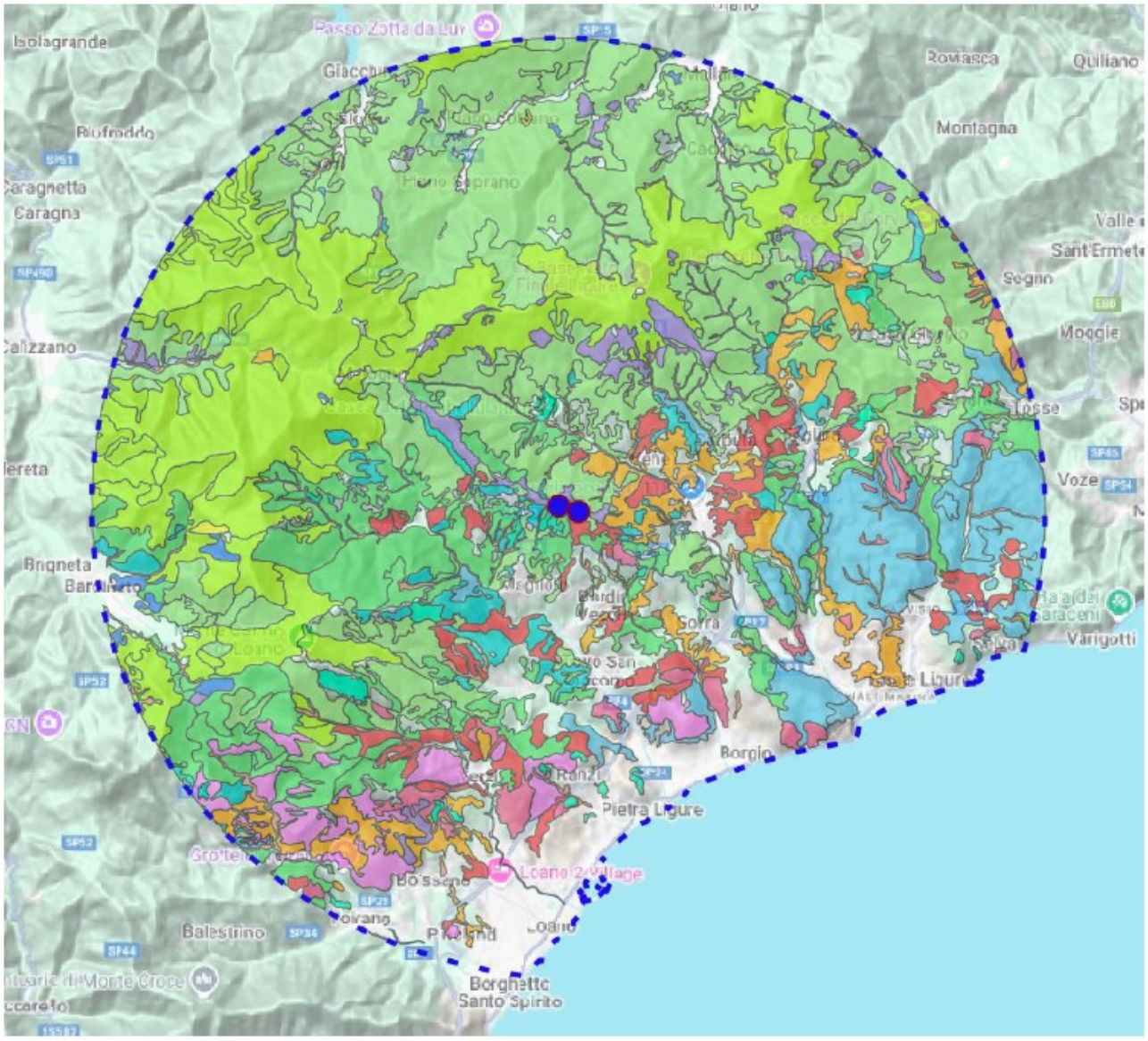


Figura 30: Rappresentazione della copertura forestale dell'area di indagine.

Se si considera l'intera Macro-area di indagine, l'area boscata complessiva risulta essere di 24.104 ha. La superficie complessiva dell'area considerata è di 29.365 ha. L'indice di boscosità si assesta pertanto al 82,1%.

La categoria forestale maggiormente rappresentativa dell'area risultano essere i castagneti, seguite dalle faggete. I rimboschimenti si estendono complessivamente per 524 ha.

Complessivamente, la superfice oggetto di trasformazione risulta essere di circa 4,7 ha, afferenti alla categoria dei rimboschimenti. Come precedentemente illustrato, sul territorio considerato i rimboschimenti risultano essere 524 ha. Pertanto, la superficie boscata trasformata per realizzare l'impianto eolico in progetto risulta essere pari allo 0,02% della superficie boscata complessiva allo 0,9% della superficie totale dei rimboschimenti.

In ragione di queste considerazioni, si può ragionevolmente considerare trascurabile l'impatto dell'intervento sulle componenti forestali della macroarea studiata.

1.9.4. Calcolo delle compensazioni

Considerando il "vuoto normativo" della Regione Liguria, è volontà della Società proponete ottemperare al pagamento della compensazione dovuta. Al tal fine, si propone l'utilizzo del calcolo della compensazione normato dalla Regione Piemonte con Deliberazione della Giunta Regionale 26 marzo 2021, n. 4-3018, in ottemperanza all'articolo 19 della Legge Regionale della Regione Piemonte n. 4/2009.

Nel caso in oggetto, la superficie interessata dalla trasformazione è di 47.125 m2 a cui corrisponde un importo della **compensazione pari a 26.507,81 €.**

In alternativa alla compensazione monetaria, si potrebbero prevedere una serie di interventi di compensazione a vantaggio degli ecosistemi forestali da realizzarsi mediante convenzione con i Comuni che ospitano l'Impianto da realizzarsi preferibilmente a vantaggio delle aree boscate limitrofe all'area di intervento. A titolo esemplificativo gli interventi compensativi potrebbero riguardare:

- interventi selvicolturali "a macchiatico negativo" di miglioramento forestale (diradamenti, conversioni, tagli intercalari, azioni di controllo delle specie esotiche invasive);
- interventi di ripristino del castagneto da frutto nella zona della WTG02;
- interventi a favore della fauna selvatica (creazione di habitat "ad hoc" per determinate specie, interventi mirati alla conservazione delle specie protette);
- interventi finalizzati a migliorare il potenziale turistico ricreativo delle aree forestali (percorsi tematici, percorsi attrezzati, segnaletica, aree attrezzate).

1.9.5. Opere di mitigazione

Al fine di mitigare l'impatto ambientale-paesaggistico delle opere, si prevede, a fine intervento, l'inerbimento delle zone soggette a movimento terra ed il successivo rimboschimento. In particolare, si prevede l'inerbimento (a spaglio o con idrosemina sulle superfici a pendenza maggiore) delle aree oggetto di ripristino delle piazzole di montaggio e della viabilità di accesso.

Alla luce di queste considerazioni si propone un miscuglio per l'inerbimento avente queste caratteristiche:

Specie	**%**
Brachypodium gr. rupestre	30
Festuca gr. ovina	25
Festuca gr. Rubra	20
Trifolium repens	13
Lotus corniculatus	10

Si propone inoltre un rimboschimento delle aree ripristinate delle piazzole di montaggio con le seguenti specie arboree arbustive idonee alla stazione:

- orniello;
- carpino nero;
- nocciolo;
- pino marittimo.

1.10. Analisi ambientale e contesto paesaggistico

L'area di intervento si trova nell'Appennino Ligure di Ponente, una zona caratterizzata da crinali boscosi che fungono da spartiacque tra il Torrente Pozza e il Torrente Maremola. Il contesto paesaggistico è dominato da una **vegetazione naturale** con prevalenza di castagni, conifere e rimboschimenti storici. La presenza antropica è limitata, con segni di attività rurali sparse e un **utilizzo boschivo tradizionale**, prevalentemente per la produzione di legname.

Le analisi geomorfologiche hanno rilevato una **buona stabilità del substrato**, costituito da quarzoscisti e lave andesitiche, che garantisce condizioni ottimali per la realizzazione dell'impianto e delle opere connesse. Non sono state identificate criticità idrogeologiche rilevanti, come sorgenti, ristagni idrici o reticoli superficiali, grazie alla posizione elevata lungo il crinale.

La trasformazione di superfici boscate per la realizzazione delle piazzole e della viabilità è **limitata al minimo indispensabile e sarà mitigata da interventi di ripristino**, come il rimodellamento del terreno e la ripiantumazione di specie autoctone. La superficie interessata sarà ridotta al termine dei lavori, garantendo una piena integrazione con il contesto ambientale. Pertanto, gli interventi non altereranno significativamente le qualità naturali e paesaggistiche dell'area, favorendo un equilibrio tra esigenze progettuali e tutela ambientale.

1.10.1. Livelli di tutela

L'area è regolata dal Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico (PTCP) della Liguria, che la classifica come "**Area Non Insediata - Regime di Mantenimento**" (**ANI-MA**). Questo regime consente interventi compatibili con il contesto paesaggistico, a condizione che non alterino in modo percepibile lo stato dei luoghi e garantiscano il rispetto delle risorse ambientali.

Inoltre, l'assetto vegetazionale è sottoposto a un **regime di consolidamento**, che promuove il miglioramento qualitativo delle formazioni boschive. Gli interventi progettuali rispettano queste direttive, adottando soluzioni che limitano l'impatto visivo e garantiscono il ripristino delle aree temporaneamente trasformate. Per esempio, la riduzione della viabilità di accesso al termine del cantiere contribuirà a preservare l'aspetto naturale del territorio.

Le analisi di compatibilità confermano che gli interventi proposti non compromettono le caratteristiche paesaggistiche né l'integrità degli elementi naturali e storici presenti nell'area. Questo dimostra che il progetto può essere integrato armoniosamente nel territorio, rispettando i criteri di tutela imposti dalla normativa vigente.

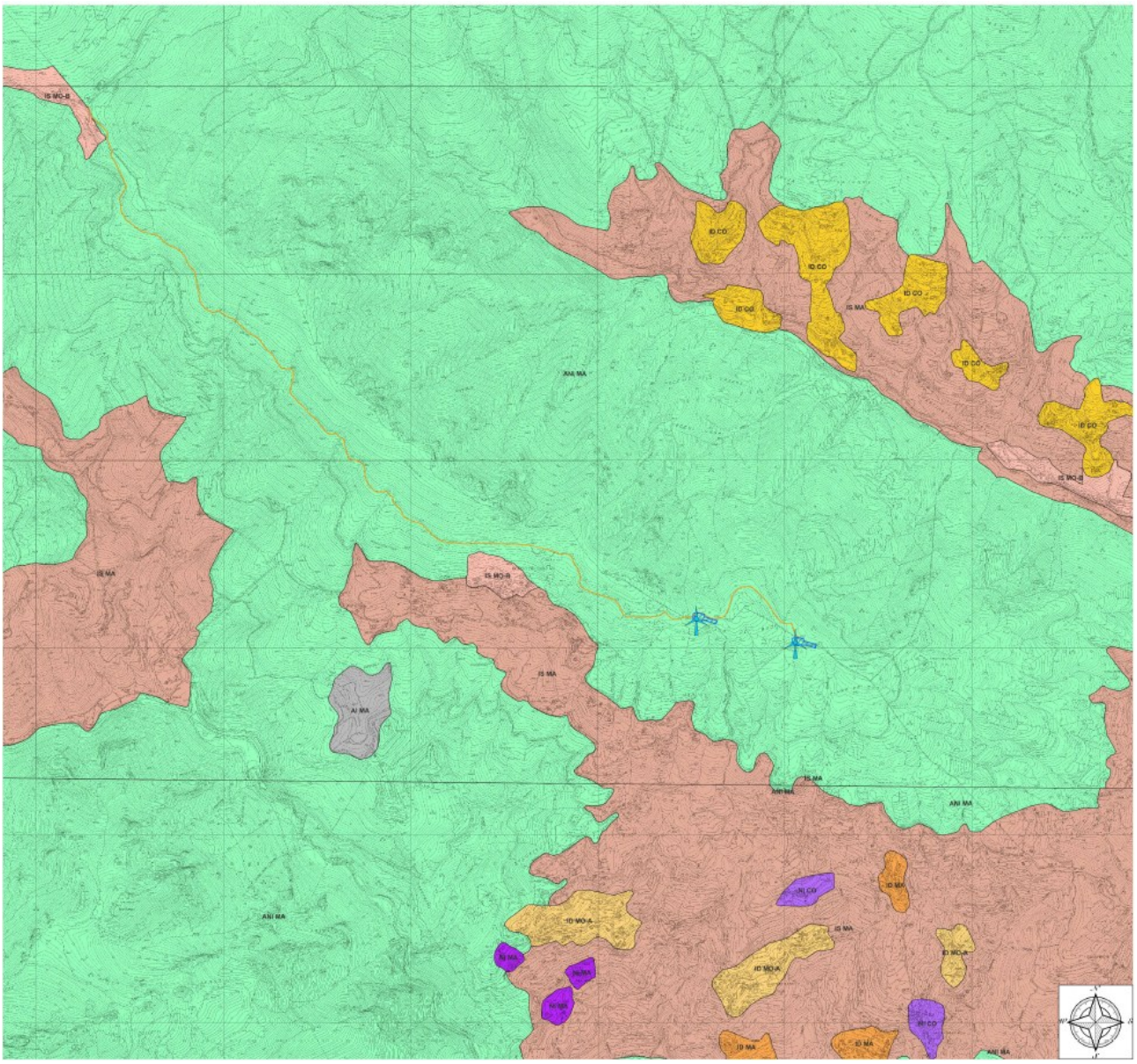


Figura 31: Classificazione secondo il PTCP della Liguria.

1.10.2. Pianificazione territoriale e compatibilità paesaggistica

Il **progetto è in linea con le indicazioni del Piano Energetico Ambientale Regionale** (**PEAR**) 2014-2021, che promuove la diffusione di energie rinnovabili in Liguria. L'area selezionata non rientra nelle zone non idonee per la realizzazione di impianti eolici, come stabilito dalle normative regionali. Inoltre, la localizzazione è stata definita considerando attentamente le linee guida regionali sull'eolico, con particolare attenzione alla minimizzazione degli impatti su biodiversità, paesaggio e patrimonio culturale.

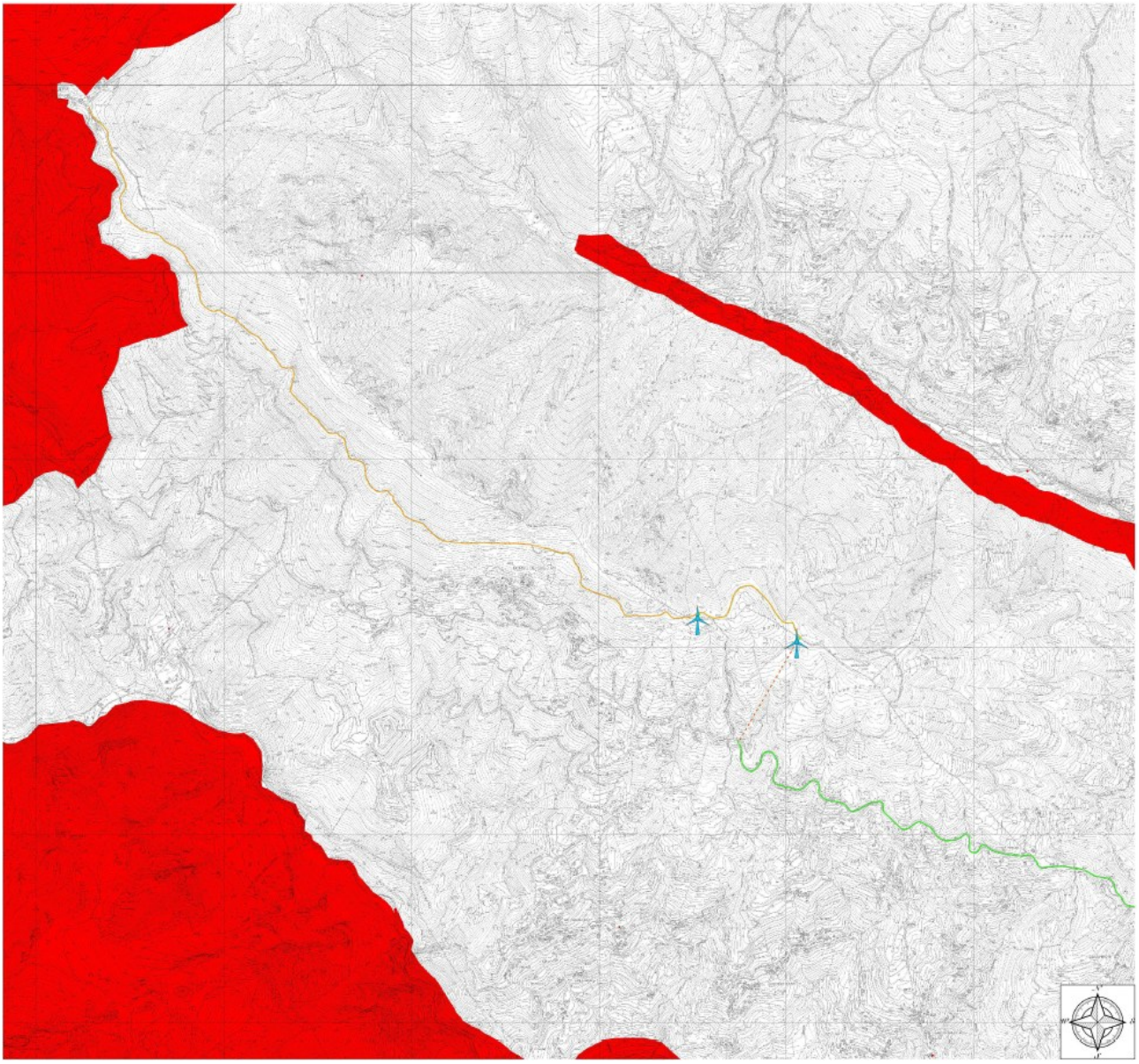


Figura 32: Aree non idonee all'eolico.

Le analisi di intervisibilità hanno dimostrato che l'**impatto visivo è contenuto**, grazie alla configurazione con due aerogeneratori e all'adozione di colorazioni e materiali studiati per armonizzarsi con l'ambiente. Le soluzioni progettuali, come la riduzione delle piazzole e la realizzazione di infrastrutture temporanee, evidenziano un approccio attento alla salvaguardia del contesto paesaggistico.

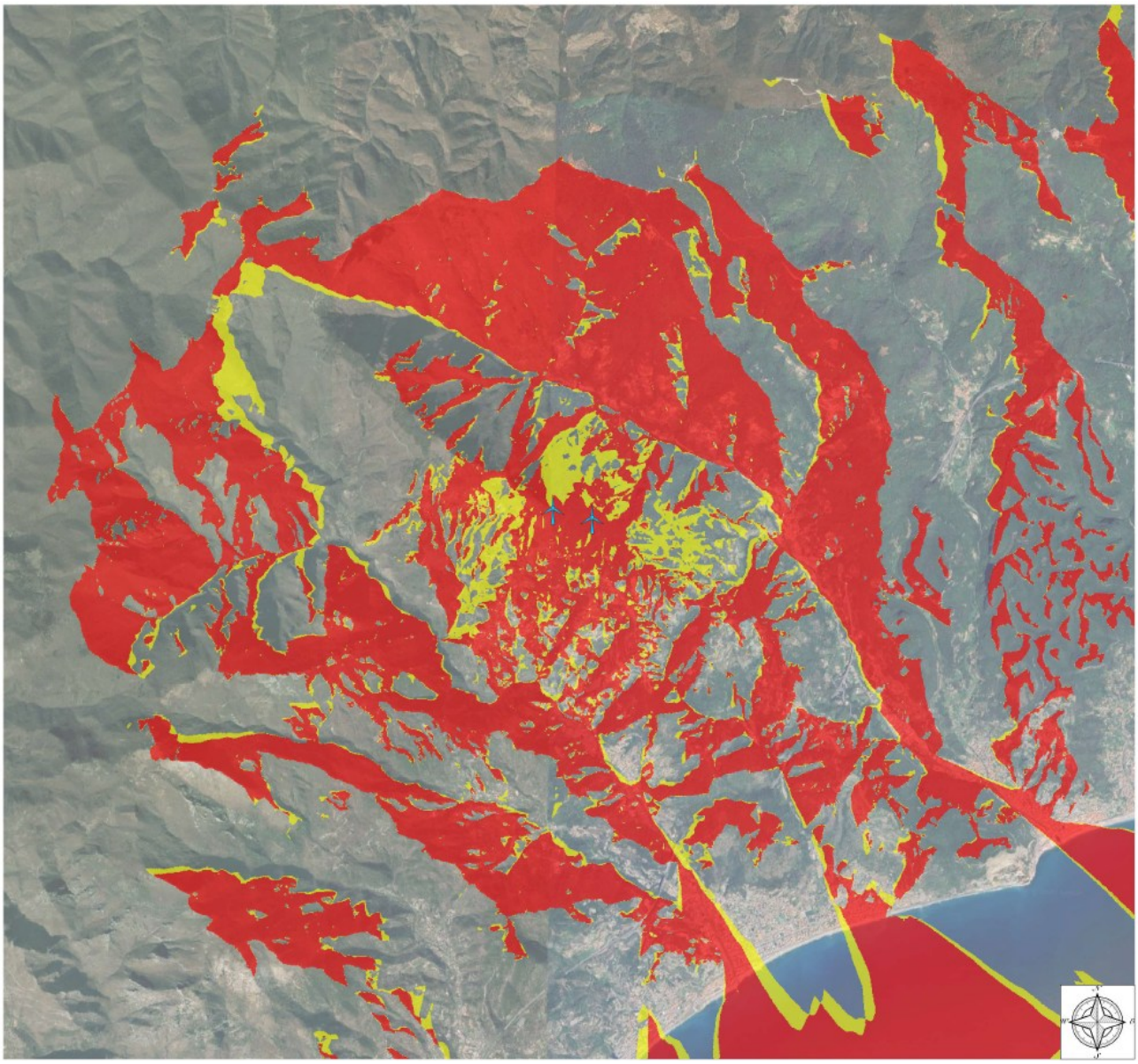


Figura 33: Intervisibilità teorica.

In conclusione, il progetto si inserisce in modo coerente nella pianificazione territoriale e paesaggistica regionale, rispettando i criteri di sostenibilità e favorendo una transizione energetica compatibile con le caratteristiche del territorio. Le scelte progettuali adottate dimostrano che è possibile bilanciare le esigenze di sviluppo con la tutela del paesaggio e delle risorse ambientali.

1.11. Inquadramento acustico

Negli impianti eolici moderni, il rumore aerodinamico è la principale fonte di emissione sonora, dovuto soprattutto all'interazione dell'aria con le pale e la torre di sostegno. L'intensità di questo rumore varia con la velocità di rotazione del rotore e cresce all'aumentare delle dimensioni dell'aerogeneratore.

Il rumore aerodinamico si origina da diverse componenti, ciascuna legata a fenomeni di turbolenza e variazioni nei flussi d'aria che investono le pale. Tra queste si distinguono:

- **trailing edge turbulence**: turbolenza generata sul bordo delle pale a causa del flusso d'aria sulla loro superficie;
- **inflow turbulence**: rumore prodotto dalla pala quando attraversa flussi d'aria turbolenti;
- **thickness sound**: dovuto allo spostamento d'aria causato dalla rotazione della pala;
- **laminar boundary layer vortex shedding noise**: rumore provocato dall'instabilità nel flusso laminare separato dal bordo inferiore della pala;
- **flow separation noise**: generato quando l'angolo di attacco tra la pala e il flusso d'aria turbolento supera un limite specifico;
- **trailing edge bluntness vortex shedding noise**: rumore dovuto all'instabilità nella scia causata dallo spessore del bordo di uscita della pala;
- **tip vortex noise**: causato dalla formazione di vortici intorno alla punta delle pale.

Oltre a questi fenomeni aerodinamici, vi sono altre componenti della turbina, come il moltiplicatore di giri e il generatore, che producono rumore durante il loro funzionamento.

Per questo motivo, è fondamentale condurre uno studio acustico accurato per valutare l'impatto sonoro dell'impianto sulle aree circostanti.

Un parametro fondamentale per descrivere la capacità di produrre rumore di una sorgente è la potenza sonora (Lw), che rappresenta il livello di energia sonora emessa da una sorgente senza tenere conto dell'ambiente di propagazione. La potenza sonora è quindi una caratteristica oggettiva della sorgente e rimane costante indipendentemente dalle condizioni di ascolto. Per la turbina scelta, il produttore Enercon fornisce i valori di potenza sonora, in dB, per diverse velocità del vento ad un'altezza di 10 metri dal suolo.

V at a height of 10 m in m/s	Sound power level in dB (A)	V at a height of 10 m in m/s	Sound power level in dB (A)
3	94,8	8	105,0
3,5	96,5	8,5	105,0
4	98,5	9	105,0
4,5	100,6	9,5	105,0
5	102,7	10	105,0
5,5	104,6	10,5	105,0
6	105,0	11	105,0
6,5	105,0	11,5	105,0
7	105,0	12	105,0
7,5	105,0		

D'altra parte, ciò che percepiamo a livello uditivo è il livello di pressione sonora (Lp), che invece varia in funzione di vari fattori ambientali, come la distanza dalla sorgente e le condizioni di propagazione. A differenza della potenza sonora, che è una misura fissa della sorgente, la pressione sonora diminuisce all'aumentare della distanza dalla sorgente.

Per convertire il livello di potenza sonora (Lw) in livello di pressione sonora (Lp) a una determinata distanza, è necessario conoscere il fattore di direttività (Q), che dipende dalla geometria di propagazione della sorgente. I valori comuni di Q sono i seguenti:

- Q=1: propagazione sferica;
- Q=2: propagazione semisferica;
- Q=4: propagazione su due piani;
- Q=8: propagazione su tre piani.

Nel caso in progetto, considerando una propagazione sferica in campo libero (Q=1) e una distanza di 1 metro dalla sorgente, un livello di potenza sonora pari a 105,0 dB corrisponde a un livello di pressione sonora di 94,0 dB. Questo approccio consente di stimare il rumore percepito a una certa distanza a partire dai dati di potenza sonora forniti dal produttore.

1.11.1. Classi acustiche di destinazione d'uso del territorio interessato e valori limite di emissione, immissione e di qualità

La legge 26/10/95 n. 447 stabilisce che, nel realizzare la classificazione in zone del territorio, si dovrà tener conto che la classificazione di zona stabilisce, oltre ai valori di qualità, anche i livelli di attenzione ed i limiti massimi di immissione ed emissione. Tali limiti sono fissati nel D.P.C.M. 14 novembre 1997 nelle tabelle B, C e D riportate nella relazione specialistica.

1.11.2. Recettori analizzati

I punti di misura selezionati per la valutazione di impatto acustico sono di seguito riportati.

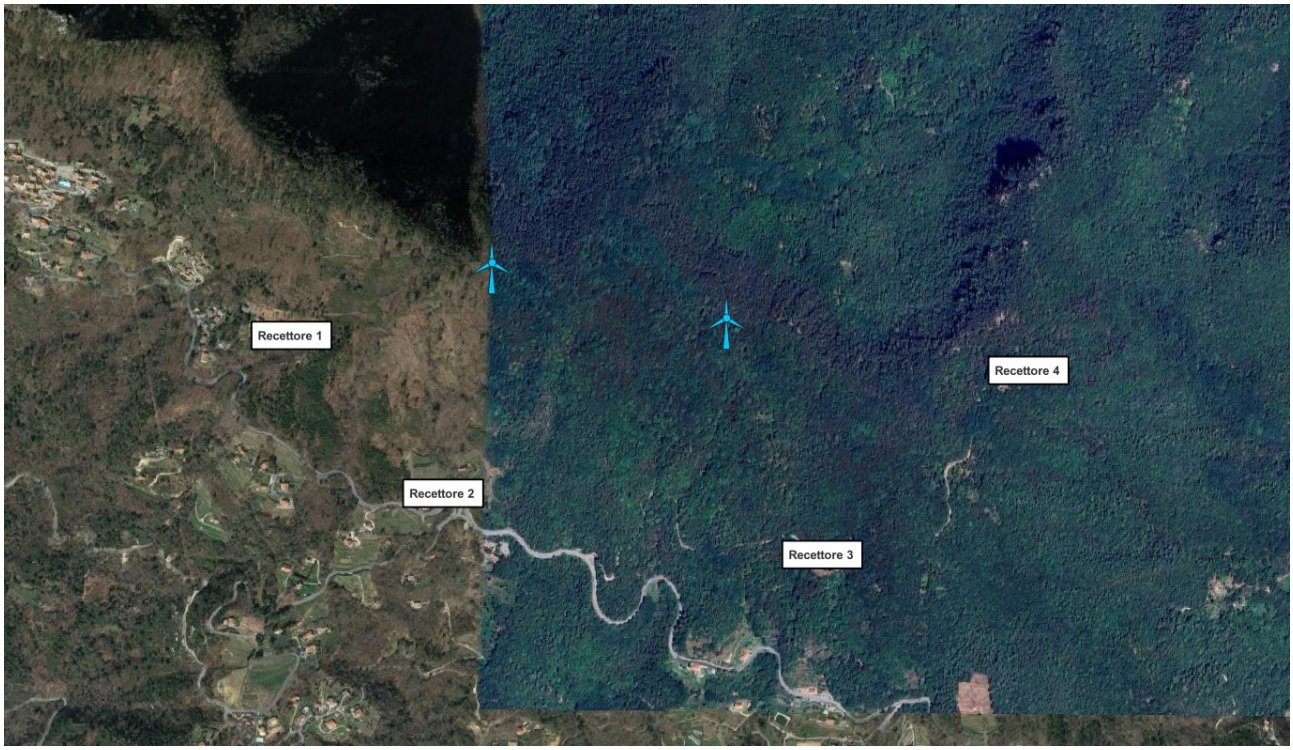


Figura 34: Recettori acustici.

Considerando che l'orario di funzionamento dell'attività è nelle 24 ore, si rende necessario eseguire la valutazione previsionale di impatto acustico sia per il periodo diurno che per quello notturno.

Non è stato valutato l'aspetto della rumorosità prodotta dall'eventuale traffico veicolare già presente nell'area quale semplificazione ammessa dalla linea guida, potendosi in definitiva considerare irrilevante eventuale traffico a servizio degli aerogeneratori.

1.11.3. Livelli di rumore esistenti in zona prima dell'intervento

Anziché effettuare misurazioni dirette dei livelli di rumore residuo presso i vari recettori, sono state considerate le classi acustiche ad essi associate. Questa scelta è giustificata dal fatto che, per ciascun recettore esaminato, si è adottato un valore previsionale di rumore residuo pari a 45 dB sia per il periodo diurno che notturno.

Questi livelli sono nettamente inferiori rispetto a quelli generati dal vento, anche a velocità relativamente basse. Sulla base di tali valori e dei livelli di rumore specifici prodotti dall'impianto, è possibile eseguire una valutazione previsionale accurata dell'impatto acustico sui recettori più esposti.

1.11.4. Scelta dei modelli previsionali e valutazione del disturbo

Effettuare una stima degli effetti che l'attività potrà apportare sull'ambiente circostante, è un'operazione che può portare a dei risultati attendibili, con un certo margine di tolleranza, in base alla precisione con la quale vengono forniti i dati di partenza ed al livello di aderenza dei modelli di rappresentazione del territorio interessato.

Partendo dai livelli di rumore residuo previsti si è provveduto a valutare, mediante il modello previsionale di seguito descritto, la variazione di livello riscontrabile nei punti di previsione prescelti, determinata dalla presenza in zona del nuovo impianto di produzione di energia elettrica.

La norma ISO 9613 impone i metodi di calcolo per la propagazione del rumore in ambiente esterno per attività produttive in genere, il cui modello di calcolo descritto dalle equazioni della ISO 9613-2 è il seguente:

$$Lp(f) = Lw(f) + Dw(f) - A(f)$$

Dove:

- Lp: livello di pressione sonoro equivalente in banda d'ottava (dB) generato nel punto p dalla sorgente w alla frequenza f;
- Lw: livello di potenza sonora in banda d'ottava alla frequenza f (dB) prodotto dalla singola sorgente w relativa ad una potenza sonora di riferimento di un picowatt;
- Dw: indice di direttività della sorgente w (dB);
- A(f): attenuazione sonora in banda d'ottava (dB) alla frequenza f durante la propagazione del suono dalla sorgente w al recettore p.

Il termine di attenuazione A è espresso dalla seguente equazione:

$$A = A_{DIV} + A_{ATM} + A_{GR} + A_{BAR} + A_{MISC}$$

Dove:

- A_{DIV}: attenuazione dovuta alla divergenza geometrica;
- A_{ATM}: attenuazione dovuta all'assorbimento atmosferico;
- A_{GR}: attenuazione dovuta all'effetto del suolo;
- A_{BAR}: attenuazione dovuta alle barriere (supposta nulla nel caso specifico);
- A_{MISC}: attenuazione dovuta ad altri effetti.

Nel caso specifico è stata considerata la sola **attenuazione per divergenza A_{DIV}:**

$$A_{DIV} = 20 \times \log\left(\frac{d}{d0}\right) + 11$$

Dove:

- d = distanza tra sorgente e ricevitore espressa in metri;
- d0 = distanza di riferimento (= 1 m).

In caso di propagazione sferica in campo libero il coefficiente va posto a 11 come da norma UNI ISO 9613-2:2024 Cap. 7 Par. 7.1.

Il calcolo dei livelli previsti è stato realizzato per i diversi recettori critici precedentemente riportati. I calcoli dettagliati sono riportati nella relazione specialistica allegata.

1.11.5. Verifica previsionale di impatto acustico

Di seguito vengono sommariamente riportati gli esiti della valutazione previsionale eseguita, dai quali si può dedurre il rispetto dei limiti stabiliti dalla normativa vigente.

VERIFICA IMPATTO ACUSTICO PUNTO DI PREVISIONE 1 CLASSE ACUSTICA III – POTENZA SONORA 105 dB				
Punti di misura	**LAeq residuo (Stimato)**	**LAeq di Emissione (Calcolato)**	**LAeq ambientale (Stimato)**	**Differenziale (Stimato)**
Recettore 1 diurno	45,0	41,1	46,5	1,5
Recettore 1 notturno	45,0	41,1	46,5	1,5

VERIFICA IMPATTO ACUSTICO PUNTO DI PREVISIONE 2 CLASSE ACUSTICA III – POTENZA SONORA 105 dB				
Punti di misura	**LAeq residuo (Stimato)**	**LAeq di Emissione (Calcolato)**	**LAeq ambientale (Stimato)**	**Differenziale (Stimato)**
Recettore 2 diurno	45,0	41,2	46,5	1,5
Recettore 2 notturno	45,0	41,2	46,5	1,5

VERIFICA IMPATTO ACUSTICO PUNTO DI PREVISIONE 3 CLASSE ACUSTICA II – POTENZA SONORA 105 dB				
Punti di misura	**LAeq residuo (Stimato)**	**LAeq di Emissione (Calcolato)**	**LAeq ambientale (Stimato)**	**Differenziale (Stimato)**
Recettore 3 diurno	45,0	40,0	46,2	1,2
Recettore 3 notturno	45,0	40,0	46,2	1,2

VERIFICA IMPATTO ACUSTICO PUNTO DI PREVISIONE 4 CLASSE ACUSTICA III – POTENZA SONORA 105 dB				
Punti di misura	**LAeq residuo (Stimato)**	**LAeq di Emissione (Calcolato)**	**LAeq ambientale (Stimato)**	**Differenziale (Stimato)**
Recettore 4 diurno	45,0	38,4	45,9	0,9
Recettore 4 notturno	45,0	38,4	45,9	0,9

In relazione alle ipotesi fatte, che sono largamente cautelative, dai calcoli eseguiti e tenendo presente l'utilizzo degli accorgimenti citati precedentemente, si è riscontrato che i livelli di immissione in tutte le zone potenzialmente esposte alla propagazione sonora del nuovo insediamento si mantengono, nella peggiore delle ipotesi, al di sotto dei limiti previsti dalla normativa vigente. Viene parimenti verificato il rispetto del criterio differenziale.

1.12. Monitoraggio avifauna e chirotterofauna

Come riportato nel capitolo "1.3 Configurazione impiantistica" il progetto iniziale prevedeva l'installazione di tre aerogeneratori. Ne deriva che l'analisi condotta si concentra su una configurazione con tre macchine.

Lo studio ha evidenziato che, anche con la presenza di tre aerogeneratori, gli impatti sulla fauna, in particolare sull'avifauna e la chirotterofauna, risultano essere minimi, senza riscontrare alcuna comunità ornitica o chiropterologica di particolare rilevanza conservazionistica nell'area di indagine.

Nonostante i risultati favorevoli relativi alla configurazione a tre aerogeneratori, la scelta della società è stata quella di ridurre il numero di macchine a due, con l'obiettivo di limitare ulteriormente gli impatti, che già erano contenuti. Questo intervento, pur non risultando necessario dal punto di vista ambientale, rappresenta un ulteriore impegno della società nella minimizzazione degli effetti sull'avifauna e sulla chirotterofauna locali.

1.12.1. Attività svolta

Per quanto riguarda l'avifauna, complessivamente sono state svolte 86 giornate di monitoraggio, di cui 40 per l'avifauna migratrice, 6 per l'avifauna nidificante notturna, 16 per i rapaci nidificanti diurni, 8 per l'avifauna svernante e 16 per l'avifauna nidificante diurna (non rapaci).

Per quanto concerne la chirotterofauna, sono state svolte diverse attività specifiche per l'individuazione dei rifugi utilizzati dai Chirotteri. Le indagini hanno previsto le seguenti fasi:

- analisi delle fonti bibliografiche: consultazione delle informazioni disponibili riguardanti i Chirotteri per l'area di studio;
- individuazione cartografica delle grotte nel raggio di cinque chilometri dal previsto impianto eolico;
- individuazione cartografica degli edifici storici e isolati nell'intorno di cinque chilometri dal sito dell'impianto;
- sopralluoghi in loco per verificare la presenza di strutture artificiali potenzialmente idonee ad ospitare rifugi per i Chirotteri.

Per quanto riguarda le cavità ipogee naturali, è stato consultato il repertorio cartografico disponibile nel portale Libioss (ARPAL, 2023), relativo all'area di interesse, nel raggio di 5 km dalla localizzazione delle torri eoliche previste.

Le indagini di rilevamento ultrasonico sono state condotte nel periodo tra aprile e ottobre 2023, seguendo le modalità previste dalle normative tecniche vigenti. La scelta delle date di campionamento è stata effettuata in base alle previsioni meteorologiche, per garantire condizioni favorevoli, con assenza di pioggia e vento debole o assente. Ogni sessione di rilevamento al suolo ha incluso un punto di registrazione per ciascuna delle posizioni previste per la realizzazione degli aerogeneratori, per un totale di 3 punti di ascolto. I rilievi sono stati effettuati utilizzando un registratore Audiomoth per ciascun punto, impostato per registrare nelle seguenti finestre temporali:

- 15/04-15/05: 4 ore a partire dal tramonto;
- 01/06-15/07: notte intera;
- 01/08-31/08: 4 ore a partire dal tramonto;
- 01/09-31/10: notte intera.

Inoltre, nel mese di settembre 2023 sono stati effettuati 2 rilievi in quota tramite un pallone aerostatico, portato a circa 30 metri di altezza, per ampliare il campionamento delle condizioni acustiche nell'area di indagine.

1.12.2. Risultati delle indagini

Secondo quanto riportato nella relazione specialistica, i monitoraggi effettuati hanno fornito delle informazioni utili per la valutazione dei potenziali impatti del parco eolico in progetto sulla componente avifaunistica.

In merito all'avifauna notturna nidificante, le indagini hanno individuato la presenza di 2 territori per l'allocco e l'assiolo e di soltanto 1 per la civetta e il succiacapre.

Passando ai migratori, le rotte maggiormente utilizzate durante la fase pre-nuziale sono state quelle O=>E S=>N mentre in autunno sono risultate le direttrici E=>O e N=>S, confermando quanto noto in bibliografia per il territorio ligure. I transiti osservati inoltre, in entrambi i periodi indagati, hanno evidenziato delle zone preferenziali di passaggio ubicate a buona distanza dai punti individuati per l'installazione dei 3 aerogeneratori. Per quanto riguarda gli indici di migrazione orario e giornaliero, calcolati per l'intero periodo di monitoraggio, i valori di 11,93 e 107,33 si sono rilevati essere influenzati prevalentemente dai non rapaci (IMorario=11,82 e IMgiornaliero=106,33), dato che gli stessi, considerati soltanto i rapaci, sono risultati, rispettivamente, pari a 0,11 e 1,00 (valori pressoché identici se esaminate soltanto le specie in All.I della Dir. Uccelli 2009/147/CE). Questi valori sono stati significativamente più bassi rispetto a quelli registrati nei siti liguri di monitoraggio del Progetto Migrans (Progetto incentrato sullo studio della migrazione dei rapaci diurni e dei grandi veleggiatori nel Bacino del Mediterraneo; Sito di Arenzano (fase pre-nuziale=>IMorario=23,30 e fase post-nuziale=> IMorario=22,38; Baghino, 2022) e Sito di Costa Fagaglia (fase pre-nuziale=>IMorario=76,83 e fase post-nuziale=> IMorario=24,67; Bottero, 2022)). Inoltre, a livello di specie, quelle maggiormente contattate durante la fase pre-nuziale sono state il rondone comune, il balestruccio e il colombaccio, mentre nel periodo post-riproduttivo sono state il fringuello, il balestruccio, il colombaccio e il lucherino, con un flusso migratorio di rapaci quasi nullo (N=5). Di tutti gli esemplari avvistati, sia migratori che non migratori, che hanno sorvolato all'altezza dal suolo considerata "a rischio di collisione" (tra 10 e 200 m), la maggior parte è transitata tra i 100 m e i 300 m (N=4.162; 60,46%) mentre circa il 27% è passato entro i 100 m (N=1.886) e soltanto il 12,14% (N=836) a oltre 300 m di distanza. Inoltre dai risultati del Modello di

Band, in generale, è emerso un basso numero di potenziali collisioni che, per diverse specie (alcune delle quali di elevato valore conservazionistico), è risultato addirittura pressoché nullo.

Per quanto riguarda le 46 specie potenzialmente nidificanti nell'area di indagine, come specie di maggiore pregio (incluse nell'All.I della Dir. Uccelli 147/2009/CE) sono risultate il picchio nero (con almeno 1 territorio), il succiacapre (con almeno 1 territorio) e il biancone (con almeno 1 territorio). Per gli altri rapaci diurni, le osservazioni effettuate hanno individuato la presenza di almeno 1 territorio di gheppio e di almeno 2 territori di sparviere e poiana. Oltre al sopracitato assiolo, non sono risultate nidificanti altre specie di interesse regionale (incluse nell'All.C della L.R. n.28/2009) e la comunità ornitica è apparsa composta prevalentemente da specie comuni ed ecologicamente legate ad ambienti boscati.

Concludendo, per ciò che concerne gli svernanti, durante le indagini sono state contattate 31 specie, di cui 25 Passeriformi e 6 Non Passeriformi, e, sulla falsariga di quanto emerso dai rilievi per l'avifauna diurna nidificante, sono state avvistate prevalentemente famiglie tipiche di ambienti forestali (come fringillidi, paridi e turdidi). Non è stata invece rilevata alcuna specie inclusa nell'All. I della Direttiva Uccelli 2009/147/CE e nell'All. C della L.R. n.28/2009.

Per quanto riguarda invece la chirotterofauna, l'area per caratteristiche ambientali e climatiche non appare di notevole rilevanza per le specie, con dominanza di ambienti forestali misti di conifere e latifoglie e privi di aree ecotoniali ed aperte di maggiore rilevanza per l'attività trofica delle specie. L'indice di attività è in generale uniforme, confermando una discreta omogeneità di distribuzione degli individui, conforme alle tipologie ambientali dominanti. In tutta l'area sono presenti pochi ambienti configurabili come rifugi: nessun rudere o edificio idoneo, ad eccezione del Santuario della Madonna della Guardia che tuttavia non ha evidenziato segni di utilizzo da parte di pipistrelli.

1.12.3. Misure di mitigazione

Sebbene i risultati delle indagini non abbiano evidenziato una comunità ornitica di elevato pregio nell'area indagata, vengono proposte qui in seguito delle mitigazioni applicabili per minimizzare gli influssi negativi delle installazioni eoliche nei confronti dell'avifauna:

- la realizzazione, nei 3 anni successivi alla messa in opera del parco eolico in progetto, del piano di monitoraggio avifaunistico post-operam, realizzato con le stesse metodologie utilizzate per la fase ante-operam. Verrà inoltre eseguita l'attività di ricerca delle carcasse perlustrando a tappeto, non in un orario definito, un intorno di 100 m da ogni punto torre. Ogni eventuale ritrovamento sarà identificato, georiferito e archiviato in una banca dati che verrà illustrata all'interno della relazione tecnica annuale;
- verrà evitata, oltre alle luci rosse di segnalazione previste dalla normativa vigente, ogni altra forma di illuminazione artificiale delle torri onde evitare l'effetto attrattivo delle fonti luminose per i migratori notturni;
- le pale saranno colorate con bande trasversali, in modo da essere visibilmente più avvistabili, soprattutto dai rapaci;
- i lavori previsti per l'installazione degli aerogeneratori non verranno eseguiti tra il 01 maggio e il 31 luglio di ogni anno al fine di tutelare il periodo riproduttivo della maggior parte delle specie ornitiche.

1.13. Monitoraggio sulla fauna minore ed altra fauna

A integrazione delle indagini specifiche richieste dalla normativa vigente e condotte su avifauna e chirotterofauna (i cui risultati sono stati brevemente illustrati nel capitolo precedente), per implementare la conoscenza sulla biodiversità faunistica locale sono state programmate le seguenti attività:

- svolgimento di transetti lineari presso le aree a progetto per verifica della presenza di specie di interesse conservazionistico;
- posizionamento di n°5 fototrappole per registrazione in continuo di eventuali passaggi/presenze di specie, soprattutto mesomammiferi, nell'area a progetto.

I transetti sono stati percorsi 2 volte, soprattutto per contattare eventuali specie di anfibi e rettili oltre che per rilevare i segni di presenza di mammiferi, mentre le fototrappole sono rimaste attive, in modo continuativo, dall'ultima decade di settembre all'ultima decade di ottobre 2024, per circa un mese.

1.13.1. Risultati delle indagini

Durante le indagini su transetto, come rettili, è stata rilevata la presenza di Lacerta bilineata e Podarcis muralis, 2 specie piuttosto comuni e diffuse, elencate nell'All. IV della Dir. Habitat 92/43/CEE ma di rilevanza conservazionistica trascurabile per la Liguria e il territorio italiano. Non sono stati invece registrati avvistamenti di anfibi e di relativi potenziali siti riproduttivi.

Per quanto riguarda i mammiferi, sono stati rilevati segni di presenza di cinghiale (Sus scrofa), specie abbondante nell'area di studio seppur attualmente colpita da Peste suina africana.

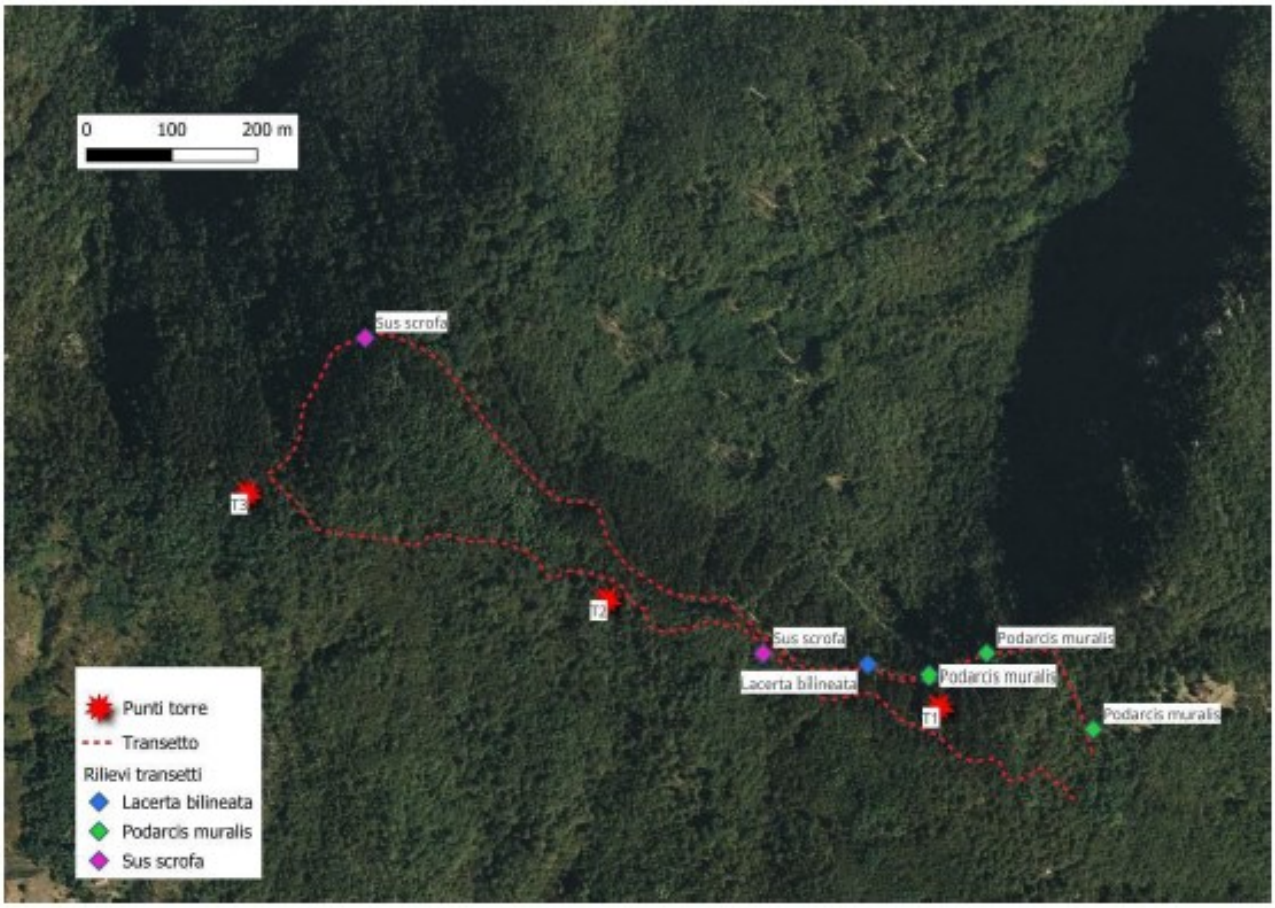


Figura 35: Transetti per monitoraggio fauna.

Il fototrappolaggio è stato effettuato su 5 siti di indagine posti in prossimità dei punti torre per un totale di 125 notti/trappola e sono stati registrati 283 video della durata di 10 secondi ciascuno.

Gli apparecchi sono stati posizionati su supporti preesistenti (fusti di alberi e arbusti, tronchi) ad una distanza inferiore a 100 m dai punti torre indicati a progetto, 3 presso siti di passaggio di animali a circa 30-80 cm dal piano di calpestio dotati di attrattivo alimentare e 2 all'altezza di 150 cm da terra ad inquadrare cassette nido con l'obiettivo di riprendere specie arboricole.

I video registrati hanno permesso di individuare la presenza di 6 specie, nessuna delle quali di particolare interesse conservazionistico.

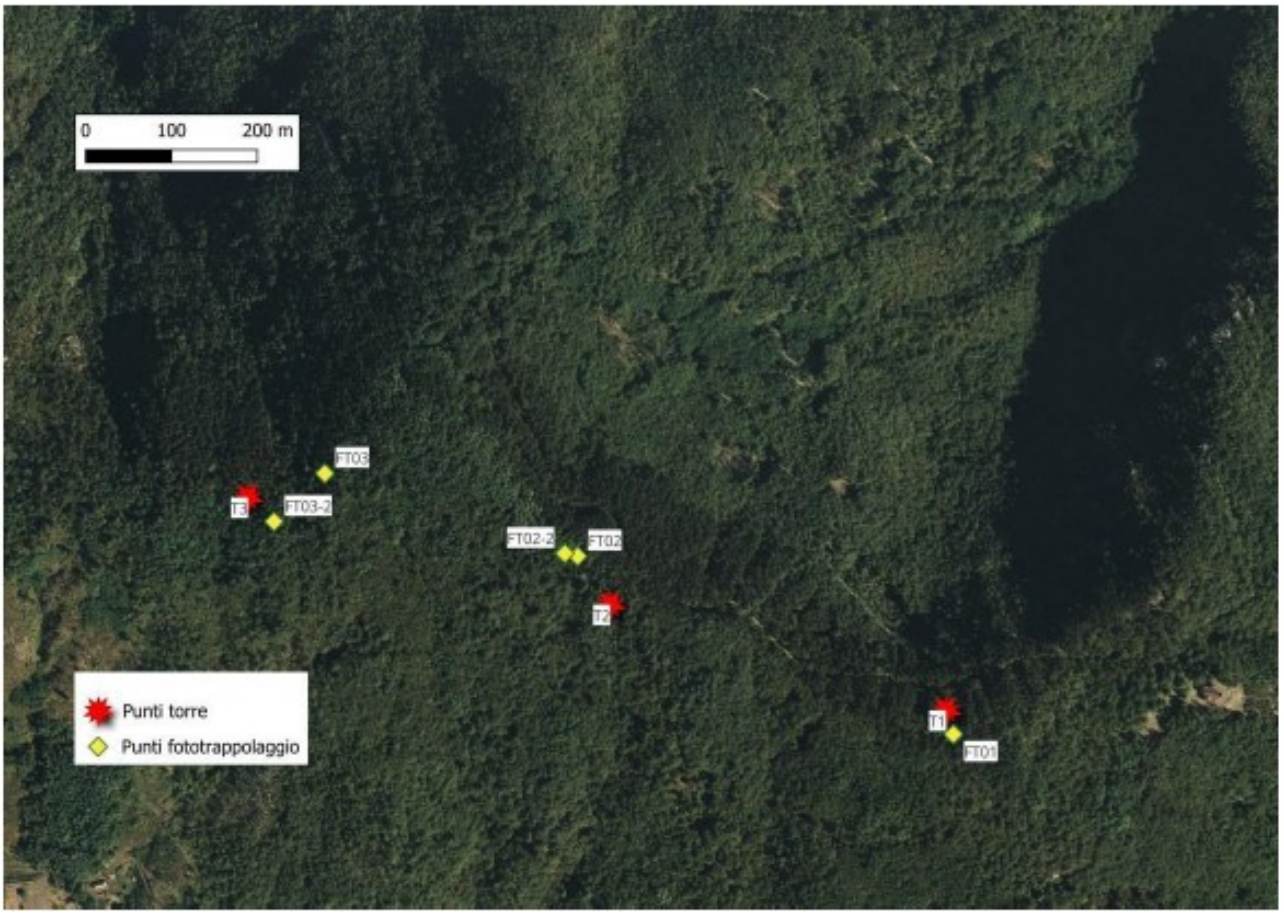


Figura 36: Punti di fototrappolaggio.

1.13.2. Conclusioni

Sulla base dei dati raccolti e di quanto esposto, l'area interessata dal parco eolico in progetto non ospita specie di rilevante interesse conservazionistico né habitat prioritari per la fauna terrestre. Le indagini condotte hanno rilevato la presenza di 8 specie, includendo 6 mammiferi e 2 rettili, tutte classificate con un basso livello di rischio (LC - Least Concern) secondo la lista IUCN, e pertanto non soggette a particolari misure di tutela.

Specie	IUCN	Legge 157/92	Dir. 92/43 CEE
Capriolo (Capreolus)	LC	Cacciabile	
Cinghiale (Sus scrofa)	LC	Cacciabile	
Daino (Dama)	NA	Cacciabile	
Faina (Martes foina)	LC	Non cacciabile	
Lucertola muraiola (Podarcis muralis)	LC	-	IV
Ramarro occidentale (Lacerta bilineata)	LC	-	IV
Scoiattolo comune (Sciurus vulgaris)	LC	Non cacciabile	
Volpe (Vulpes)	LC	Cacciabile	

Questa situazione indica che l'area non rappresenta un ambiente critico per la conservazione delle specie censite, consentendo di procedere con il progetto senza significativi impatti negativi sulle popolazioni faunistiche locali.

1.14. Valutazione preventiva dell'interesse archeologico

L'area in cui sono ubicati i due aerogeneratori è classificata come a potenziale medio-basso, principalmente a causa della morfologia del terreno situato sulla linea di crinale, che potrebbe aver favorito la frequentazione antropica antica. L'unico elemento di interesse è la presenza del santuario Ottocentesco della Madonna della Guardia, distante 700 metri dall'aerogeneratore più prossimo.

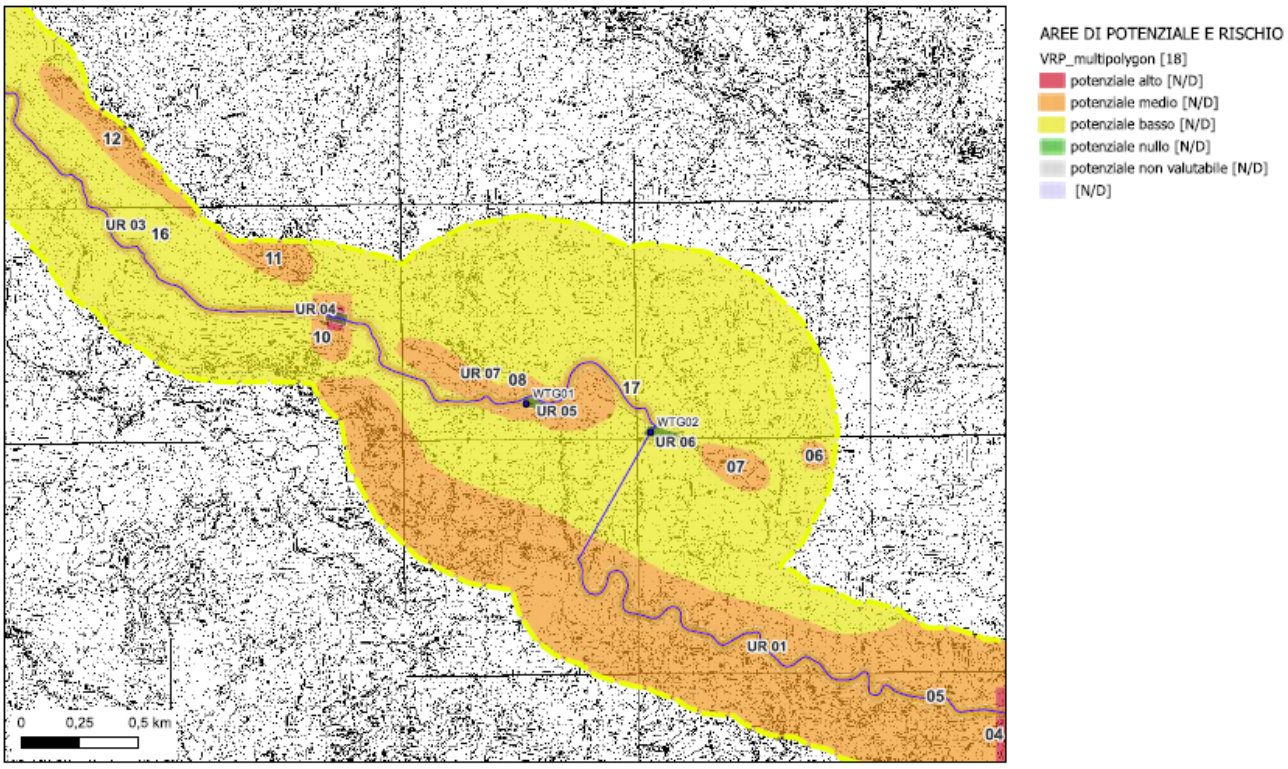


Figura 37: Carta del potenziale - piazzole.

Le piazzole per gli aerogeneratori sono occupate da bosco giovane, risultato di rimboschimenti (pino marittimo, faggio, quercia rossa), e attraversate da strette piste escursionistiche per mountainbike. La cartografia storica testimonia che, alla fine del XIX secolo, l'area era destinata a pascoli e praterie, senza tracciati stradali.

La pista di accesso presenta un tratto con alto potenziale, situato vicino alla località Borgo dei Gabbiani, caratterizzato dalla presenza di tracce storiche, architettoniche e archeologiche significative, come un sito rurale abbandonato, terrazzamenti e viabilità moderna, trincee Settecentesche e materiale preistorico. A monte della strada, sono stati individuati avvallamenti del terreno riconducibili alle trincee Settecentesche. Inoltre, è stato recuperato un reperto archeologico: una lamella in selce francese, databile tra Paleolitico e Mesolitico, rinvenuta all'interno di uno strato di colore bruno con frustoli di carbone, sotto il bosco più superficiale. Qualora, durante l'iter autorizzativo, emergesse la necessità di un approfondimento, sarà effettuato un sondaggio preventivo per valutare l'impatto reale che la sistemazione della pista potrebbe avere sul selciato.

La posa del cavidotto presenta dei tratti delicati, in particolare gli ultimi 3500 metri, perché attraversa quattro zone di interesse storico e archeologico, descritte di seguito:

- **Zona 1**: Alto potenziale per la presenza di siti di eccezionale valore storico, archeologico e architettonico, tra cui Castel Gavone, Castel S. Giovanni, Finalborgo, e la Strada Beretta.

- **Zona 3**: Alto potenziale, compresa tra la sella di Gorra e il monte Bastia, dove si trovano numerosi siti di valore storico, archeologico, architettonico e toponomastico, come l'abitato di Gorra, la chiesa di S. Bartolomeo, la torre di Bastia e materiale neolitico e megalitico. Inoltre, si ipotizza il tracciato della Via Iulia Augusta.
- **Zona 4**: Alto potenziale, come documentato dalla cartografia storica, per la presenza di una trincea militare costruita tra Sette e Ottocento lungo la strada del Melogno.
- **Zona 5**: Alto potenziale per la presenza della cappella rurale di S. Pantaleo, risalente al XVIII secolo, situata lungo la strada del Melogno.

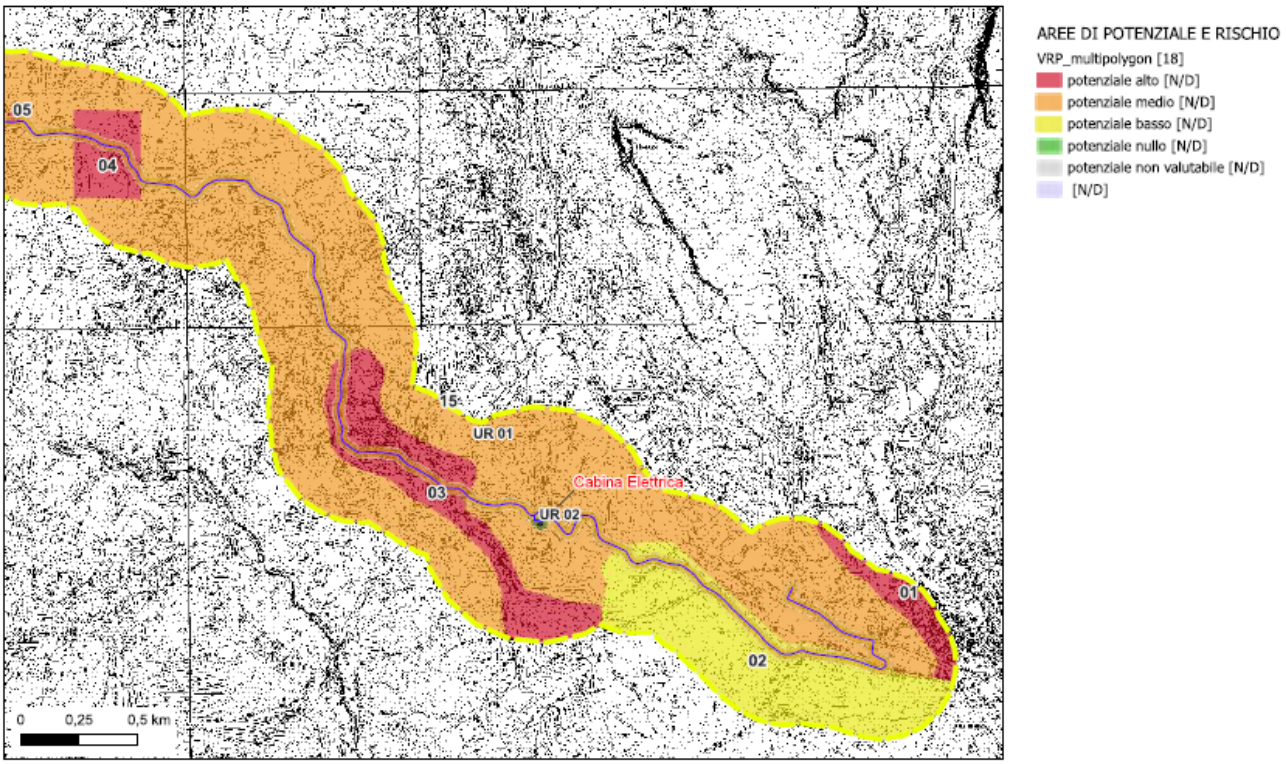


Figura 38: Carta del potenziale - cavidotto.

Il cavidotto sarà interrato in tutti questi tratti, posato sotto strade provinciali e comunali, minimizzando l'impatto ambientale. Tuttavia, per le zone ad alto potenziale, sarà necessario monitorare con particolare attenzione la possibile presenza di reperti storici e archeologici, e si procederà con sondaggi preventivi qualora richiesti durante l'iter autorizzativo.

In conclusione, l'area individuata per l'installazione dei due aerogeneratori e per la posa del cavidotto si caratterizza per un potenziale storico e archeologico variabile, con specifici tratti di elevata rilevanza culturale. La presenza del Santuario della Madonna della Guardia, insieme alle evidenze storiche e archeologiche lungo il tracciato della pista e del cavidotto, sottolineano la necessità di adottare un approccio consapevole e rispettoso del contesto territoriale.

Le opere previste saranno realizzate minimizzando l'impatto ambientale, come dimostrato dalla scelta di interrare il cavidotto nei tratti sensibili e dall'impegno a procedere con monitoraggi e sondaggi archeologici preventivi, qualora richiesti. Questi accorgimenti garantiranno un adeguato bilanciamento tra le esigenze tecniche del progetto e la tutela del patrimonio culturale e paesaggistico dell'area.

2. Normativa di riferimento

- **D.Lgs. 199/2021**: Attuazione della Direttiva (UE) 2018/2001 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, che ha abrogato la direttiva 2009/28/CE e ha aggiornato i criteri per l'autorizzazione degli impianti.
- **D.Lgs. 387/2003**: Attuazione della direttiva 2001/77/CE, ancora rilevante per alcuni aspetti normativi non sostituiti.
- **D.M. 10 settembre 2010**: "Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili", con aggiornamenti.
- **D.M. 04 luglio 2019**: Aggiornamento delle linee guida per il mantenimento delle autorizzazioni degli impianti alimentati da fonti rinnovabili.
- **Legge n. 108/2021**: Conversione del D.L. "Semplificazioni", che introduce semplificazioni procedurali per la realizzazione di impianti di energia rinnovabile.
- **Norme CEI/IEC**: Rilevanti per la progettazione e realizzazione degli impianti elettrici, con particolare riferimento alle norme per impianti di produzione di energia.
- **CEI EN 61936-1 e CEI EN 50522**: Per impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata e per la messa a terra.
- **CEI 0-16**: Normativa tecnica per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti elettriche AT e MT.
- **Norme UNI EN ISO**: Applicabili alla parte strutturale e meccanica dell'impianto.
- **D.Lgs. 81/08**: In materia di sicurezza sul lavoro, applicabile anche alla progettazione e alla realizzazione di impianti eolici.
- **Delibera ARERA n. 540/2021/R/eel**: Regola gli aspetti tecnici e commerciali della connessione degli impianti alla rete elettrica.
- **Linee guida ARPA Liguria**: Per la valutazione dell'impatto ambientale degli impianti eolici.
- **Normativa regionale**: Considerare leggi e piani energetici della Regione Liguria, come il "Piano Energetico Ambientale Regionale".

L'elenco riportato ha una funzione esclusivamente indicativa e non esaustiva. Le opere e le installazioni saranno eseguite a regola d'arte, in stretta conformità con le Norme CEI, IEC, UNI e ISO vigenti, anche se non espressamente richiamate nel presente documento.

3. Dati di progetto

Nella progetto in esame, come emergerà nel proseguo del capitolo, potrebbe apparire contraddittorio che la potenza nominale installata di 8.400 kW sia superiore alla potenza massima immettibile in rete, pari a 8.000 kW. Tuttavia, questa apparente discordanza non è casuale, ma deriva da una precisa pianificazione ingegneristica volta a massimizzare l'efficienza complessiva dell'impianto e garantire che la potenza immessa in rete sia ottimizzata.

Uno dei fattori principali che influenza questa scelta è la lunghezza della linea di trasporto dell'energia, che supera i 6 km. Durante il trasporto, una parte della potenza generata viene inevitabilmente dissipata lungo il cavidotto a causa della resistenza elettrica del conduttore, un fenomeno che si accentua su lunghe distanze e basse tensioni. Di conseguenza, se la potenza in uscita dalle due macchine fosse pari a quella di immissione, la potenza effettiva immessa in rete non raggiungerebbe mai gli 8.000 kW, ma sarebbe inferiore.

Nel caso si decidesse di limitare la potenza in uscita dalle due macchine a 4.000 kW ciascuna, anziché sfruttare la loro piena potenza nominale, si presenterebbero diversi svantaggi. Dal punto di vista dell'efficienza della macchina, gli aerogeneratori non verrebbero sfruttati al massimo del loro potenziale, compromettendo l'efficienza aerodinamica. Operare costantemente a potenze inferiori alla capacità nominale potrebbe inoltre comportare un funzionamento meno ottimale, una gestione meno efficiente dei flussi di vento e un possibile aumento delle sollecitazioni meccaniche. Questi fattori potrebbero tradursi in una maggiore usura dei componenti, con necessità di interventi di manutenzione più frequenti e, in definitiva, in un minor rendimento complessivo dell'impianto nel lungo periodo.

Un ulteriore aspetto da considerare è che, qualora nel corso degli anni si riscontrasse che la potenza effettiva che arriva alla cabina elettrica sia spesso superiore agli 8.000 kW, la società valuterà diverse soluzioni per ottimizzare l'immissione in rete. Una delle opzioni potrebbe essere quella di richiedere all'ente gestore un aumento della potenza di immissione, qualora la rete lo consenta. In alternativa, si potrebbe considerare l'installazione di un set di batterie per accumulare l'energia in eccesso prodotta nelle ore di massimo rendimento e rilasciarla in rete in un secondo momento, quando la produzione risulta inferiore alla potenza massima di immissione.

Al momento, l'installazione di un sistema di accumulo non è prevista a causa dei costi elevati e dell'efficienza limitata rispetto all'immissione diretta in rete. Inoltre, con l'evoluzione continua della tecnologia, in futuro potrebbero emergere soluzioni più economiche e performanti, rendendo le batterie una scelta più vantaggiosa per la gestione dell'impianto.

3.1. Proponente

Società	BH WIND S.r.l.
Sede	Via Zara, 5 – 23100 Sondrio (SO)
Telefono	0342-211159
Email	info@bissiholding.com
PEC	bhwind@pec.bissi.it

3.2. Impianto

	WTG01	**WTG02**
Comune di installazione	Rialto	Tovo San Giacomo
Provincia	Savona	Savona
Foglio	21	1
Mappale	302	1
Latitudine WGS84 [°]	44°12’25,22” N	44°12’21,32” N
Longitudine WGS84 [°]	8°15’18,98” E	8°15’42,88” E
Altitudine [m.s.l.m.]	675	622
Modello aerogeneratore	E-138 EP3	E-138 EP3
Potenza nominale [kW]	4.200	4.200
Altezza del mozzo [m]	111	111
Diametro del rotore [m]	138,25	138,25

Attualmente, la società prevede di installare il modello di aerogeneratore indicato nella tabella. Tuttavia, si precisa che potrebbero verificarsi delle variazioni riguardo al modello specifico scelto. Nonostante ciò, le grandezze tecniche fondamentali, quali potenza nominale, altezza del mozzo e diametro del rotore, rimarranno sostanzialmente in linea con quelle presentate, garantendo il rispetto delle caratteristiche progettuali iniziali e la coerenza con le aspettative di produzione energetica.

3.3. Connessione

Codice rintracciabilità	416372852
Data domanda preventivo di connessione	01 marzo 2024
Data accettazione preventivo di connessione	13 settembre 2024
Data ultima di validità preventivo di connessione	01 agosto 2025
Potenza massima in immissione [kW]	8.000
Tensione nominale di immissione [V]	15.000
Punto di allaccio alla rete	Cabina primaria Finale Ligure
Collegamento	Entra – esci
*Lunghezza cavidotto **interrato** utente WTG01 – WTG02*	850 metri
Lunghezza cavidotto utente WTG02 – Cabina elettrica ***Caso aereo + interrato***	610 metri + 5.700 metri
Lunghezza cavidotto di consegna (come da preventivo e-Distribuzione)	1.700 metri

La società dispone dell’esito positivo del progetto definitivo.

In materia di procedure autorizzative, la società proponente si assume la cura di tutti gli aspetti relativi all’ottenimento delle concessioni a costruire non solo l’impianto ma anche le opere di rete. La realizzazione di queste è in però in carica a e-Distribuzione S.p.A. motivo per cui si chiede, per la sola parte di opere di connessione a valle della cabina, di intestare l’autorizzazione all’ente gestore.

4. Descrizione delle scelte progettuali e dei componenti dell'impianto

L'area per la realizzazione del seguente progetto è stata scelta a valle di considerazioni basate sia sul rispetto dei vincoli volti a contenere gli effetti modificativi del suolo, sia sulla necessità di garantire l'esistenza dell'impianto, rispettando l'ambiente e le attività umane attualmente presenti nell'area. Il progetto è stato sviluppato studiando la disposizione dell'impianto in relazione a molteplici fattori, tra i quali i più rilevanti sono:

- **ventosità del sito**: analisi delle condizioni anemologiche per garantire la massima efficienza dell'impianto;
- **caratteristiche orografiche e geomorfologiche del sito**: con particolare riguardo ai sistemi che compongono il paesaggio, come l'acqua, la vegetazione e l'uso del suolo;
- **impatto sulla fauna selvatica**: valutazione delle potenziali interferenze con gli habitat naturali e le specie presenti nell'area, con misure di mitigazione previste;
- **disposizione dell'aerogeneratore sul territorio**: studio dell'impatto visivo rispetto a punti di vista prioritari;
- **caratteri dell'aerogeneratore scelto**: indicazioni riguardanti materiali, colori, forma e particolare attenzione alla durabilità e alla manutenzione;
- **utilizzo della viabilità esistente e accessibilità dell'area**: massima valorizzazione delle infrastrutture esistenti per la disposizione della piazzola in prossimità della viabilità esistente (per quanto possibile), limitando gli interventi necessari e garantendo un facile accesso durante le fasi di costruzione e manutenzione, minimizzando i disagi per le attività locali;
- **impiego di materiali che favoriscono l'integrazione con il paesaggio**: selezione di soluzioni progettuali che minimizzino l'impatto visivo;
- **attenzione alle condizioni determinate dai cantieri**: ripristino della situazione "ante opera" con particolare riguardo alla rinaturalizzazione e rinverdimento delle aree;
- **coinvolgimento della comunità**: eventuali misure di consultazione e coinvolgimento delle comunità locali nel processo decisionale, per garantire che le loro preoccupazioni e suggerimenti siano considerati;
- **normativa ambientale**: rispetto delle normative locali, nazionali e internazionali relative alla costruzione e gestione degli impianti eolici;
- **sostenibilità economica**: considerazione degli aspetti economici legati all'implementazione del progetto, inclusa l'analisi dei costi e dei benefici a lungo termine per la comunità locale;
- **cambiamenti climatici**: valutazione della resilienza dell'impianto in relazione ai cambiamenti climatici e potenziali eventi meteorologici estremi.

4.1. Opere principali da eseguirsi

Le attività descritte di seguito rappresentano le principali lavorazioni necessarie per la realizzazione dell'impianto eolico. Ogni fase è stata pianificata con l'obiettivo di garantire una costruzione efficiente, sicura e rispettosa dell'ambiente, dalla preparazione del sito fino all'allacciamento alla rete e al ripristino delle condizioni originali del terreno.

- **Adeguamento della viabilità esistente:** miglioramento delle strade di accesso esistenti e realizzazione di nuovi tratti per facilitare il transito dei mezzi di cantiere.

- **Realizzazione della piazzola temporanea di montaggio:** allestimento di un'area temporanea per il montaggio dell'aerogeneratore.
- **Preparazione dell'area dell'impianto eolico:** pulizia e delimitazione del sito, rimozione di vegetazione e detriti per garantire un ambiente di lavoro sicuro.
- **Stoccaggio e gestione dei materiali:** gestione logistica dei materiali necessari alla costruzione, inclusa un'area di stoccaggio temporaneo per i componenti dell'aerogeneratore e i materiali edili.
- **Realizzazione delle fondazioni dell'aerogeneratore:** esecuzione di scavi e getto di calcestruzzo per creare fondazioni stabili e durature.
- **Montaggio del sistema eolico:** assemblaggio della torre, dell'aerogeneratore e delle pale, oltre ai collegamenti elettrici.
- **Posa della cabina elettrica di utenza/consegna:** installazione della cabina elettrica e cablaggio della componentistica interna.
- **Realizzazione dell'elettrodotto:** posa del cavidotto per l'immissione in rete dell'energia elettrica rinnovabile prodotta dall'impianto.
- **Test e collaudo dell'impianto:** esecuzione di test e verifiche per garantire il corretto funzionamento dell'aerogeneratore e dei sistemi elettrici.
- **Allacciamento alla rete elettrica:** esecuzione dei lavori per collegare definitivamente l'impianto alla rete di distribuzione, in conformità con le specifiche tecniche del gestore di rete.
- **Installazione di sistemi di sicurezza e controllo:** implementazione di impianti di videosorveglianza, antintrusione e sistemi di controllo per il monitoraggio dell'impianto.
- **Ripristino ambientale:** completati i lavori, ripristino delle aree temporanee e del terreno circostante, con eventuale rinverdimento per minimizzare l'impatto ambientale.

4.2. Caratteristiche dell'impianto

L'impianto eolico in esame è progettato per contribuire alla produzione di energia elettrica rinnovabile, grazie a una serie di specifiche tecniche che ne ottimizzano l'efficienza e minimizzano l'impatto ambientale. Le principali caratteristiche generali dell'impianto sono:

- n. 2 aerogeneratori con potenza unitaria di 4.200 kW, per una potenza massima di 8.400 kW;
- n. 2 piazzole di circa 3.600 m2 ciascuna, ridotte a 1.000 m2 a impianto ultimato per garantire l'accesso alla torre per lo svolgimento delle ordinarie operazioni di manutenzione;
- rete di collegamento tra gli aerogeneratori e la cabina elettrica;
- n. 1 cabina elettrica composta da un locale utente, un locale misure e un locale di rete/connessione;
- rete di media tensione (MT) di collegamento, con un cavidotto interrato tra la cabina elettrica e la cabina primaria (CP) di Finale Ligure;
- adeguamento della viabilità esistente per l'accesso e il trasporto dei componenti dell'aerogeneratore.

4.3. Aerogeneratore

A valle di uno studio approfondito che tiene conto di molteplici parametri, quali la velocità media del vento e la sua direzione, le caratteristiche geografiche del sito, i costi associati all'installazione e alla manutenzione, nonché i tempi di fermo previsti per interventi di riparazione o manutenzione straordinaria, si è giunti alla conclusione di installare un aerogeneratore del modello **E138 EP3**, prodotto da **Enercon**.

Un aerogeneratore è un impianto progettato per convertire l'energia cinetica del vento in energia elettrica. La sua struttura è composta da vari elementi interconnessi, ognuno con funzioni specifiche e vitali per il suo funzionamento.

- **Rotore:** è la parte dell'aerogeneratore che cattura l'energia del vento. È costituito da tre pale, che hanno una forma aerodinamica simile a un profilo alare, progettata per massimizzare l'efficienza nel catturare l'energia del vento. Le pale sono collegate a un mozzo centrale, che funge da punto di ancoraggio e trasmette il movimento rotatorio al generatore elettrico. Quando il vento colpisce le pale, esse iniziano a ruotare, trasformando l'energia cinetica del vento in energia meccanica.

Numero di pale	3
Diametro del rotore [m]	138,25
Superficie del rotore [m2]	15.011
Giri nominali [Rpm]	4,4 – 10,8
Velocità cut-in [m/s]	2,5
Velocità cut-off [m/s]	28,0
Materiale	E-glass fibre reinforced epoxy

- **Navicella:** è l'elemento che ospita i principali componenti meccanici ed elettrici dell'aerogeneratore. Realizzata in materiale robusto, solitamente acciaio e fibra di vetro, contiene il generatore elettrico, il sistema di trasmissione e i dispositivi di controllo dell'orientamento. La navicella è montata su un supporto-cuscinetto che le consente di ruotare in base alla direzione del vento, garantendo così un'efficienza massima nell'estrazione dell'energia.
- **Torre:** è la struttura verticale che sostiene il rotore e la navicella. Può superare i 100 metri di altezza ed è realizzata in sezioni di acciaio, assemblate in loco. La sua elevata altezza consente di posizionare il rotore in un'area di vento più forte e costante, migliorando così la produzione di energia. La base della torre è fissata saldamente al suolo mediante fondazioni specifiche, garantendo stabilità e sicurezza all'intero impianto.

Altezza torre [m]	111
Forma	Conica
Materiale	Steel tower, hybrid tower or hybrid steel tower

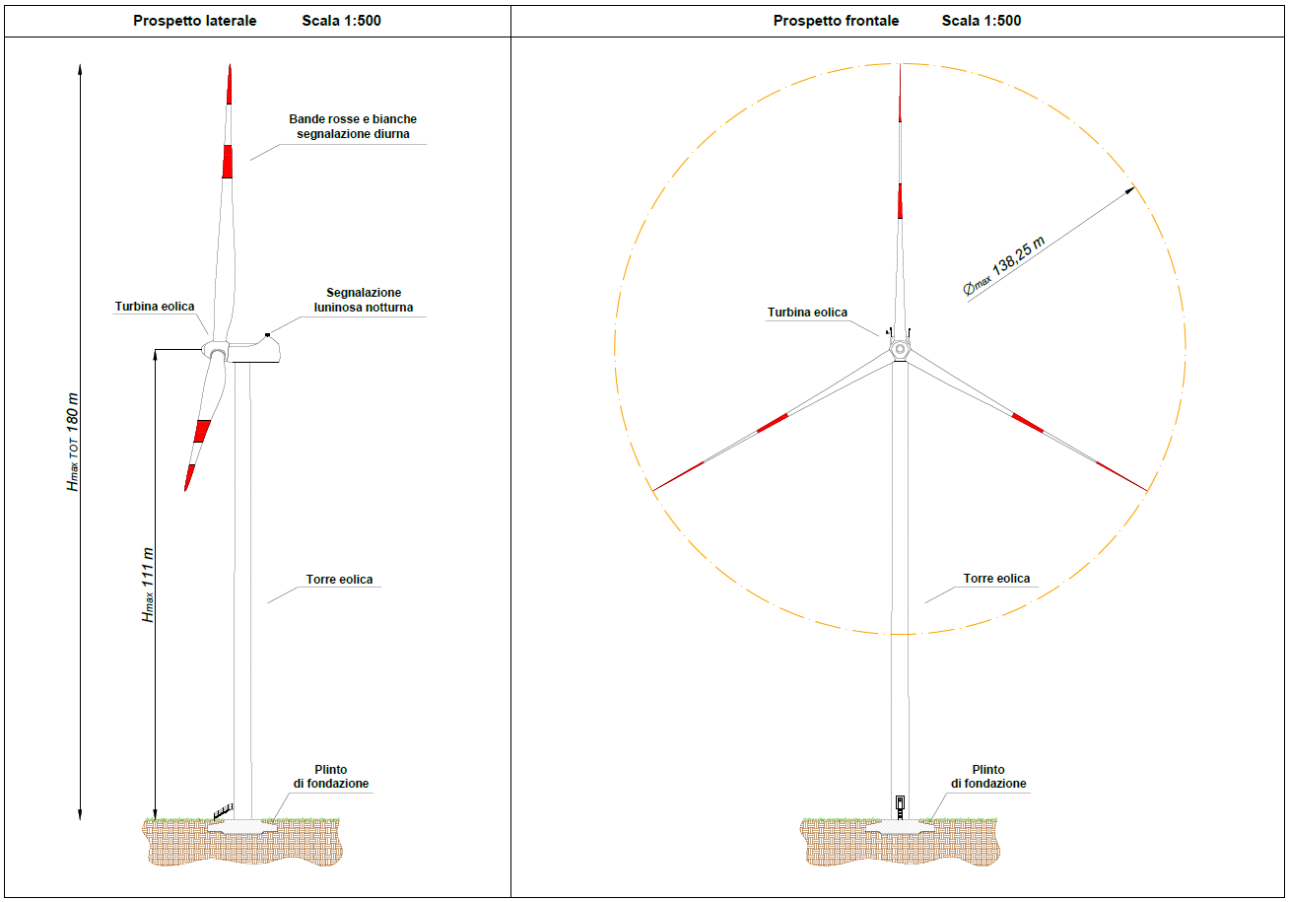


Figura 39: Inquadramento su ortofoto.

- **Sistema Elettrico:** è composto da un generatore che trasforma l'energia meccanica del rotore in energia elettrica. Questa energia è inizialmente in bassa tensione e viene trasferita tramite cavi alla base della torre, dove si trovano i quadri elettrici e il trasformatore. Qui, viene convertita in media o alta tensione per la connessione alla rete elettrica.

Design della turbina	Direct Drive
Tipo di generatore	Separately excited annular generator
Sistema di raffreddamento	Air cooling system

- **Sistema di Controllo:** è fondamentale per ottimizzare le prestazioni dell'aerogeneratore. Esso include una serie di sensori che monitorano costantemente la velocità e la direzione del vento, nonché lo stato operativo dei vari componenti. Basandosi su questi dati, il sistema di controllo regola l'orientamento della navicella e l'angolo delle pale, massimizzando così l'efficienza della produzione di energia e garantendo la sicurezza dell'impianto in caso di condizioni meteorologiche avverse.

Sistema di orientamento al vento	Active pitch control

Gli aerogeneratori, considerando la quota elevata in cui saranno installati, saranno dotati di sistemi anti-ghiaccio. Questi sistemi, progettati per prevenire la formazione di ghiaccio sulle pale e sugli altri componenti degli impianti, possono includere riscaldatori elettrici, materiali isolanti e sistemi di monitoraggio della temperatura. L'implementazione di tali tecnologie è fondamentale per garantire un funzionamento efficiente

e sicuro degli aerogeneratori, riducendo i rischi associati all'accumulo di ghiaccio, che potrebbe compromettere le prestazioni e la stabilità dell'intero sistema durante i mesi invernali.

Nel caso si decidesse in futuro di adottare un modello diverso di aerogeneratore, si prevede che tale scelta possa avvenire senza apportare modifiche sostanziali alle dimensioni e alle caratteristiche strutturali dell'impianto, garantendo così un impatto ambientale analogo a quello già valutato e approvato. Questa possibilità di aggiornamento consente di mantenere i requisiti di sicurezza stabiliti, assicurando una continuità operativa senza compromettere le condizioni ambientali del sito.

4.4. Fondazione aerogeneratore

La torre dell'aerogeneratore è fissata al terreno mediante una fondazione in calcestruzzo armato, di forma circolare e dimensioni prestabilite, progettata per sostenere il carico dell'intero impianto, inclusi i carichi statici e dinamici derivanti dall'operatività dell'aerogeneratore e dalle condizioni meteorologiche.

Prima della progettazione della fondazione, vengono effettuate indagini geologiche per valutare le caratteristiche del terreno e garantire la scelta della tipologia di fondazione più idonea. La quota di imposta è realizzata a una profondità non inferiore ai due metri e viene eseguita con l'ausilio di mezzi meccanici, al fine di evitare il franamento dei terreni circostanti.

Una volta effettuato lo scavo per la fondazione, il fondo viene compattato e successivamente ricoperto con uno strato di magrone. Questo basamento ha la funzione di distribuire i carichi verticali su una superficie più ampia, consentendo inoltre il corretto posizionamento dei ferri di armatura in acciaio, i quali servono a garantire la resistenza strutturale contrastando le sollecitazioni di trazione e contribuendo a mantenere l'integrità e la stabilità dell'intera struttura.

Dopo aver completato il posizionamento delle armature, si procede con l'installazione della dima costituita da tirafondi alla quale viene fissata, attraverso un collegamento flangiato, la torre tubolare dell'aerogeneratore.

Nella fondazione, oltre al castello di tirafondi previsto per l'ancoraggio della torre, sono installate le tubazioni passacavo in PVC corrugato e gli opportuni collegamenti all'impianto di terra. La parte superiore della fondazione sarà posizionata circa 15 cm sopra il piano campagna, risultando quindi parzialmente visibile. In seguito, verrà integrata nella sovrastruttura della piazzola di servizio, che sarà ricoperta e inerbita.

Saranno previste ispezioni regolari per monitorare la stabilità della fondazione e della torre nel tempo, assicurando la sicurezza e l'efficienza dell'impianto.

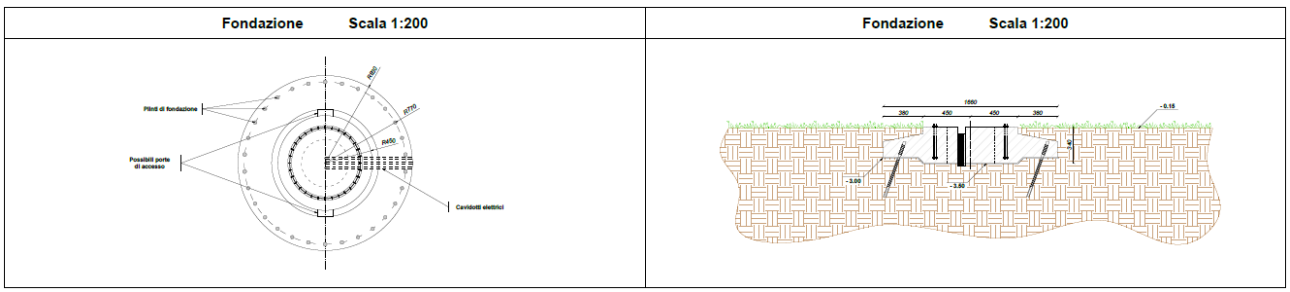


Figura 40: Fondazioni aerogeneratore.

4.5. Dispositivi di segnalazione diurna e notturna

Per garantire la sicurezza aerea e la visibilità degli aerogeneratori, è fondamentale dotare le macchine di adeguati dispositivi di segnalazione diurna e notturna. Durante il giorno, la visibilità delle turbine può essere migliorata utilizzando bande di colore rosso e bianco, che rendono gli aerogeneratori più facilmente identificabili.

Per renderle visibili di notte o in condizioni di scarsa visibilità, gli aerogeneratori devono essere equipaggiati con luci di segnalazione, che possono essere fisse o lampeggianti. Molti impianti moderni adottano sistemi di illuminazione a LED, che offrono un'efficienza energetica e una visibilità ottimizzata. Inoltre, i sistemi di segnalazione automatici possono regolare l'intensità e il ritmo delle luci in base alle condizioni ambientali.

È essenziale che tutti questi dispositivi siano conformi alle normative e regolamenti locali o internazionali e siano sottoposti a regolare manutenzione per garantire un funzionamento efficace e continuo. Questi accorgimenti sono cruciali per prevenire incidenti e garantire una navigazione sicura in prossimità degli aerogeneratori.

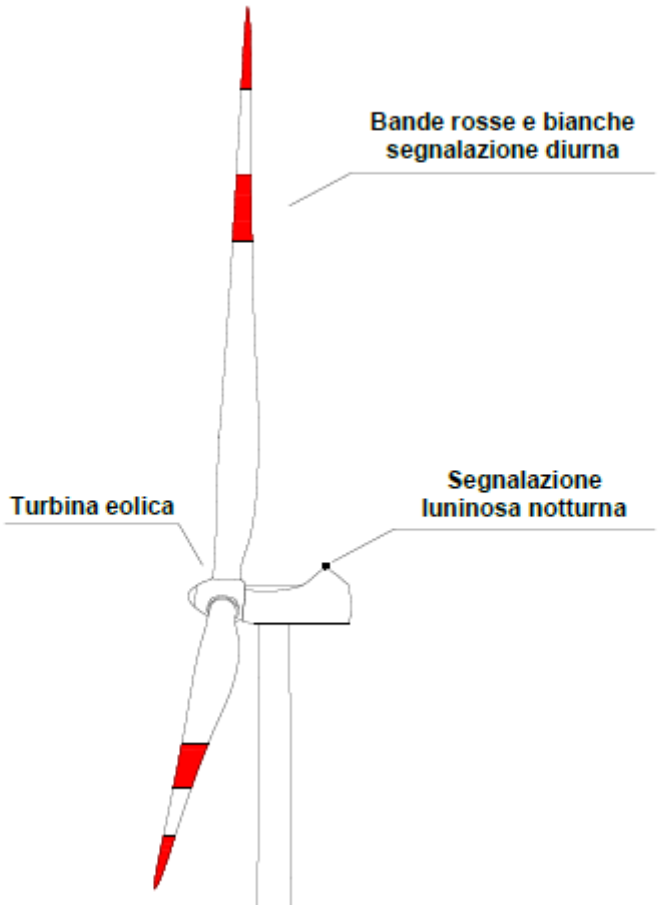


Figura 41: Particolare su illuminazione diurna e notturna.

4.6. Piazzola aerogeneratore

La piazzola dell'aerogeneratore è un'area fondamentale per l'installazione e il funzionamento dell'impianto eolico. Essa serve come base di appoggio per la torre e consente un accesso agevole per le operazioni di manutenzione e ispezione, garantendo così l'efficienza e la sicurezza dell'impianto nel tempo.

Nel progetto in esame, la piazzola di montaggio è dimensionata a 3.600 m2, in conformità con le specifiche tecniche fornite dal costruttore della turbina e dalle esigenze legate alle attrezzature necessarie. La realizzazione prevede operazioni di scavo, livellamento e compattazione del terreno, eseguite mediante l'applicazione di strati successivi di materiali granulari, come ghiaia e inerti, per assicurare un'adeguata distribuzione dei carichi e la stabilità del suolo, evitando cedimenti durante le operazioni di montaggio.

L'area della piazzola è progettata per ospitare macchinari pesanti, come gru e carrelli elevatori, necessari per l'assemblaggio e il sollevamento dei componenti principali della turbina. Durante questa fase, è essenziale garantire l'implementazione di misure di sicurezza specifiche, tra cui segnaletica, sistemi di illuminazione e barriere di protezione, per assicurare la sicurezza del personale e delle attrezzature in movimento. Inoltre, l'area deve essere progettata per consentire l'accesso ai mezzi di emergenza in caso di necessità.

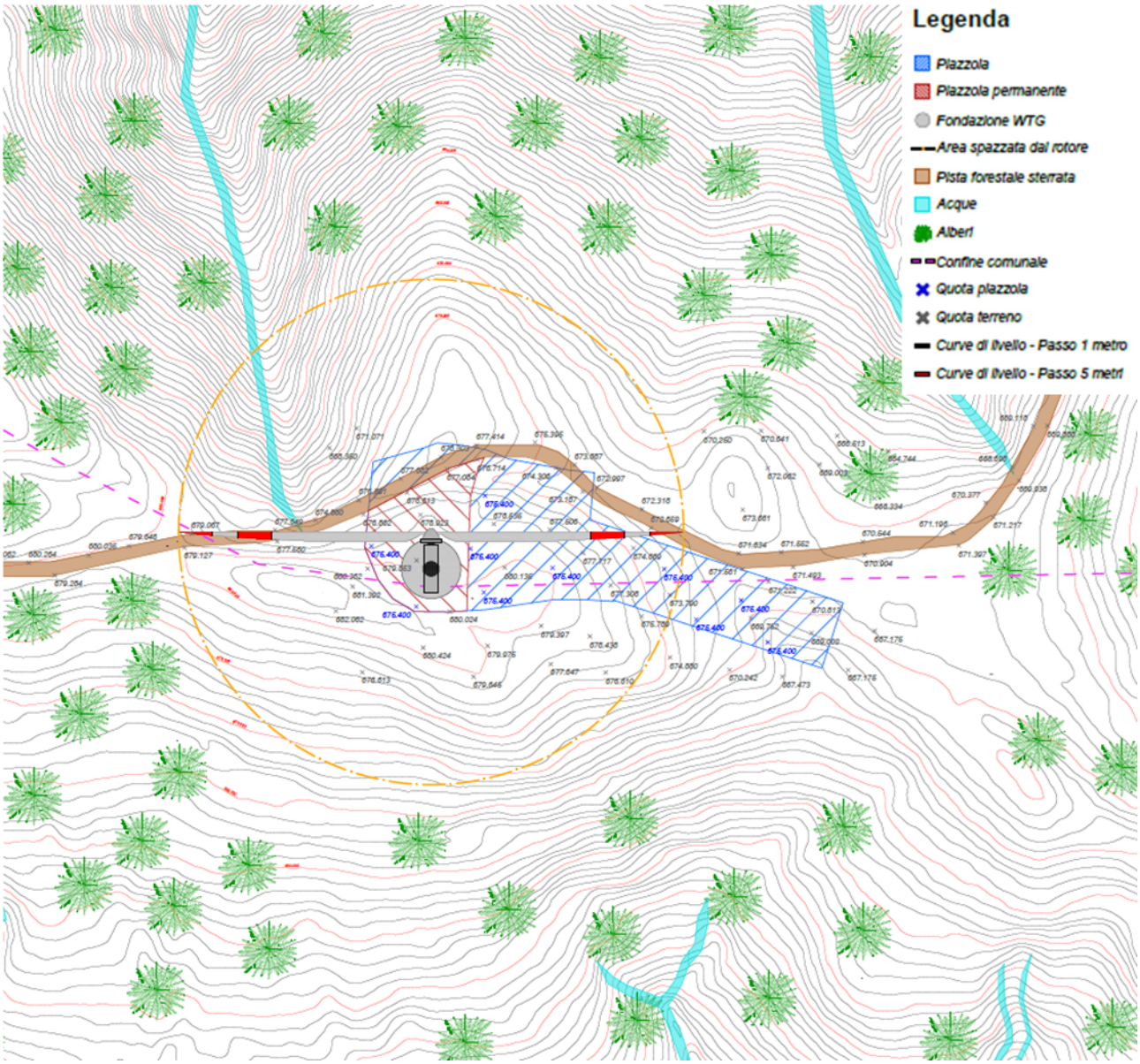


Figura 42: Piazzola aerogeneratore.

A seguito dell'installazione dell'aerogeneratore, la superficie della piazzola viene ridotta a circa 1.000 m2, sufficiente a garantire l'accesso per le operazioni di manutenzione ordinaria. Le porzioni di terreno non più necessarie vengono ripristinate, riportando il suolo alle condizioni naturali preesistenti attraverso interventi di lavorazione e riqualificazione ambientale. Questo include la rimozione di eventuali materiali di risulta e l'impiego di tecniche di rinverdimento, come la piantumazione di specie vegetali autoctone, per favorire il recupero dell'ecosistema locale.

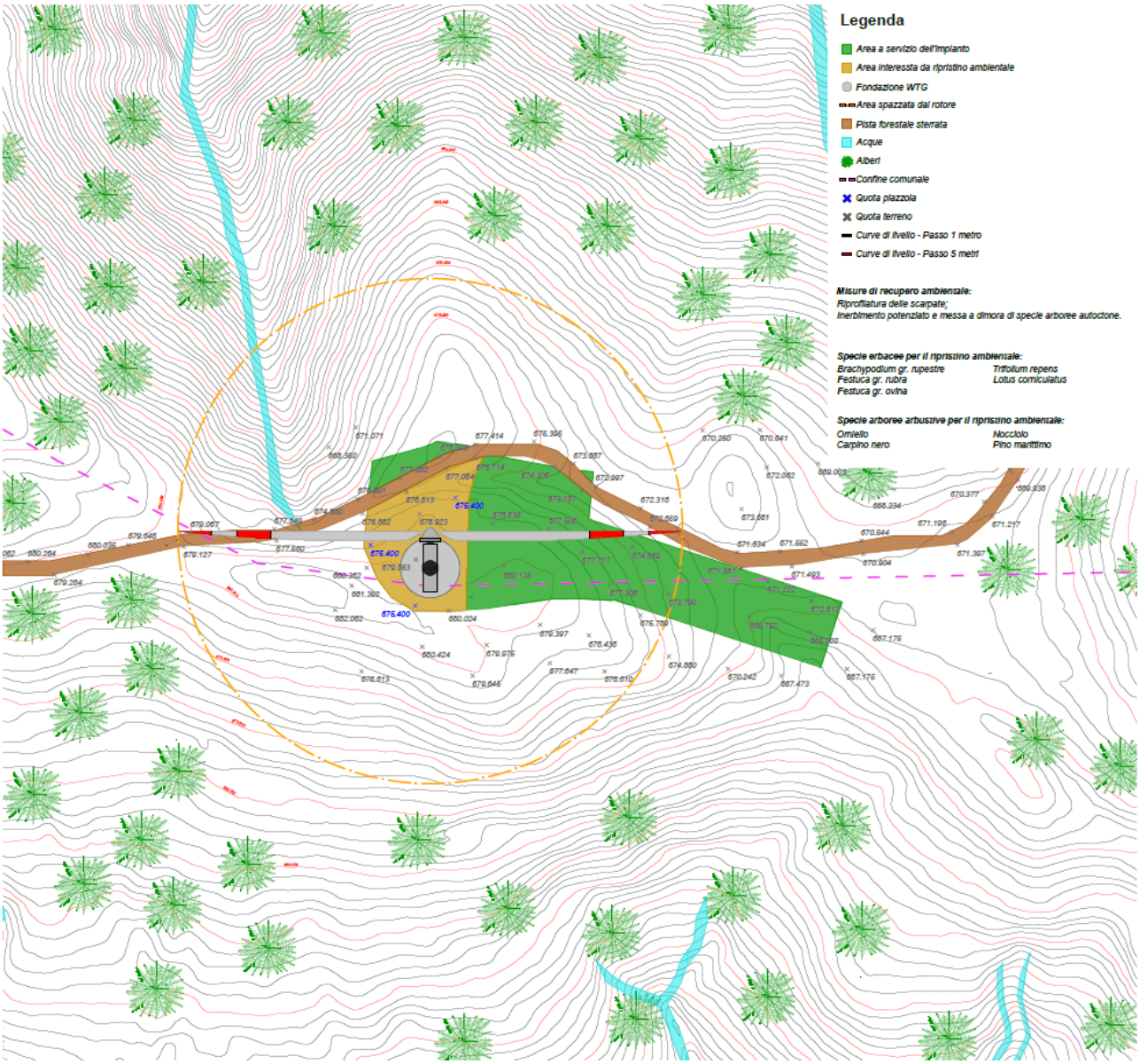


Figura 43: Ripristino ambientale.

Infine, per la gestione delle acque meteoriche, vengono predisposti sistemi di drenaggio con pendenze adeguate, progettati per garantire un corretto deflusso e prevenire fenomeni di erosione superficiale. Eventuali eccedenze di materiale verranno conferite presso discariche autorizzate o riutilizzate per la modellazione morfologica dei terreni limitrofi.

4.7. Area temporanea di stoccaggio materiale

Per adattare la morfologia del terreno alle esigente di montaggio e installazione degli aerogeneratori, sono previste delle opere di sterro e riporto materiale. A tal fine, viene realizzata un'area di deposito temporanea per il terreno rimosso durante la fase di realizzazione della piazzola e delle fondazioni dell'aerogeneratore. Questa area è dimensionata in base al volume di materiale da movimentare e viene localizzata strategicamente a bordo piazzola, riducendo i tempi di trasporto e minimizzando l'impatto ambientale.

Il terreno scavato viene depositato in modo ordinato, evitando contaminazioni con altri materiali e assicurando una gestione razionale del sito. L'area di stoccaggio deve essere stabilizzata e, se necessario, dotata di protezioni temporanee come barriere o teli, per prevenire fenomeni di erosione o dispersione causati da pioggia e vento. In presenza di condizioni meteo critiche, si possono installare sistemi di drenaggio temporaneo per gestire il deflusso delle acque meteoriche, evitando ristagni che potrebbero compromettere la stabilità del deposito.

Il terreno stoccato viene successivamente riutilizzato, ove possibile, per il riempimento degli scavi e il ripristino delle aree interessate, in particolare per la porzione di piazzola non più necessaria. Eventuali materiali in eccesso saranno trasportati presso discariche autorizzate o destinati ad altre opere di compensazione morfologica, in conformità con le normative ambientali vigenti.

L'area di stoccaggio temporanea sarà dismessa al termine delle operazioni di cantiere, con un ripristino completo del suolo e l'eventuale integrazione di interventi di rinverdimento, come definito nel piano di mitigazione ambientale.

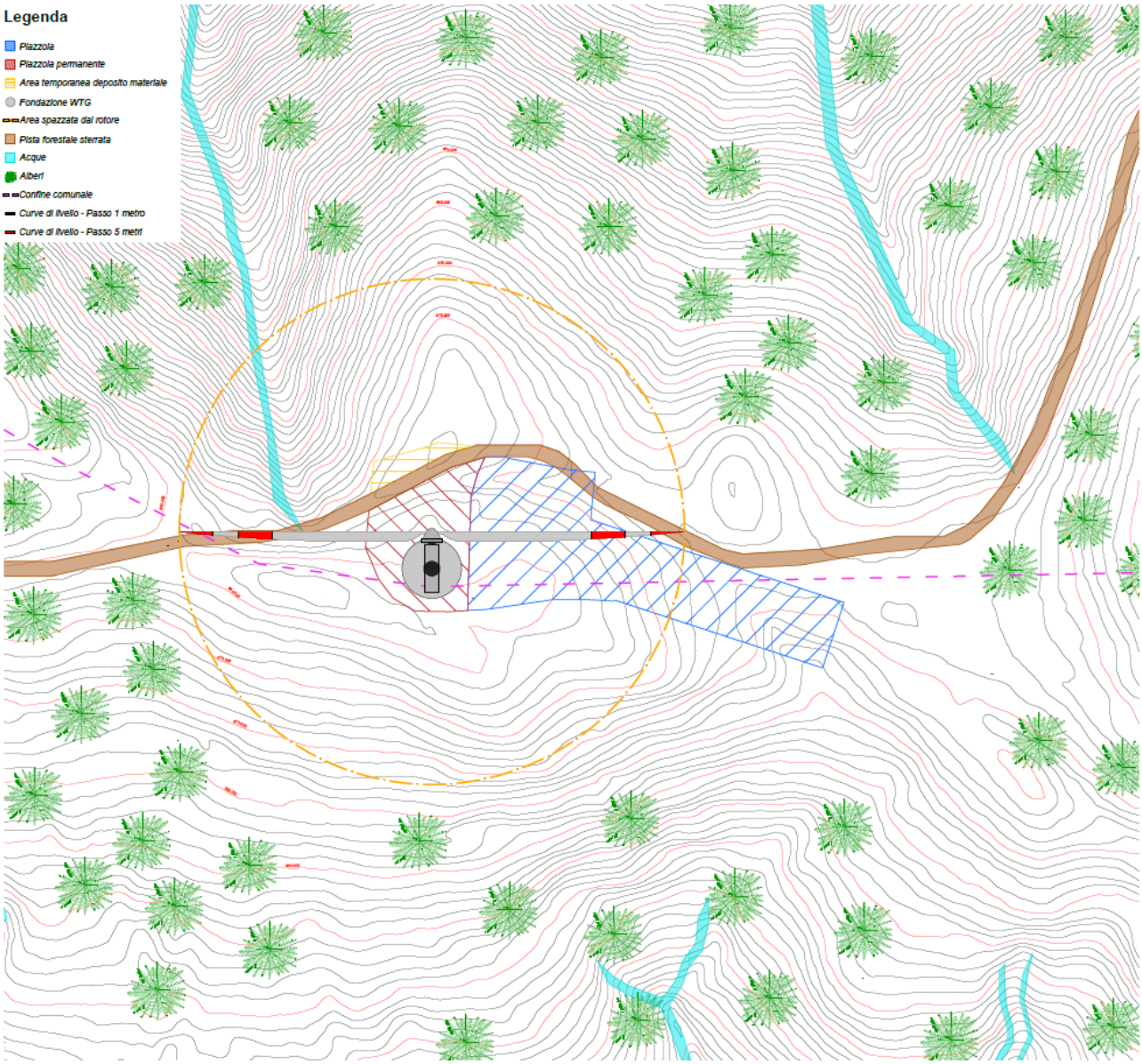


Figura 44: Area temporanea di stoccaggio materiale.

4.8. Strade di accesso e adeguamento della viabilità esistente

La realizzazione di un impianto eolico comporta una serie di sfide legate al trasporto delle sue componenti, che rivestono un'importanza cruciale nel successo del progetto. Le dimensioni significative di elementi quali i conci di torre, le navicelle e le pale degli aerogeneratori richiedono l'impiego di mezzi di trasporto eccezionali, in grado di affrontare specifiche difficoltà logistiche.

La spedizione in sito di parte delle componenti di un aerogeneratore avviene utilizzando mezzi speciali: per le pale è richiesto l'utilizzo di veicoli con carrello posteriore allungabile, equipaggiato con apposito telaio e ruote autosterzanti, mentre la restante parte delle componenti viene trasferita mediante mezzi pesanti più tradizionali. Le difficoltà legate al trasporto delle pale sono confermate dal fatto che diversi costruttori di turbine effettuano studi dettagliati sui raggi di curvatura minimi necessari per il passaggio dei mezzi e sulle larghezze delle carreggiate stradali.

La scelta finale del percorso da effettuare è stata oggetto di accurate valutazioni, al fine di garantire che i mezzi possano raggiungere il sito senza difficoltà e, soprattutto, limitando il numero di interventi necessari sulle strade e sul territorio circostante. In questo contesto, risulta fondamentale garantire un accesso agevole al sito, valutando attentamente le condizioni delle strade e le strategie adottate per ottimizzare il trasporto, assicurando così l'efficacia dell'intervento e la sicurezza degli operatori coinvolti.

4.8.1. Tratto di viabilità porto- passo del Melogno

Il percorso meglio individuato per le caratteristiche delle macchine trasportate parte dal porto di Savona e arriva in località Melogno, nel Comune di Rialto. Da qui, per raggiungere la piazzola WTG01, è prevista la realizzazione di una nuova pista forestale lungo un tracciato che ripercorrerà una pista già esistente. Viste le caratteristiche delle macchine, il tratto dei trasporti che interessa il centro urbano di Savona, è stato suddiviso per pale e componenti per ricongiungersi poi sulla SP 29 nel territorio di Carcare.

Tratto	Regione di collocazione	Ente di appartenenza	Nome strada (Anas – Provincia – Comune)
1	Liguria	Comune di Savona Percorso pale	Porto di Savona - Via Calafati - Corso G.P. Impastato - SS1 Aurelia - Corso G. Mazzini - Corso Tardy e Benech - Via Stalingrado - Corso Svizzera - Casello Savona - Rampa piazzale Vernazza
2	Liguria	Comune di Savona Percorso componenti	Porto di Savona - Via Calafati - Corso G.P. Impastato - SS1 Aurelia - Corso G. Mazzini - Via Vittime di Brescia - Via Risorgimento - Via F. Baracca - Corso A. Ricci - SP 29
3	Liguria	Autostrada	A6 – Torino Savona – Uscita Altare
4	Liguria	Comune di Carcare	SP 29 – Via Maestri del lavoro
5	Liguria		SP 15 – Via NIZZARETO – VIA PIANO SOTTANO
6	Liguria	Comune di Bormida	SP 38 - SP 16
7	Liguria	Località Melogno	SP 15 - entrata parco



Figura 45: Viabilità dei mezzi di trasporto.

Per garantire un'adeguata sicurezza e manovrabilità, il trasporto deve essere effettuato utilizzando mezzi eccezionali, come blade lifter per le pale, e mezzi standard per i componenti, direttamente dal porto.

Successivamente all'ipotizzata area di trasbordo per i componenti, le criticità sono state valutate considerando una sagoma aerea di 6,00 metri di altezza e 6,00 metri di larghezza. Questa misura è stata adottata per assicurare un margine di sicurezza sufficiente, soprattutto in corrispondenza delle infrastrutture e degli ostacoli che si trovano lungo i tratti di strada attraversati, come ponti, cavalcavia, allargamenti, cavi, vegetazione, segnaletica e dissesti.

È importante sottolineare che le condizioni stradali devono garantire una viabilità priva di pendenze trasversali e avvallamenti di alcun genere.

Durante l'analisi, sono stati individuati alcuni ostacoli da affrontare, tra cui:

- **taglio della vegetazione**: necessaria per garantire il passaggio dei mezzi;
- **rimozione temporanea di ostacoli**: per facilitare il transito dei veicoli;
- **rimozione temporanea di segnaletica**: che può interferire con il trasporto;
- **rimozione definitiva di cavi**: se ritenuti ostacolo significativo.

Per ulteriori dettagli sui tratti critici e sugli interventi necessari, si rimanda al report specifico allegato.

4.8.2. Tratto di viabilità passo del Melogno- piazzole

Per raggiungere le piazzole di WTG01 e WTG02 è prevista la sistemazione e adeguamento in larghezza della pista forestale già esistente a servizio del versante boscato con un tracciato che, innestandosi sulla SP 490 in corrispondenza della sella in località Cà del Mago e Osteria del Din a quota 942 m s.l.m., raggiunge le due piazzole lungo un percorso, privo di tornanti, che taglia a mezza costa il versante.

Da WTG01 a WTG02 si segue la pista forestale esistente che presenta già un tracciato e una larghezza adeguata rendendo, quindi, necessari solo limitati interventi di sistemazione.

L'approccio progettuale è stato sviluppato con l'obiettivo di limitare al massimo l'impatto ambientale e territoriale. Non verranno realizzate nuove strade, ma si interverrà esclusivamente sulla pista esistente per migliorarne la percorribilità e adeguarla alle esigenze di cantiere, riducendo al minimo i movimenti terra e le modifiche alla morfologia del versante.

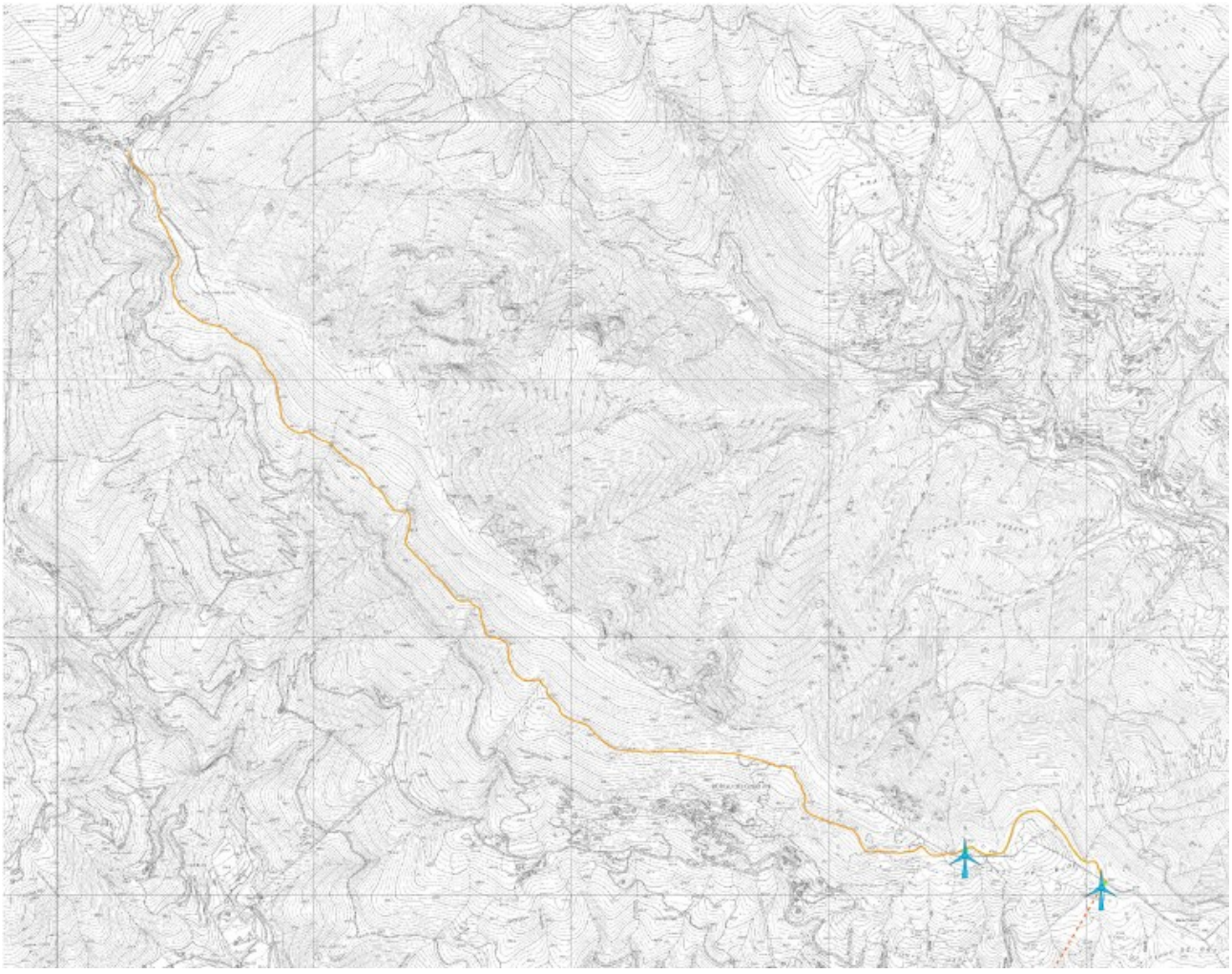


Figura 46: Pista di accesso su CTR.

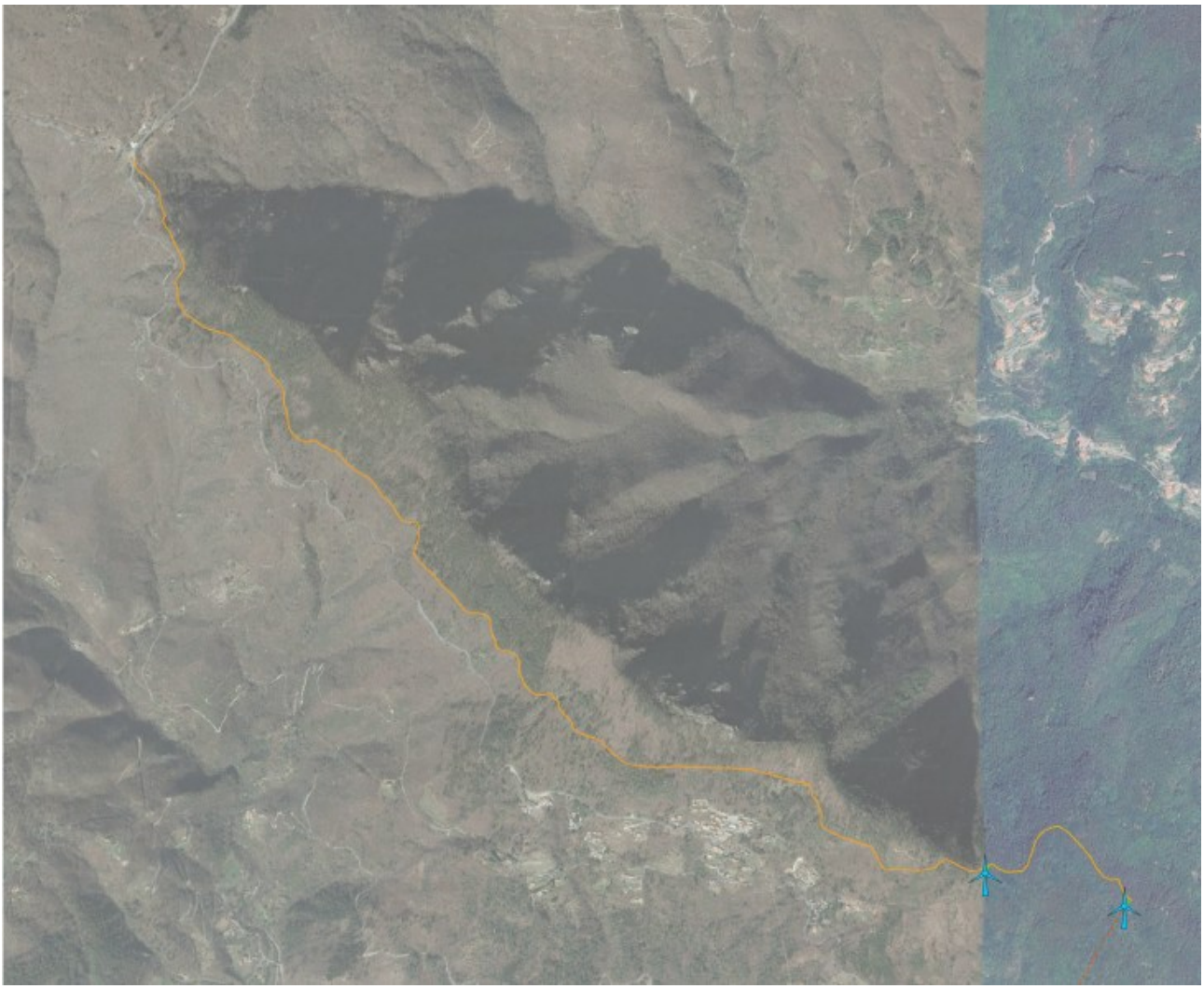


Figura 47: Pista di accesso su ortofotocarta.

La società è consapevole che il tracciato della pista di accesso si sovrappone a un percorso di mountain bike esistente denominato "Rollercoaster". A tal fine, garantisce che saranno adottate soluzioni condivise per ripristinare e migliorare il tracciato, assicurando la continuità e la sicurezza del percorso per gli sportivi e preservando la fruibilità dell'area per le attività ricreative.

4.9. Interventi di adeguamento e stabilizzazione della pista

In funzione delle caratteristiche morfologiche e geotecniche del sito, nonché delle specifiche esigenze operative e progettuali, l'allargamento e la stabilizzazione della pista richiedono interventi diversificati per garantire sia la sicurezza dell'infrastruttura che un adeguato raccordo con il terreno circostante. Tali interventi devono essere accuratamente pianificati per rispondere alle condizioni locali, come pendenze significative, terreni instabili o la necessità di minimizzare l'impatto ambientale, adottando tecniche costruttive che assicurino robustezza, durabilità e funzionalità. Tra le metodologie applicabili, si annoverano:

- **realizzazione di muri di sostegno**: utilizzati per contrastare le spinte del terreno in aree particolarmente acclivi o caratterizzate da instabilità, offrendo una soluzione sicura e duratura per il contenimento delle scarpate;

- **strutture in massi ciclopici** (**scogliere**): impiegate per la protezione di pendii e argini, riducendo il rischio di erosione e migliorando la stabilità generale del contesto;
- **scavi con riporto stabilizzato**: una tecnica che combina l'escavazione di materiali esistenti con l'uso di materiale granulare stabilizzato, garantendo un substrato ad alte prestazioni e migliorando le condizioni portanti;
- **palificate doppie**: soluzioni ideali in situazioni di pendenza estrema o terreni incoerenti, costituite da pali verticali e orizzontali che forniscono un supporto efficace e sicuro;
- **semplice raccordo**: adottato nei tratti dove non sono necessarie opere complesse, consentendo di modellare il terreno con interventi minimi per preservare l'armonia con l'ambiente naturale e garantire la funzionalità della pista.

La scelta e l'applicazione di ciascuna tecnica saranno definite caso per caso, in base alle specifiche del progetto e alle condizioni ambientali, con l'obiettivo di garantire un'infrastruttura sicura, sostenibile e durevole nel tempo.

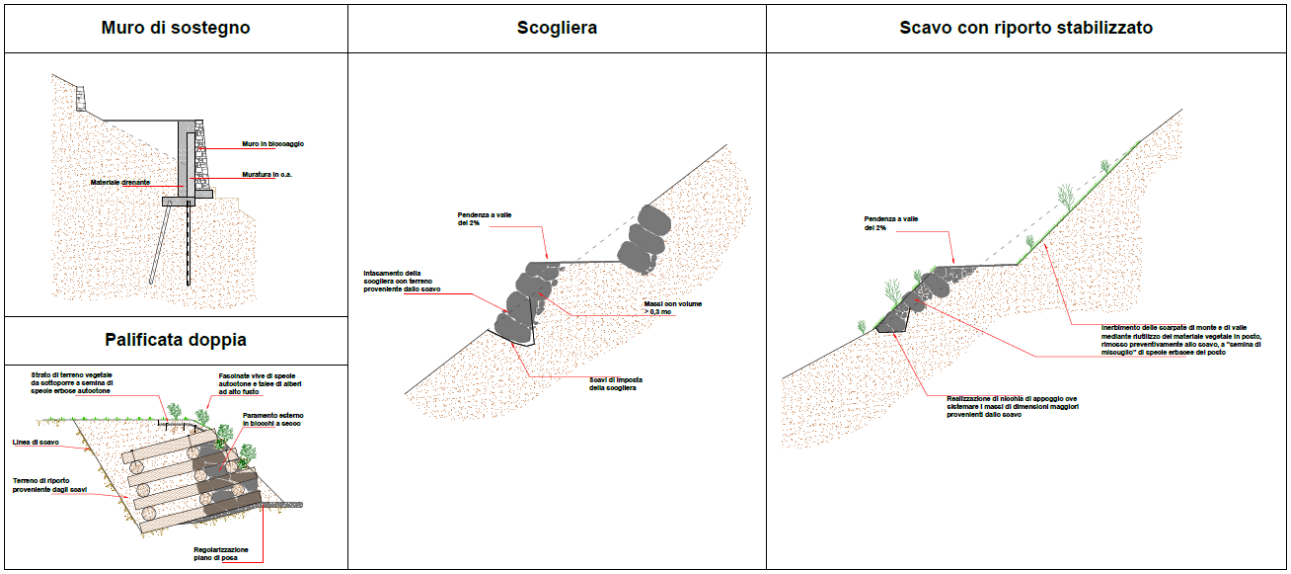


Figura 48: Metodologie di realizzazione delle scarpate.

Il fondo stradale della pista forestale sarà realizzato con particolare attenzione alla sicurezza, alla funzionalità e alla durabilità, rispondendo alle esigenze operative legate all'installazione e alla manutenzione dell'impianto eolico. La stratigrafia prevista comprende un sottofondo in materiale misto granulare stabilizzato o pietrisco, accuratamente compattato per assicurare una base solida e resistente e uno strato superficiale in misto granulare semplice o stabilizzato, studiato per favorire il drenaggio delle acque meteoriche e ridurre il rischio di erosione.

Nel caso in cui le **pendenze superino il 12%**, si renderà necessaria la posa temporanea di uno strato in cemento o asfalto per garantire la sicurezza e la percorribilità della pista durante le fasi operative più critiche. Tale strato verrà rimosso una volta completata l'installazione delle macchine, ripristinando le condizioni originarie del fondo stradale e assicurando la coerenza con il contesto naturale.

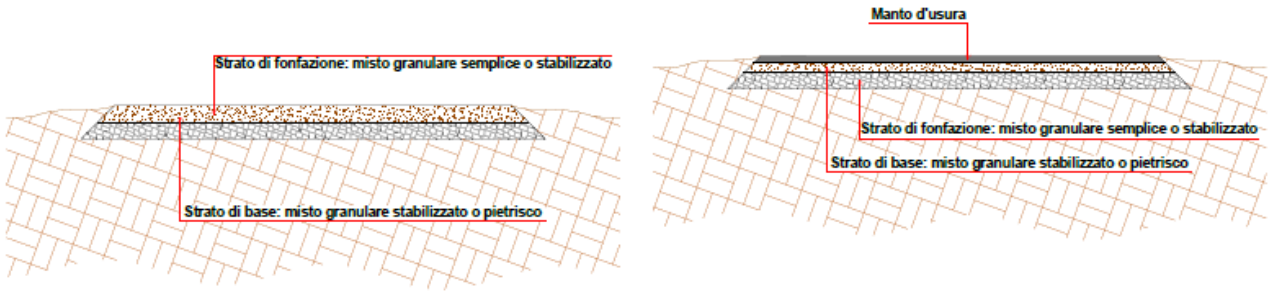


Figura 49: Fondo stradale pista di accesso.

Tutte le lavorazioni saranno eseguite con l'obiettivo di minimizzare l'impatto ambientale, mantenendo il carattere naturale della pista.

4.10. Opere per la regimazione idraulica

La **fondazione dell'aerogeneratore** è costituita da un plinto di forma tronco-conica in calcestruzzo armato, su cui viene depositata la terra di risulta proveniente dallo scavo effettuato per la posa della fondazione stessa. Questa disposizione può portare a situazioni di saturazione del sottosuolo, alterazione dei flussi delle acque sotterranee e fenomeni di ristagno e dilavamento del terreno. Per mitigare tali problematiche, viene realizzato un sistema di drenaggio ai piedi della fondazione, progettato come segue.

Il sistema di drenaggio comprende uno strato di materiale inerte e la posa di un tubo microforato in PVC, avvolto in tessuto geotessile, che corre lungo tutto il perimetro del plinto. Questo tubo consente la raccolta delle acque in eccesso, convogliandole verso il punto di evacuazione situato nella zona di valle della fondazione, in modo da favorirne l'allontanamento in direzione del pendio.

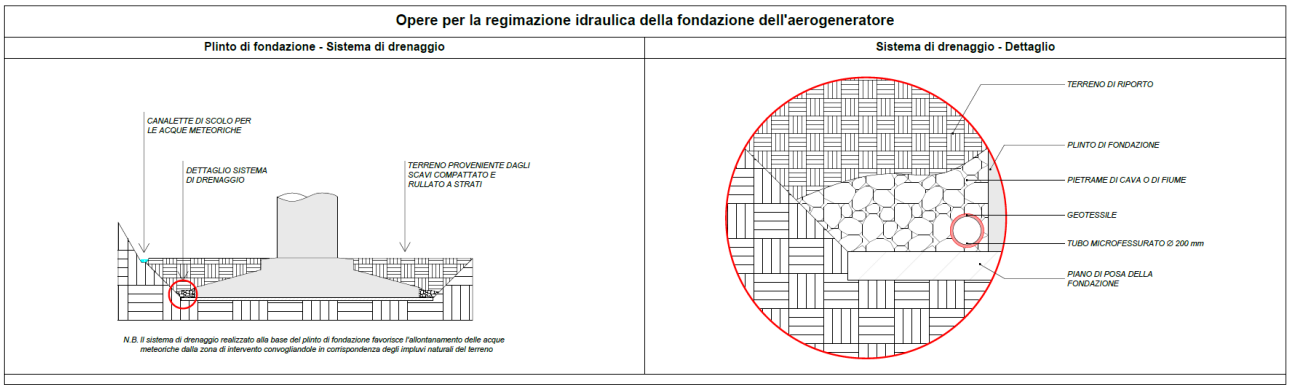


Figura 50: Sistema di drenaggio della fondazione dell'aerogeneratore.

La **piazzola di montaggio** rappresenta una discontinuità rispetto al naturale ruscellamento delle acque meteoriche. Pertanto, si prevede una pendenza minima del 2% verso monte per garantire il deflusso delle acque piovane verso l'esterno, evitando ristagni idrici superficiali. Inoltre, si realizzeranno opere di regimazione, tra cui canaline di scolo installate lungo il perimetro della piazzola. Queste canaline avranno una sezione trapezoidale, con dimensioni approssimative di 0,5 m di larghezza in superficie, 0,4 m alla base e 0,3 m di profondità.

Il terreno nell'area non è impermeabile e consente quindi uno smaltimento naturale delle acque per infiltrazione, senza la necessità di convogliarle in un punto specifico. Per ridurre il rischio di fenomeni di dilavamento, è fondamentale inerbire le scarpate create durante la realizzazione della piazzola. Questo intervento contribuisce a minimizzare l'erosione e favorire l'infiltrazione dell'acqua.

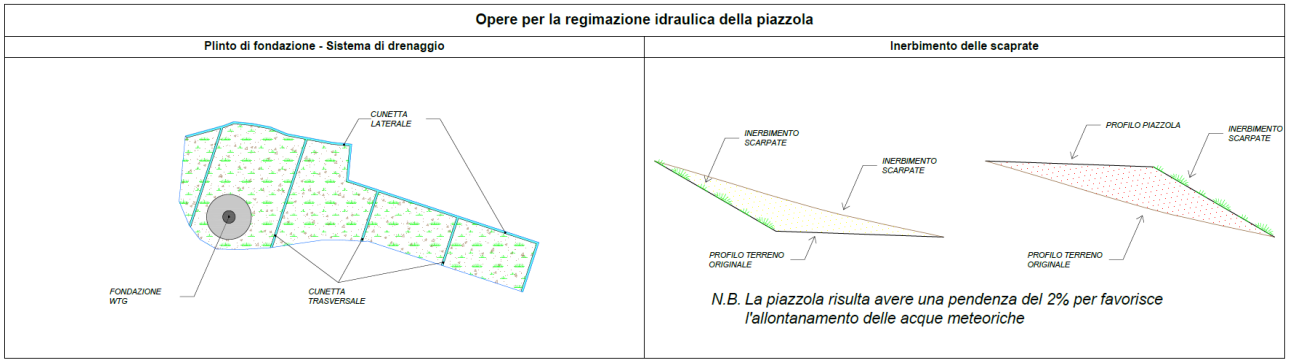


Figura 51: Sistema di drenaggio della piazzola.

Durante l'**adeguamento della viabilità**, per evitare fenomeni di ruscellamento e dilavamento, saranno installati dispositivi trasversali alla strada, come canalette realizzate con profili in legno o acciaio. Questi elementi convoglieranno le acque meteoriche verso gli impluvi naturali, contribuendo a una corretta gestione del deflusso idrico. È importante notare che lo strato superficiale dedicato al transito dei mezzi presenta una leggera pendenza verso monte e verso la canaletta.

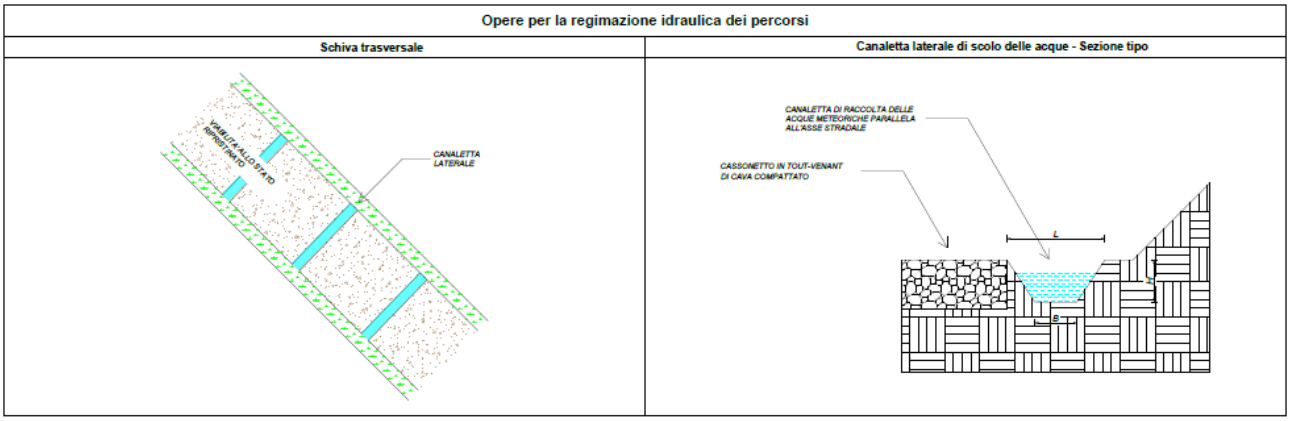


Figura 52: Sistema di drenaggio della viabilità.

Per l'attraversamento di eventuali rii, è prevista la realizzazione di una briglia in massi dotata di un cunettone carrabile. Tale soluzione consente di evitare che, in caso di ostruzione del canale, l'acqua si immetta lungo la pista, aumentando il rischio di smottamenti o frane nelle aree circostanti.

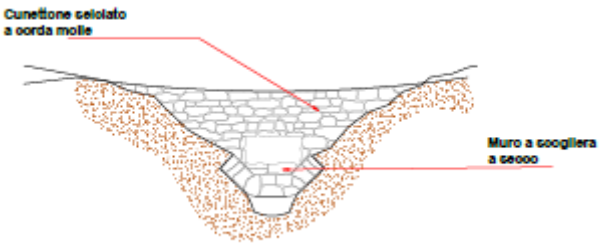


Figura 53: Briglia in massi con cunettone carrabile.

4.11. Connessione alla rete elettrica nazionale

Al fine di collegare l'impianto alla rete nazionale, la società, in data 01/03/2024 ha effettuato una domanda di connessione a e-Distribuzione. In data 18/07/2024 l'ente gestore ha trasmesso, ai sensi della Delibera dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (già Autorità per l'Energia Elettrica il Gas ed il Sistema Idrico) n. 99/08, allegato A, il preventivo di connessione avente codice di rintracciabilità 416372852 che è stato accettato in data 13/09/2024.

Come stabilito dall'art. 33.2 del TICA, la soluzione tecnica minima generale (STMG) di seguito riportata, rimane valida per 210 gg lavorativi dalla data di accettazione del preventivo a cui verranno i giorni richiesti dal gestore della rete per la validazione del progetto.

Ad oggi, e-Distribuzione in data 16/09/2024 ha comunicato che la STMG sarà valida fino al 01/08/2025.

Il periodo di validità della STMG comporta la prenotazione temporanea della capacità di rete relativamente alla potenza di immissione indicata.

Qualora il procedimento per l'autorizzazione alla costruzione e all'esercizio dell'impianto non si concluda entro la scadenza stabilita, oppure se il procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA), se previsto, non venga completato con esito positivo, la STMG indicata nel preventivo assumerà valore meramente indicativo. In caso contrario, se entro la tempistica prevista il procedimento per l'autorizzazione si concluderà positivamente, la STMG e la prenotazione della capacità di rete relative alla potenza di immissione indicata diverranno definitive.

L'impianto di produzione in progetto ha una potenza elettrica massima in immissione di 8.000 kW. La connessione a media tensione (15.000 V), secondo il preventivo e-Distribuzione S.p.a. è stato previsto per mezzo di allacciato alla rete di Distribuzione tramite realizzazione di una nuova cabina di consegna collegata in entra-esci, allestimenti elettrici cabina e allaccio alla rete di Distribuzione da CP FINALE LIGURE.

Tale soluzione prevede la realizzazione di un nuovo impianto di rete per la connessione per il quale si riporta di seguito il dettaglio dei lavori:

- fornitura e posa 2 scomparti di linea + consegna 1;
- apparecchiature per telecontrollo UP e modulo GSM 1;
- cavo interrato Al 240 mm2 (asfalto)m 1700;
- stallo MT standard AIS.

4.12. Cabina elettrica

La cabina elettrica è posizionata su Foglio 34 Mappale 43 del Comune di Finale Ligure (SV) e si compone di tre locali:

- locale utente;
- locale misure;
- locale e-Distribuzione.

Al fine di limitare l'impatto visivo della cabina, si propone di adottare una soluzione basata sulla finitura esterna del manufatto utilizzando una tonalità di tinteggiatura diversa da quella standard per garantire una migliore integrazione con l'ambiente circostante.

In particolare, si propone di sostituire il colore RAL 1011, corrispondente a "Marrone Beige", con il colore RAL 6005, noto come "Verde Muschio". Questa scelta consente una maggiore coerenza della cabina con il contesto naturale.

Per creare un effetto barriera sui lati della cabina si prevede la piantumazione di una piccola siepe adiacente al manufatto composta da essenze autoctone. Questa soluzione contribuisce a realizzare una schermatura naturale, integrandosi armoniosamente con l'ambiente circostante senza compromettere l'equilibrio paesaggistico.

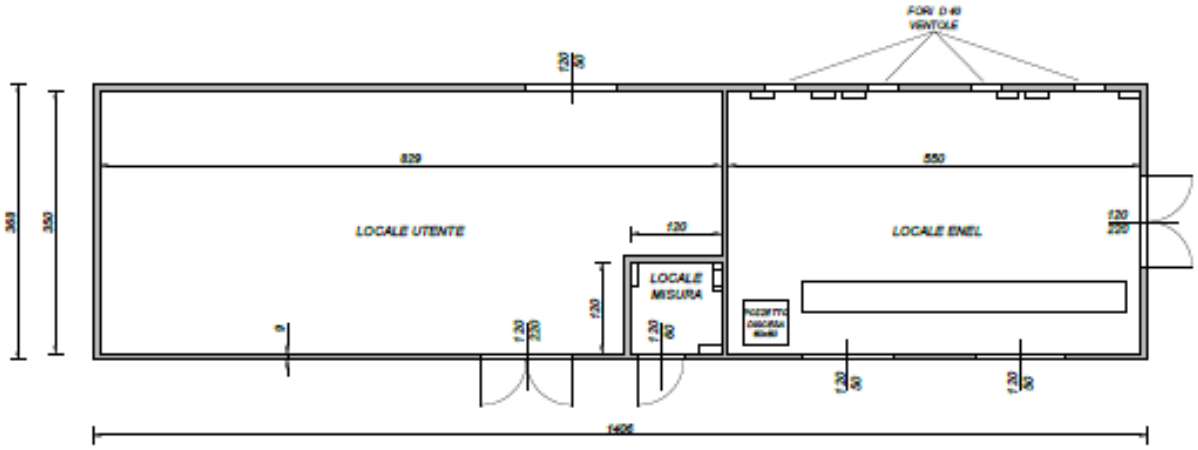


Figura 54: Pianta cabina elettrica.

4.12.1. Cabina elettrica utente

La cabina elettrica lato utente è progettata per gestire in modo sicuro ed efficiente l'energia elettrica generata dagli aerogeneratori, permettendo il collegamento alla rete elettrica. Realizzata come struttura prefabbricata, essa rispetta rigorosi standard di isolamento e sicurezza elettrica. All'interno, sono installate tutte le apparecchiature necessarie per la gestione dell'energia, sia di media che di bassa tensione, garantendo un adeguato controllo e protezione dell'impianto.

All'interno della cabina si trovano i quadri di media tensione (MT), che includono le apparecchiature essenziali per la gestione dell'energia in ingresso e in uscita. È presente anche un quadro di bassa tensione (BT) che consente il controllo locale dell'impianto e alimenta i servizi ausiliari. Un trasformatore di potenza, selezionato in base alle caratteristiche dell'aerogeneratore e della rete, svolge un ruolo cruciale nell'adattare la tensione generata per un invio sicuro al lato consegna. Per garantire la sicurezza operativa, i relè di protezione sono configurati per rilevare tempestivamente anomalie e per attivare uno sganciamento automatico in caso di cortocircuiti o sovraccarichi.

Per assicurare un controllo continuo dell'impianto, la cabina è equipaggiata con sistemi di telecontrollo e supervisione, integrati nel sistema SCADA dell'impianto eolico. Tali dispositivi consentono il monitoraggio remoto di parametri come la tensione, la corrente e la potenza attiva e reattiva, oltre a fornire un sistema di allarme in grado di segnalare anomalie in tempo reale, sia localmente che a distanza. Questo sistema di

supervisione rappresenta un elemento chiave per la gestione proattiva e la manutenzione tempestiva dell'impianto.

Tutte le apparecchiature e i componenti installati rispettano le normative CEI e IEC vigenti, garantendo il rispetto degli standard di sicurezza e delle migliori pratiche di progettazione e costruzione.

4.12.2. Cabina elettrica di consegna

La cabina di consegna (locale Società Distributrice e Locale Misure) saranno realizzati come da elaborati grafici allegati e rispetterà le specifiche tecniche di e-Distribuzione S.p.a. la stessa sarà regolarizzata con servitù d'uso e di elettrodotto di tipo inamovibile. La porzione di manufatto, ovvero il Locale di Consegna e il Locale Misure, rimarranno di proprietà del Produttore e verranno concessi in servitù d'uso con atto notarile a e-Distribuzione S.p.a. Il locale e-Distribuzione S.p.a. ha dimensioni minime interne 5,00 x 3,50 m, h. 2,60 m, con cunicoli di media tensione e bassa tensione e predisposizioni per il transito dei cavi MT / BT. La cabina sarà provvista di vasca di fondazione su basamento. In dotazione alla cabina verranno forniti coperture dei cunicoli in lamiera striata e zincata a caldo oppure in fibrocemento o vetroresina, quadretto ausiliari e impianto luce.

La misura è prevista a carico e-Distribuzione S.p.a. entro il locale misure di dimensioni interne minime 1,20 x 1,20 m. L'accesso al locale misure verrà permessa sia a e-Distribuzione S.p.a. che al Produttore.

Per le caratteristiche architettoniche della cabina di consegna e locale misure fare riferimento agli elaborati grafici, prospetti, sezioni e relazioni tecniche del progettista edile.

L'impianto di illuminazione è eseguito seguendo la specifica tecnica e-Distribuzione S.p.a. la cui consistenza viene desunta dalle tavole allegate. L'impianto comprende la fornitura e posa di n°2 armature illuminanti installate a plafone, aventi grado di protezione minimo IP55 ed equipaggiate con sorgente luminosa LED o Fluorescente (n°1 armatura Locale e-Distribuzione S.p.a., n°1 armatura Locale misura).

L'impianto di terra della cabina di ricezione sarà realizzato come evidenziato all'interno degli allegati tecnici. Sarà realizzato con le seguenti caratteristiche:

- anello direttamente interrato in terra vegetale ad una distanza di almeno 1 metro dal bordo dell'edificio;
- la sezione minima del conduttore di terra sarà di 35 mm2;
- n°4 picchetti in FeZn di lunghezza minima di 1,5 m;
- tutte le masse metalliche dovranno essere collegate all'impianto di dispersione.

La consistenza dello schema dell'impianto di terra della cabina può essere desunta dagli elaborati grafici allegati.

Tutte le certificazioni dei materiali utilizzati saranno consegnate con la documentazione as built propedeutica al collaudo dell'impianto.

4.13. Impianto di terra della cabina elettrica

L'impianto di terra della cabina rappresenta un elemento fondamentale per garantire la sicurezza elettrica e la protezione dell'impianto stesso. Esso svolge un ruolo cruciale nel dissipare eventuali correnti di guasto, minimizzando il rischio di incidenti e garantendo la continuità del servizio.

La progettazione dell'impianto di terra è stata effettuata tenendo conto delle normative vigenti e delle specifiche esigenze del sito. Di seguito vengono riportate le caratteristiche principali del sistema di messa a terra, suddiviso tra impianto di terra esterno e impianto di terra interno.

Impianto di terra esterno di cabina

- anello singolo realizzato con corda nuda in rame (Cu) da 35 mm2, posata a una profondità di circa 0,5 m; tipologia terreno: ghiaia;
- n°4 dispersori verticali a fittone di h 1,6 m collegati all'anello di terra;
- collegamento tra l'anello di terra esterno e la rete elettrosaldata facente parte della pavimentazione della cabina.

Impianto di terra interno di cabina

- collettore equipotenziale supplementare realizzato in rame;
- collegamento alle celle di media tensione (MT) mediante corda nuda in rame (Cu) con sezione minima di 35 mm2;
- collegamento tra l'anello di terra esterno e il collettore equipotenziale mediante corda nuda in rame (Cu) con sezione minima di 35 mm2.

4.14. Cavidotti

Il cavidotto utente, che permette il collegamento tra le torri e la cabina elettrica e l'elettrodotto di consegna, di proprietà del gestore di rete, interessano sia aree private che la viabilità pubblica esistente.

Il **cavidotto lato utente** può essere suddiviso in:

- **cavidotto di collegamento WTG01 – WTG02**: si tratta di un cavidotto interrato posato su pista forestale di lunghezza pari a 850 metri;
- **cavidotto di collegamento tra la WTG02 e la SP 490**: si tratta di un cavidotto aereo di lunghezza pari a circa 610 metri;
- **cavidotto di collegamento tra la SP 490 e la cabina elettrica**: si tratta di un cavidotto interrato posato su strada asfaltata di lunghezza pari a 5.700 metri;

Il **cavidotto di consegna**, realizzato e di competenza del gestore di rete, ha una lunghezza di 1.700 metri (preventivo di connessione) e rispetta le caratteristiche dettate dagli Standard di e-Distribuzione.

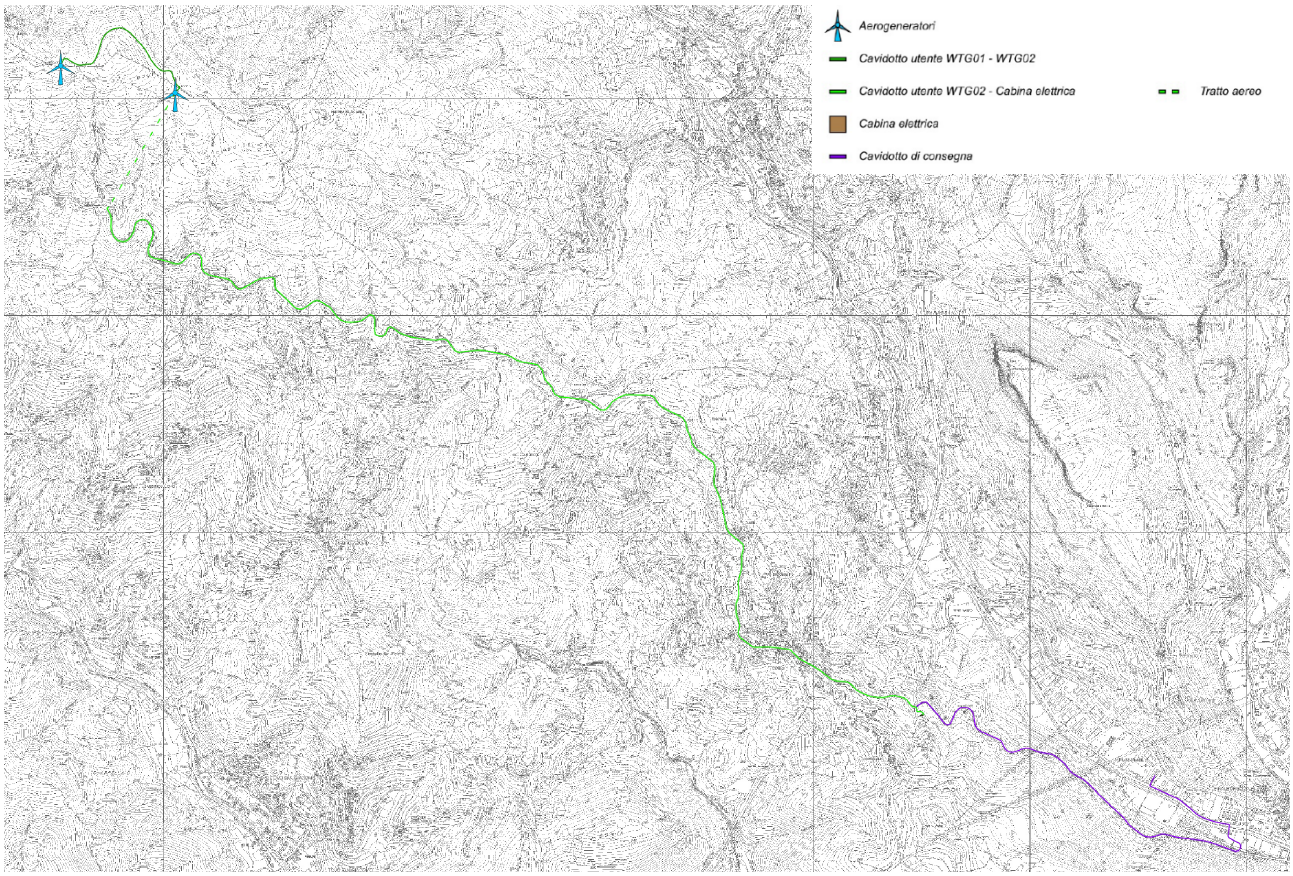


Figura 55: Cavidotto utente e di consegna.

4.14.1. Cavidotto interrato utente

I cavi utilizzati sono a norma CEI 20-13 e del tipo ARG7H1R ed interrati ad una profondità non inferiore a 1,1 m. Le condizioni di posa saranno conformi alla modalità di posa M prevista dalla norma CEI 11-17 per i sistemi di II categoria.

La protezione da sovracorrenti (cortocircuito e sovraccarico) è garantita con interruttori di taglia opportuna installati immediatamente a valle dei trasformatori.

La protezione dai contatti diretti e indiretti avviene grazie alla guaina protettiva di ciascun cavo e dal collegamento a terra dei rivestimenti metallici dei cavi alle estremità di ciascuna linea.

La stessa trincea utilizzata per la posa dei cavi elettrici è utilizzata per l'interramento (in tubazione) di cavi di controllo e comunicazione utilizzati per la trasmissione di dati fra le torri.

La caduta di tensione operativa risulta inferiore al 4% come imposto dalle vigenti norme CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo e modalità di posa".

4.14.2. Cavidotto aereo utente

La scelta di utilizzare un cavidotto aereo è stata adottata in seguito a una valutazione tecnico-economica volta a minimizzare l'impatto ambientale e ottimizzare i costi e i tempi di realizzazione. Il cavidotto

attraversa un tratto boschivo, con una partenza a quota 620 m s.l.m. e arrivo a quota 485 m s.l.m., sfruttando un percorso che riduce la necessità di scavi o interventi invasivi sul terreno.

Il cavidotto aereo sarà realizzato con l'impiego di pali in legno o acciaio zincato, distanziati in media 40-50 metri l'uno dall'altro, per un totale di circa 12-15 sostegni lungo i 610 metri del tracciato, in funzione delle pendenze e delle caratteristiche del terreno. I sostegni saranno di dimensioni ridotte per limitare l'impatto visivo e installati in conformità alle normative di e-Distribuzione e ai regolamenti vigenti, che prevedono specifiche linee guida per l'installazione in aree boschive.

Il conduttore prescelto sarà in alluminio con anima in acciaio per garantire robustezza e resistenza alla corrosione, con una sezione adeguata alla potenza nominale dell'aerogeneratore, secondo le specifiche del progetto. La schermatura del cavo sarà conforme agli standard di isolamento richiesti per la media tensione, assicurando così sia la sicurezza elettrica sia la durabilità contro l'usura e le intemperie.

Questa soluzione permette un collegamento sicuro e sostenibile, garantendo allo stesso tempo facilità di accesso per le future operazioni di manutenzione e verifica, con una minima interferenza sull'ecosistema boschivo e il rispetto delle caratteristiche ambientali dell'area.

4.14.3. Cavidotto interrato e-Distribuzione

L'elettrodotto MT che collega la cabina di consegna alla rete elettrica è costituito da un cavo interrato 3 x 240 mm2 in alluminio avente codice ARE4H5EX-12/20 kV e matricola e-Distribuzione 332285.

La tipologia di posa scelta per la messa in opera della linea elettrica è interrata con protezione meccanica supplementare, costituita da tubo corrugato di diametro adeguato, come indicato dal documento di e-Distribuzione S.p.A. per la realizzazione delle linee in cavo sotterraneo MT, ed. 1 del giugno 2003, e dell'art.4.3.11, lettera b) della norma CEI 11-17.

Il cavo ARE4H5EX-12/20 kV è un cavo di media tensione con conduttore in alluminio rigido a filo unico e isolamento in polietilene reticolato (XLPE), progettato per il trasporto di energia fino a 20 kV; è rivestito con una guaina in materiale poliolefinico resistente agli agenti atmosferici e ha una protezione anti-fiamma e ritardante di fiamma per una maggiore sicurezza in ambienti critici o soggetti a normative antincendio.

Come previsto dalla norma CEI 11-17, la minima profondità di posa è non inferiore a 1,0 m. In seguito alla posa delle tubazioni in polietilene di diametro esterno pari a 160 mm, lo scavo è riempito per uno spessore pari a 20 cm di materiale inerte a granulometria fine (sabbia o terreno vagliato) così da ridurre le sollecitazioni gravanti sulle tubazioni. Successivamente è ripristinata la quota di campagna utilizzando materiale di riporto.

Tutti i cavidotti interrati sono posati in apposita tubazione (tubo corrugato), consentendo in questo modo di proteggere i cavi e di poter effettuare manutenzioni senza scavi. Le distanze di rispetto dei cavi da eventuali altri sottoservizi sono congrue con quanto previsto dalla norma CEI 11-17.

Il tracciato dei cavi è segnalato da nastro monitore in modo tale da rendere evidente la loro presenza in caso di scavi successivi alla posa degli stessi. Esso è posto ad una distanza di 20 cm al di sopra dei cavi interrati ed è conforme agli standard di e-Distribuzione S.p.A.

4.15. Campi elettromagnetici

La progettazione e la realizzazione del sistema elettrico dell'impianto eolico, comprendente sia la cabina elettrica sia i cavidotti (aerei e interrati), rispetta rigorosamente i limiti normativi in materia di campi elettromagnetici. Questi limiti, stabiliti per garantire la sicurezza delle persone e la tutela dell'ambiente, assicurano che l'esposizione a campi elettromagnetici generati dall'impianto rimanga entro soglie sicure per la salute pubblica.

Nella cabina elettrica, gli apparati di trasformazione e distribuzione sono stati progettati e disposti in modo da minimizzare l'emissione di campi elettromagnetici. Sono state adottate schermature specifiche e strutture di confinamento per ridurre l'intensità dei campi nelle vicinanze delle apparecchiature, con particolare attenzione alle aree accessibili al personale.

Per quanto riguarda i cavidotti aerei e interrati, la progettazione è stata effettuata con lo scopo di limitare l'intensità del campo elettromagnetico nelle aree circostanti. Nei tratti interrati, la profondità di posa contribuisce alla riduzione del campo elettromagnetico in superficie, mentre nei tratti aerei, il distanziamento e l'altezza dei conduttori garantiscono un'adeguata mitigazione dell'impatto elettromagnetico.

L'intero impianto è conforme alle normative nazionali e regionali applicabili, garantendo che l'esposizione ai campi elettromagnetici sia ridotta al minimo possibile, in linea con le più recenti direttive in ambito di sicurezza elettromagnetica.

4.16. Impianto di videosorveglianza

L'impianto di videosorveglianza è progettato per garantire un monitoraggio efficace dell'ingresso della torre. Le telecamere sono strategicamente posizionate per rilevare diverse situazioni critiche, tra cui:

- sottrazione di oggetti e persone;
- intrusione in aree riservate;
- segnalazione di anomalie, come perdita di segnale video, oscuramento, sfocatura e fuori inquadratura.

Il sistema include un dispositivo di controllo e monitoraggio che consente la visualizzazione delle immagini registrate in tempo reale, anche da remoto.

Inoltre, l'impianto di videosorveglianza è integrato con un sistema di illuminazione, caratterizzato da un proiettore posizionato all'ingresso della torre dotato di un sistema di accensione automatica attivabile in caso di allarme per intrusione, contribuendo così a ridurre l'inquinamento luminoso.

4.17. Impianto di illuminazione

L'impianto di illuminazione è progettato per garantire una visibilità adeguata all'accesso della torre eolica, assicurando la sicurezza durante le operazioni notturne. Per minimizzare l'impatto visivo sull'ambiente circostante, sono utilizzati corpi illuminanti a bassa intensità, posizionati in modo da proiettare la luce verso il basso. Questo approccio riduce l'inquinamento luminoso e previene la creazione di strutture visive invasive.

I dispositivi di illuminazione sono collocati all'ingresso della torre, contribuendo a una chiara e sicura segnalazione del percorso d'accesso, senza compromettere l'estetica dell'area.

5. Fasi di progetto: costruzione, esercizio e dismissione

La realizzazione dell'opera prevede l'esecuzione di fasi di lavoro sequenziali, che consentono di limitare le operazioni nell'area di progetto e di farle avanzare progressivamente. L'intero processo di progettazione e costruzione è concepito nel pieno rispetto del contesto naturale in cui l'impianto è inserito. I principi di reversibilità degli interventi e di salvaguardia del territorio sono alla base del progetto, finalizzato ad evitare e/o ridurre al minimo le interferenze con le componenti paesaggistiche presenti nei territori circostanti. Tutti gli interventi proposti si fondano sul principio di ripristino dello stato originario dei luoghi, sia dal punto di vista geomorfologico che vegetazionale.

5.1. Fase di costruzione

La fase di costruzione dell'impianto prevede lavori sequenziali, progettati per limitare l'impatto ambientale. Durante questa fase, il materiale risultante dagli scavi per la realizzazione delle fondazioni e della viabilità di servizio sarà gestito in modo da favorirne il riutilizzo. In particolare, i materiali provenienti dagli scavi, che possono includere terreni di varia natura, saranno opportunamente stoccati e, se possibile, riutilizzati per interventi di bonifica e ripristino nelle aree circostanti all'impianto. Questo approccio contribuirà a minimizzare la necessità di conferimento in discarica, garantendo un utilizzo efficiente delle risorse disponibili. Tutte le operazioni saranno pianificate per rispettare il contesto geomorfologico e vegetazionale, ponendo particolare attenzione al ripristino dello stato originario delle aree interessate. Il progetto mira quindi a ridurre al minimo l'impatto sul territorio, promuovendo il riutilizzo dei materiali per interventi di rinaturalizzazione.

5.2. Fase di esercizio

Nella fase di esercizio, l'impianto eolico è progettato per operare in modo sostenibile, senza produrre significativi materiali di scarto. Il personale dedicato è ridotto e si occupa principalmente della manutenzione delle attrezzature, come la cabina elettrica e l'aerogeneratore. Gli impatti ambientali derivanti dall'operatività dell'impianto possono essere classificati in tre categorie principali:

- **intrusioni visive**: l'installazione dell'aerogeneratore può modificare la percezione del paesaggio circostante, creando un cambiamento nel contesto visivo;
- **occupazione del territorio**: limitata agli spazi occupati dalla torre e dalla cabina, senza un notevole consumo di suolo;
- **emissioni elettromagnetiche**: originate dalle apparecchiature elettriche, le cui implicazioni sono analizzate nelle relazioni specialistiche.

È fondamentale sottolineare che l'occupazione del territorio durante il funzionamento dell'impianto è contenuta e non comporta un significativo consumo di superficie, grazie a una programmazione mirata e all'utilizzo della viabilità esistente. Questi accorgimenti consentono di mantenere un impatto ambientale ridotto, assicurando al contempo un equilibrio tra produzione energetica e salvaguardia del territorio.

5.3. Fase di dismissione

Al termine della vita operativa dell'impianto, è prevista la dismissione delle strutture, accompagnata da un attento ripristino dello stato dei luoghi. La comunicazione di avvio delle operazioni di dismissione sarà inviata a tutti gli enti competenti per informarli riguardo alle operazioni programmate e al successivo recupero delle aree interessate. Le fasi operative sono delineate come segue:

- **rimozione dell'aerogeneratore**: il sistema eolico, comprendente la torre, il rotore e i componenti associati, sarà smontato da ditte specializzate, garantendo un adeguato recupero dei materiali e favorendo il loro ricondizionamento e riutilizzo;
- **rimozione della cabina elettrica lato utente e delle opere civili**: queste operazioni saranno eseguite da operatori esperti, prestando particolare attenzione alla gestione delle apparecchiature coinvolte;
- **demolizione della viabilità di accesso**: le strade temporanee create per la costruzione saranno eliminate, riportando l'area al suo stato naturale;
- **riqualificazione e ripristino delle aree interessate**: sarà effettuato un intervento integrato per restituire le aree all'uso originale, attraverso tecniche di ingegneria naturalistica e interventi di riforestazione con essenze autoctone, al fine di favorire il recupero della biodiversità e promuovere la resilienza dell'ecosistema.

È garantita la rimozione delle linee elettriche associate all'impianto, con il conferimento dei materiali recuperati a impianti autorizzati secondo le normative di settore. Le opere di connessione, inclusa la cabina del distributore, continueranno a rimanere operative per e-Distribuzione S.p.A., in quanto essenziali per il servizio pubblico di distribuzione dell'energia.

6. Valutazione energetica

Il processo di valutazione della producibilità dell'impianto eolico è stato eseguito attraverso un'analisi dettagliata delle condizioni di vento del sito e delle caratteristiche tecniche del layout di progetto. Lo studio è stato articolato in una serie di fasi successive, ciascuna fondamentale per ottenere un risultato attendibile e in linea con le condizioni reali.

La procedura ha inizialmente previsto la preparazione dei dati sul vento, che sono stati inseriti nei software di calcolo della ventosità per ottenere una rappresentazione accurata delle condizioni atmosferiche della zona. Parallelamente, è stato predisposto un modello digitale del terreno, adattato per essere compatibile con il software WindSim, utilizzato per le simulazioni fluidodinamiche.

Il passo successivo ha coinvolto la definizione del layout di progetto, con il posizionamento degli aerogeneratori in base alle caratteristiche del sito e dei macchinari, seguito dal calcolo della produttività stimata e delle perdite dovute a fenomeni di scia.

Grazie a questa metodologia, è stato possibile stimare con precisione la produzione energetica del sito, ottenendo così una valutazione affidabile della producibilità dell'impianto in condizioni operative realistiche.

6.1. Metodologia di analisi

Lo studio anemologico è stato condotto elaborando i dati raccolti con l'ausilio delle tecniche di analisi e di calcolo più innovative attualmente presenti sul mercato, nel settore dell'energia eolica; in particolare sono stati utilizzati i seguenti software:

- **Windographer**, per l'elaborazione della serie di dati vento LES;
- **Global Mapper 13.0**, per l'elaborazione del materiale cartografico acquistato presso il SITAR della Regione Liguria, al fine di generare il file di mappa richiesto da WindSim per il calcolo del campo fluidodinamico;
- **Terrain Editor**, della Vector, per la redazione della mappa di rugosità da accoppiare all'orografia del terreno;
- **WindSim 8.1**, della Vector, per l'analisi e l'elaborazione delle condizioni di vento, e per la stima di producibilità degli aerogeneratori. Questo prodotto è particolarmente indicato per terreni dall'orografia complessa come il sito in oggetto, in quanto il metodo di calcolo che applica è del tipo non-lineare e permette di simulare fenomeni aerodinamici del secondo ordine;
- **Excel**, della Microsoft, per l'elaborazione finale dei risultati.

6.2. Elaborazione dei dati del vento

I dati del vento utilizzati per lo studio e la progettazione dell'impianto in oggetto sono stati forniti da Vortex in formato di serie temporale per il periodo di un anno, raccolti in step intervallati di 10 minuti.

La posizione della serie coincide con quella della WTG02, in quanto è quella con una migliore esposizione al vento e potenzialmente quella che sarà utilizzata per l'installazione di una stazione anemometrica durante la fase di autorizzazione del progetto.

La distribuzione di frequenza relativa a tutti i settori di direzione presenta frequenze mediamente elevate tra i 4 e i 6 m/s. Le direzioni prevalenti sono 0° (Nord) e180° (Sud).

Analizzando la distribuzione di frequenza in queste due direzioni che rappresentano le direzioni principali dal punto di vista energetico, la distribuzione di frequenza delle velocità, soprattutto sul settore Nord presenta valori dei parametri di weibull decisamente superiore a quella mediata su tutti i settori.

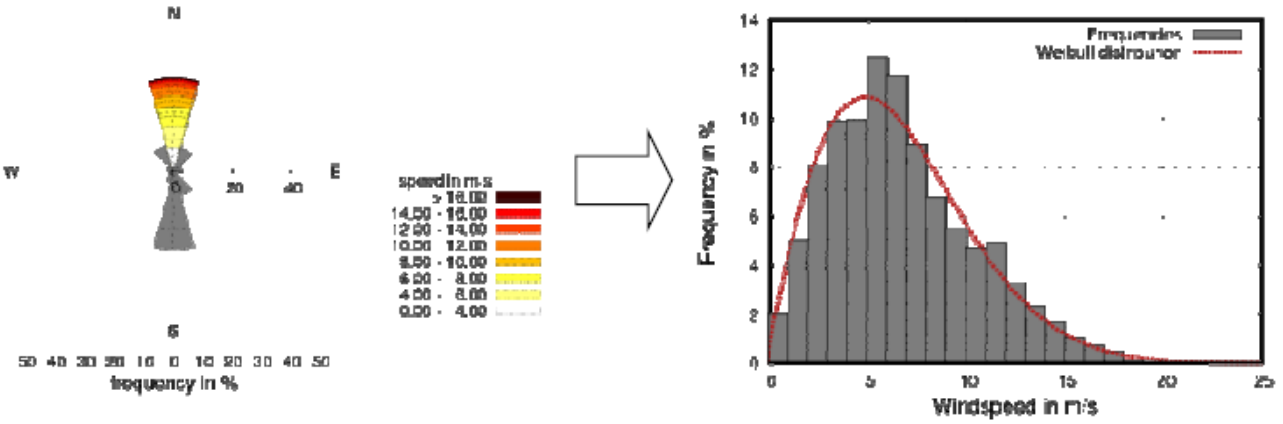


Figura 56: Distribuzioni di frequenza a 50 metri - Direzione Nord.

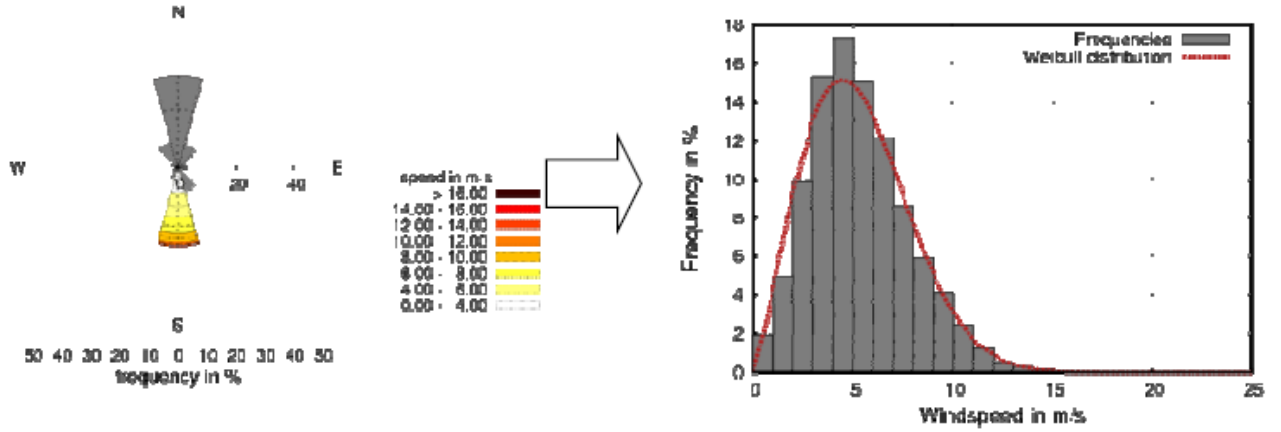


Figura 57: Distribuzioni di frequenza a 50 metri - Direzione Sud.

6.3. Modellazione digitale del terreno

Il sito eolico, senza considerare il percorso del cavidotto, si estende su una striscia di circa 550 m, su un crinale orientato perpendicolarmente alle direzioni principali del vento in direzione Sud-Est/Nord-Ovest.

L'orografia dell'area oggetto di studio è complessa; per questo motivo, nel calcolo della ventosità con il software WindSim, al fine di ottenere delle soluzioni alle equazioni di Navier-Stokes convergenti, il modello del terreno realizzato ha necessitato di un'operazione di ottimizzazione.

Il calcolo iterativo delle equazioni, atto a definire la soluzione fluidodinamica del flusso del vento sul terreno, ha portato a soluzioni convergenti su tutti e 12 i settori di direzione con valori residui nulli, a riprova della correttezza della soluzione aerodinamica ottenuta. Questo riduce quindi, anche l'incertezza legata al calcolo finale della producibilità.

La rugosità del terreno, nell'area presa in considerazione, è un aspetto importante ed influente sul profilo dei venti di bassa quota quali quelli considerati nello studio anemologico di un impianto eolico. Proprio per tale motivo e per ottenere valori ancor più realistici, a valle dei sopralluoghi effettuati in loco, e dall'esame delle immagini in ortofoto dell'area, si è realizzata una mappa di rugosità variabile da zona a zona.

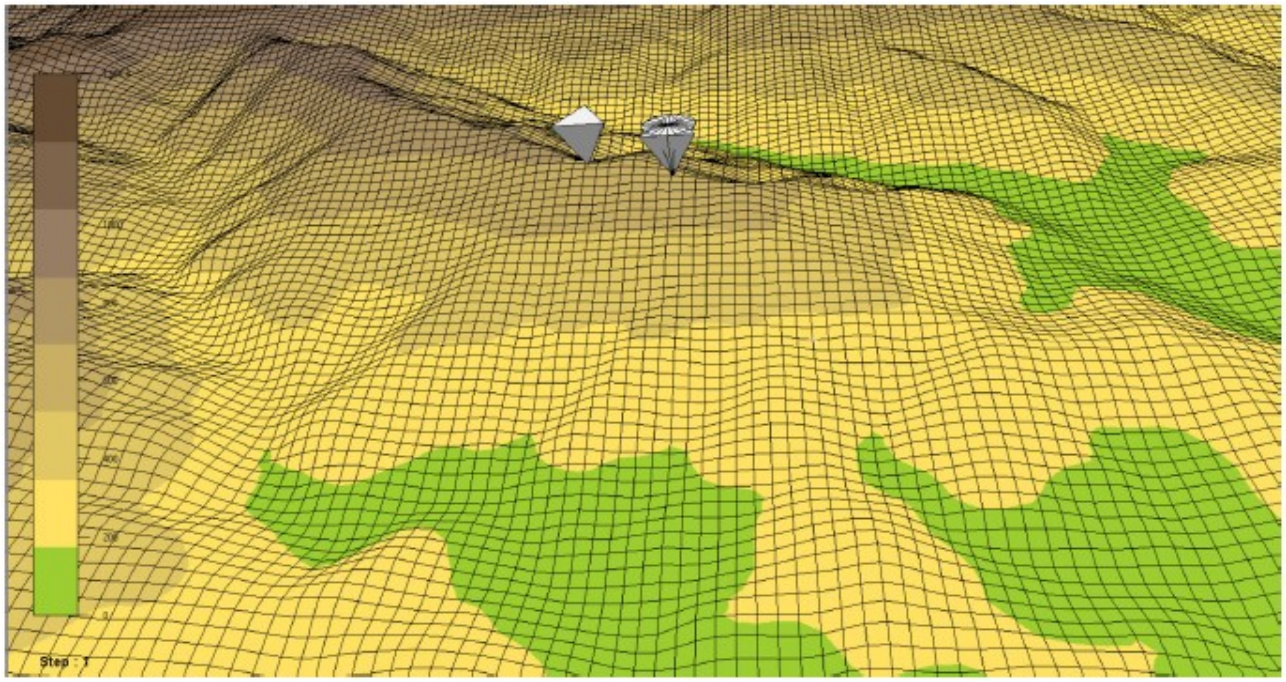


Figura 58: Modello digitale del terreno, software WindSim.

6.4. Risorsa eolica dell'area

La risorsa eolica disponibile nel sito di Pian dei Buoi è buona; gli aerogeneratori risultano posizionati nelle aree maggiormente ventose, e tutti insistono su un'area in cui la velocità media bidimensionale del vento, a 111 m di quota, è intorno ai 7 m/s.

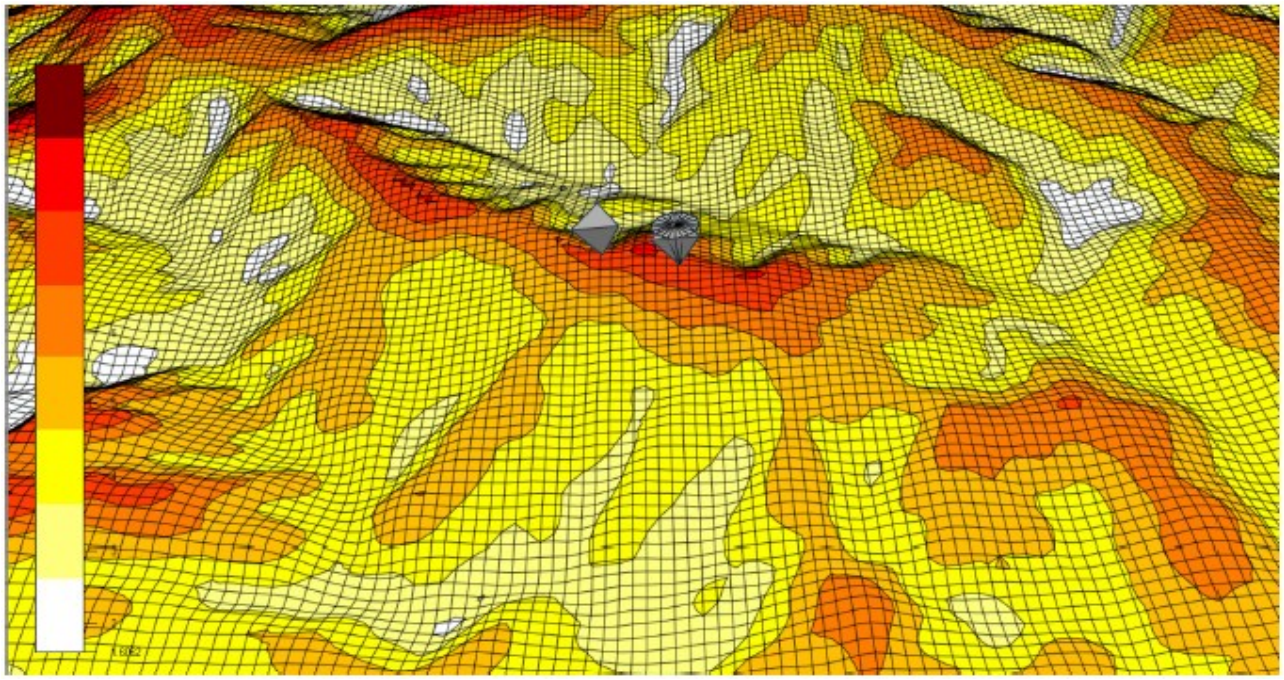


Figura 59: Mappe isovento a 111 metri di altezza, software WindSim.

Dal modello testato, con generatori Enercon E138, si ricava la seguente tabella di produzione.

Aerogeneratore	AEP lorda [MWh/anno]	AEP scia [MWh/anno]	Scia	AEP P50 [MWh/anno]	Ore equivalenti P50 [h]
WTG01	12.380	12.356	0,20%	10.873	2.665
WTG02	12.770	12.760	0,08%	11.229	2.752
				22.102	**2.709**

In conclusione, i risultati indicano che il modello Enercon E138 offre ottime performance in termini di producibilità, in linea con le più recenti installazioni nella regione. La producibilità stimata, pari a circa 2700 ore equivalenti, conferma il potenziale del sito.

Considerando gli spazi disponibili, nonché i limiti e i vincoli esistenti, il sito risulta quindi idoneo a sostenere un impianto eolico di capacità soddisfacente.

7. Valutazione dei costi e dei proventi

La valutazione economica del progetto è fondamentale per comprendere la sostenibilità finanziaria e i potenziali ritorni dell'investimento. Questo paragrafo analizza i principali costi di realizzazione e gestione dell'impianto eolico e confronta tali spese con i ricavi previsti dalla produzione energetica. La stima dei costi comprende sia le spese iniziali di costruzione e installazione sia i costi operativi periodici, mentre i ricavi derivano principalmente dalla vendita di energia elettrica prodotta.

Attraverso questa analisi, è possibile valutare la redditività dell'impianto e stimare il periodo necessario per raggiungere il punto di pareggio e generare profitti.

7.1. Stima dei costi di realizzazione

In questa sezione vengono riportati i costi stimati per la realizzazione dell'impianto eolico, includendo tutte le spese previste nella fase di progettazione, costruzione e messa in opera. I costi di investimento iniziale comprendono le opere civili, la fornitura e l'installazione degli aerogeneratori, la realizzazione delle infrastrutture di accesso e connessione, e gli oneri tecnici e amministrativi. Questi valori rappresentano una stima di massima, destinata a fornire un quadro generale dell'impegno economico necessario per avviare l'impianto.

Segue quindi una tabella riassuntiva del quadro economico complessivo, in cui sono dettagliate le principali voci di spesa e i relativi importi stimati.

QUADRO ECONOMICO COMPLESSIVO DELL'OPERA				
DESCRIZIONE	IMPORTI €	IVA%	IVA €	TOTALE IVA COMPRESA €
A) COSTO DEI LAVORI				
A1.1 - Preparazione cantiere e rimozione vegetazione	166.958,00 €	10,00%	16.695,80 €	183.653,80 €
A1.2 - Opere di scavo, viabilità di cantiere e formazione piazzole	916.391,41 €	10,00%	91.639,14 €	1.008.030,55 €
A1.3 - Posa cavidotti aerei e interrati su terreno e su asfalto e ripristini	1.194.977,00 €	10,00%	119.497,70 €	1.314.474,70 €
A1.4 - Opere di fondazione delle turbine e impianto di terra	527.665,16 €	10,00%	52.766,52 €	580.431,68 €
A1.5 - Fornitura e montaggio turbine	9.000.000,00 €	10,00%	900.000,00 €	9.900.000,00 €
A1.6 - Cabina utente e di consegna	100.000,00 €	10,00%	10.000,00 €	110.000,00 €
A1.7 - Impianti utente	10.000,00 €	10,00%	1.000,00 €	11.000,00 €
A2.1 - Oneri per la sicurezza	50.000,00 €	22,00%	11.000,00 €	61.000,00 €
A3.1 - Opere di mitigazione	534.900,88 €	22,00%	117.678,19 €	652.579,07 €
A4.1 - Spese previste dallo Studio Preliminare Ambientale	26.507,81 €	22,00%	5.831,72 €	32.339,53 €
A5.1 - Opere connesse - Preventivo di connessione	96.800,00 €	22,00%	21.296,00 €	118.096,00 €
TOTALE A	12.624.200,26 €		1.347.405,07 €	13.971.605,33 €
B) SPESE GENERALI				
B.1 Progettazione*	261.000,00 €	22,00%	57.420,00 €	318.420,00 €
B.2 Direzione lavori e coordinamento della sicurezza	200.000,00 €	22,00%	44.000,00 €	244.000,00 €
B.3 Collaudo**	50.000,00 €	22,00%	11.000,00 €	61.000,00 €
B.4 Rlievi accertamenti prove di laboratorio	50.000,00 €	22,00%	11.000,00 €	61.000,00 €
B.5 Imprevisti	75.000,00 €	22,00%	16.500,00 €	91.500,00 €
TOTALE B	636.000,00 €		139.920,00 €	775.920,00 €
VALORE COMPLESSIVO DELL'OPERA TOTALE A+B	13.260.200,26 €		1.487.325,07 €	14.747.525,33 €

NOTA
*Nelle spese di progettazione sono comprensive di: spese e oneri relative alla redazione degli elaborati incluso lo Studio Preliminare Ambientale, spese e oneri di consulenza e supporto tecnico
**Collaudo tecnico, amministrativo, collaudi specialistici e relativi oneri

Figura 60: Quadro economico complessivo dell'opera.

7.2. Costi di esercizio

Un impianto eolico comporta costi di esercizio relativamente ridotti, grazie all'automazione e alla possibilità di monitorare e gestire l'impianto a distanza attraverso un sistema di controllo telematico. Questo consente di ridurre al minimo la presenza di personale sul sito, limitando i costi operativi ai soli interventi necessari per il corretto funzionamento e la sicurezza dell'impianto.

I principali costi di gestione possono essere riassunti nelle seguenti categorie:

- **manutenzione**: include sia la manutenzione programmata, concordata con il produttore della turbina eolica nell'ambito di contratti di global service, sia interventi straordinari. Questi servizi sono svolti da personale qualificato del produttore, garantendo la piena efficienza dell'impianto;
- **assicurazioni**: coprono la responsabilità civile, i danni derivanti da incendi, guasti alle turbine o ad altre parti dell'impianto, offrendo una protezione completa;
- **varie ed eventuali**: comprendono i compensi per l'usufrutto di servitù di passaggio, affitti dei terreni, e altre spese accessorie legate alla gestione operativa.

	Unità	**Prezzo [€/anno]**
Costi di manutenzione	A corpo	105.000
Assicurazioni	A corpo	75.000
Varie ed eventuali	A corpo	100.000
		280.000

Inoltre, si prevede di destinare una quota percentuale dei ricavi derivanti dalla produzione energetica ai Comuni coinvolti nel progetto, in accordo con le parti prima dell'avvio dei lavori.

7.3. Ricavi per la vendita dell'energia

Per il calcolo dei ricavi annui, si è considerato un prezzo medio dell'energia prodotta pari a 100 €/MWh, una stima che riflette il valore di mercato attuale dell'energia elettrica. Con questa tariffa di vendita e conoscendo la produzione annua stimata dell'impianto, è possibile determinare il ricavo annuo per ciascuna delle due turbine eoliche in esame.

Aerogeneratore	**Energia elettrica prodotta**	**Ricavo annuo**
WTG01	10.873 MWh/anno	1.087.300 €/anno
WTG02	11.229 MWh/anno	1.122.900 €/anno
		2.210.200. €/anno

8. Datasheet dell'aerogeneratore



TECHNICAL DATA

E-138 EP3 E3

Last updated: 09/2021. Technical information subject to change.

GENERAL

Nominal power	4,260 kW (E2)
Wind class (IEC)	IEC IIA / IEC S
Wind zone (DIBt)	WZ 2 S
Turbine concept	gearless, variable speed, full power converter
Design service life	25 years
Cut in wind speed	2.5 m/s
Cut out wind speed	28 m/s
Extreme wind speed at hub height (3-second gust)	52.5 m/s
Ambient temperature for normal operation	-10 °C to +40 °C
Extreme temperature range	-20 °C to +50 °C
Grid feed / control system	ENERCON inverter
Grid frequency	50 Hz / 60 Hz
Sound power level	99.0 - 106.0 dB(A)* Yield and noise-optimised operation. Further modes on request.

ROTOR

Rotor diameter	138.25 m
Swept area	15,011 m²
Type	upwind rotor with active pitch control

TOWER

Hub height	**IEC SA**	**IEC IA**	**IEC IIA**	**IEC IIIA**
	81 m			160 m
	99 m			
	111 m			
	131 m			

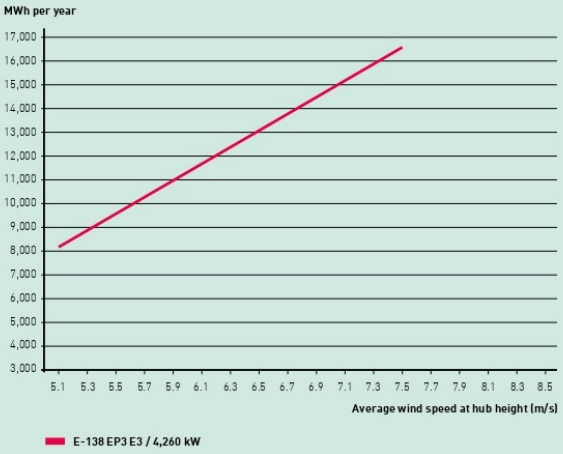
GENERATOR

Type	directly driven, separately excited annular generator
Cooling system	air cooling system

FEATURES

	STANDARD	**OPTIONAL**
FACTS and transmission	X	
ENERCON SCADA	X	
ENERCON storm control	X	
Ice detection system Power curve method	X	
Additional ice detection system		X
Blade heating system		X
Hot-Climate		X
Shadow shutdown		X
ENERCON SCADA bat protection		X
STATCOM		X
Inertia Emulation		X
Sector management for wind farms		X
Beacon management for wind farms		X

ANNUAL ENERGY YIELD



* 4,260 kW nominal power / HH 160 m HT