| Regione Liguria | Comune Cairo Montenotte | Comune Savona | Provincia Savona |
|---|---|---|---|
| REGIONE LIGURIA | | | PAR PARIBVS |

# PARCO EOLICO DI SAVONA - LOC. PIANDELMELO (9 MW)

## Relazione tecnica generale

**Rel. 01**

*Progetto definitivo*

*Rev. 00 - Novembre 2023*

Bissi Marco
05.12.2023
11:15:32
GMT+00:00


*PROGETTISTA*

Ing. Samuele Viara
Via Damilano, 24
12049 TRINITA' (CN)


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

Firmato digitalmente da
**samuele viara**

O = Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cuneo
C = IT


**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 generale del progetto ..... 1
1.1. Premessa ..... 1
1.2. Scopo del documento ..... 2
1.3. Localizzazione e caratteristiche del sito ..... 4
1.4. Accessibilità al sito ..... 4
1.4.1. Percorso per i mezzi pesanti ..... 5
1.5. Geologica ..... 8
1.5.1. Piazzola 1 ..... 8
1.5.2. Piazzola 2 ..... 9
1.5.3. Piazzola 3 ..... 9
1.5.4. Pista di accesso alla Piazzola 1 ..... 9
1.6. Forestale ..... 10
1.6.1. Opere di mitigazione ..... 12
1.6.2. Opere di compensazione ..... 12
1.7. Acustica ..... 12
1.7.1. Livelli di rumore esistenti in zona prima dell'intervento e valutazione del disturbo ..... 13
1.8. Paesaggistica ..... 16
1.8.1. Definizione del bacino visivo ..... 16
1.8.2. Ambito di influenza potenziale ..... 17
1.8.3. Previsione degli effetti delle trasformazioni dal punto di vista paesaggistico ..... 17
1.8.4. Valutazione degli impatti nel contesto territoriale di intervento ..... 18
1.8.5. Considerazioni in merito all'interferenza visuale dell'impianto eolico sul paesaggio ..... 19
2. Normativa di rifermento ..... 20
3. Inquadramento dell'opera ..... 21
3.1. Dati di progetto ..... 21
3.1.1. Proponente ..... 21
3.1.2. Ubicazione impianto ..... 21
3.1.3. Dati tecnici aerogeneratore ..... 22
3.1.4. Dati connessione ..... 25
4. Descrizione dei componenti e delle scelte progettuali ..... 25
4.1. Criteri Progettuali ..... 25
4.2. Caratteristiche impiantistiche generali dell'impianto eolico ..... 26
4.3. Connessione alla rete di distribuzione pubblica ..... 26
4.4. Aerogeneratore ..... 27

4.5. Opere principali da eseguirsi ..... 29
4.6. Caratteristiche progettuali dell'impianto eolico ..... 30
4.7. Piazzola di montaggio aerogeneratore ..... 31
4.8. Viabilità e piazzole di cantiere ..... 31
4.9. Area di stoccaggio ..... 32
4.10. Fondazione aerogeneratore ..... 33
4.11. Elettrodotti ..... 34
4.11.1. Cavidotto interrato lato utente ..... 36
4.11.2. Cavidotto interrato di proprietà del distributore ..... 36
4.12. Interventi sulla rete elettrica ..... 37
4.13. Cabina elettrica ..... 37
4.14. Allestimento cabina ..... 38
4.15. Impianto di terra della cabina di consegna ..... 38
4.16. Impianti di videosorveglianza ..... 39
4.17. Impianto di illuminazione ..... 39
5. Valutazione della producibilità ..... 39
6. Programma finanziario ..... 40
6.1. Costi di massima ..... 40
6.2. Costi di esercizio ..... 41
6.3. Ricavi per la vendita dell'energia ..... 42
7. Descrizione degli interventi previsti in progetto ..... 42
7.1. Fase di costruzione ..... 42
7.2. Fase di esercizio ..... 43
7.3. Fase di dismissione ..... 43
8. Cronoprogramma ..... 45

# Indice delle figure

Figura 1: Nomenclatura aerogeneratori. 2
Figura 2: Elab. 1.2 Inquadramento su IGM - Estratto. 3
Figura 3: Stralcio viabilità. 5
Figura 4: Ortofoto Tornante N.1. 6
Figura 5: Ortofoto Tornante N.2. 7
Figura 6: Ortofoto Tornante N.3. 7
Figura 7: Carta Geologica con elementi di tettonica – Tavola DF G.7.2. del PUC di Savona. 8
Figura 8: Carta dei tipi forestali. 11
Figura 9: Carta dell'intervisibilità teorica. 19
Figura 10: Datasheet Vestas V136 – 4,5 MW™. 23
Figura 11: Datasheet Enercon E138 - 4,2 MW. 24
Figura 12: Disegno strutturale WTG. 29
Figura 13: Inquadramento strade di accesso alle piazzole. 32
Figura 14: Area di stoccaggio del materiale. 33
Figura 15: Fondazione aerogeneratore. 34
Figura 16: Elettrodotto WTG01 - Cabina di consegna. 35
Figura 17: Elettrodotto WTG03 - WTG02 35
Figura 18: Elettrodotto WTG02 - Cabina di consegna. 35
Figura 19: Elettrodotto di consegna – Parte 1. 35
Figura 20: Elettrodotto di consegna - Parte2 35
Figura 21: Cronoprogramma della fase di realizzazione. 45
Figura 22: Diagramma di Gantt. 47

# 1. Descrizione generale del progetto

## 1.1. Premessa

L'energia eolica consente di convertire l'energia cinetica del vento in energia meccanica e, a sua volta, in energia elettrica. L'energia eolica è una delle fonti energetiche più antiche sfruttate dall'uomo già nel 3000 a.C. grazie alla costruzione dei mulini a vento per la produzione di farine. Nonostante l'uomo sfrutti l'energia del vento da millenni solamente nell'ultimo ventennio, grazie ai notevoli miglioramenti tecnologici, si sta assistendo a una crescita esponenziale del suo riutilizzo.

Il movimento dell'aria sulla superficie terrestre è dovuto alla presenza di zone ad alta e bassa pressione causate dalla differenza di temperatura della Terra, conseguenza del riscaldamento non uniforme del Sole.

I due punti a differente pressione atmosferica causano la nascita di un gradiente di pressione: una forza che agisce sulla massa d'aria per ristabilire l'equilibrio della pressione che porta alla nascita del vento. A questo fenomeno si aggiunge anche quello prodotto dalla Forza di Coriolis causato dalla rotazione terrestre che provoca il movimento di masse d'aria.

Per la produzione di energia tramite lo sfruttamento del vento vengono installati degli aerogeneratori solitamente riuniti a formare i parchi eolici. Questi ultimi sono delle vere e proprie centrali dove le torri, ossia le pale eoliche, producono e trasformano energia eolica in energia elettrica. Questa trasformazione è possibile grazie ad un generatore collegato in maniera diretta o indiretta alle pale della turbina.

I parchi eolici possono essere classificati in due distinte categorie:

- **impianti eolici onshore**: sono situati sulla terraferma;
- **impianti eolici offshore**: realizzati lontano dalla costa, direttamente sul mare.

I secondi garantisco una maggiore produzione di energia elettrica data la presenza di un vento più costante e di maggiore intensità. Tuttavia, i costi di realizzazione e manutenzione sono molto più alti.

Grazie alla sua relativa semplicità e all'elevata capacità di produzione, fra le rinnovabili, l'energia eolica rappresenta una delle fonti a più alta crescita. Ai ritmi attuali si stima che entro il 2030 l'eolico potrebbe raggiungere il 20 % della produzione mondiale di energia elettrica, anche grazie agli incentivi delle autorità pubbliche.

In base alle caratteristiche dell'energia eolica presentate qui sopra, la realizzazione di parchi eolici consente la produzione di energia elettrica con i seguenti vantaggi:

- **energia pulita**: l'energia eolica non inquina e non produce rifiuti;
- **energia facile da reperire**: può essere reperita in modo costante e continuativo se l'impianto eolico è ubicato in un luogo adeguato e sufficientemente ventoso;
- **macchinari duraturi**: la vita utile di un impianto eolico è di circa 25 anni;
- **vento non ha costi**: il vento è gratis rispetto ad altre fonti di energia.

Nonostante tutti i numerosi vantaggi, l'energia eolica presenta anche qualche svantaggio:

- **costo delle pale**: le pale eoliche hanno un costo elevato e il loro ammortamento avviene in più anni;

- **impatto ambientale**: la presenza degli aerogeneratori può causare sia inquinamento acustico che inquinamento visivo. Inoltre, la loro posizione non deve interferire con le vie migratorie per limitare il più possibile l'impatto sulla fauna locale.

## 1.2. Scopo del documento

La presente relazione descrive il progetto di un impianto eolico costituito da tre aerogeneratori dalla potenza nominale superiore a 4 MW cadauno limitati a 3 MW per una potenza totale installata di 9,0 MW da realizzare nei comuni di Cairo Montenotte e Savona (SV). La cabina di consegna è ubicata nel Comune di Cairo Montenotte (SV) ed è allacciata alla rete di distribuzione mediante collegamento in antenna da cabina primaria AT/MT SAVONA sita in Comune di Altare (SV).

Titolare dell'iniziativa è la società BH Wind S.r.l. con sede a Sondrio in via Zara 5.

Per una maggior chiarezza durante la lettura del seguente elaborato, vengono di seguito denominate le 3 macchine in funzione della loro posizione. L'aerogeneratore ubicato più a Nord è chiamato "WTG01", quello intermedio "WTG02" e quello posto più a Sud "WTG03".

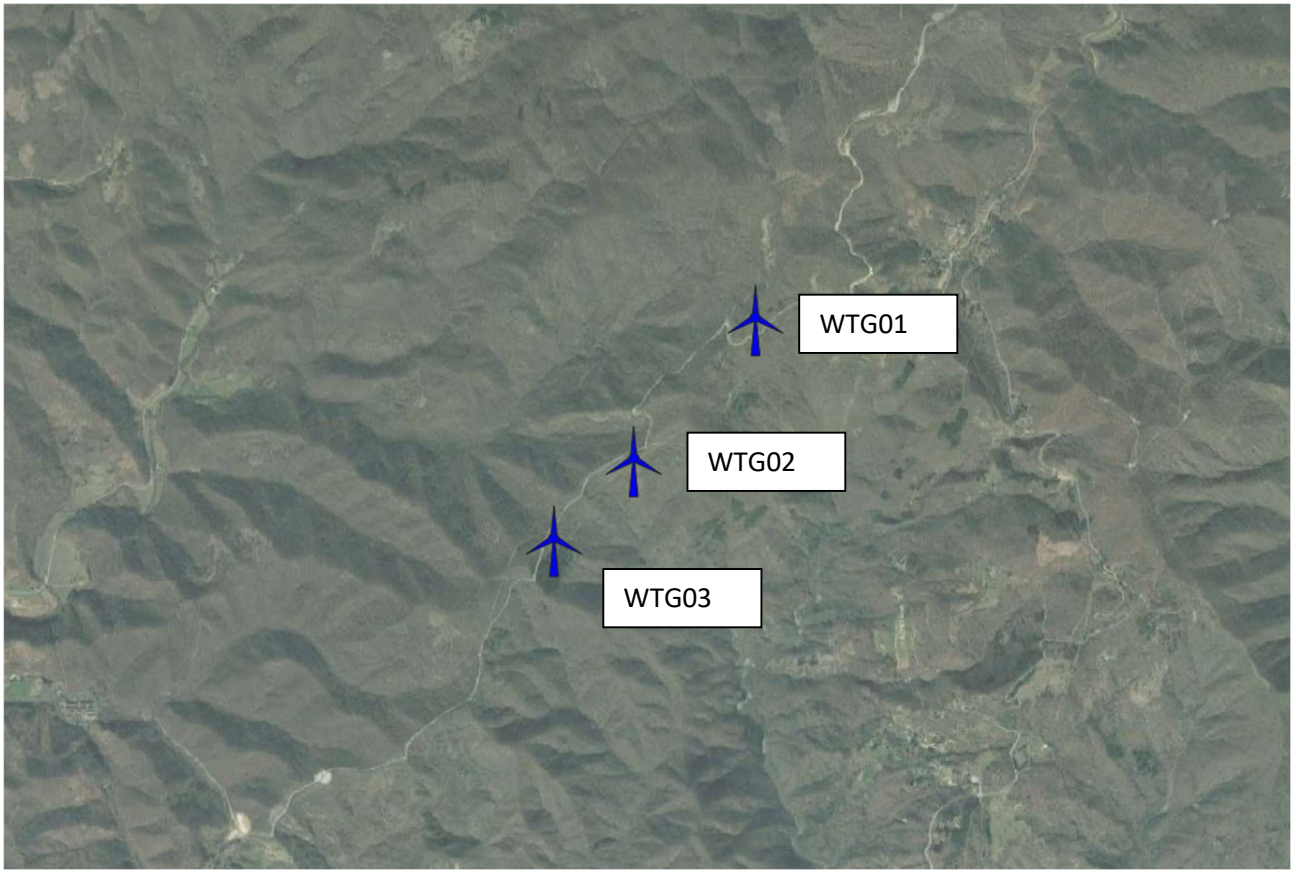



*Figura 1: Nomenclatura aerogeneratori.*

Il sito è ubicato a Nord-Ovest rispetto al centro del Comune di Savona e a Est dei Comuni di Cairo Montenotte e Altare (SV). Tutti e tre gli aerogeneratori sono ubicati nel Comune di Savona (SV) rispettivamente su Foglio 1 Mappale 49 e Foglio 4 Particelle 12 e 13.

La cabina di consegna è ubicata in Comune di Cairo Montenotte, Foglio 60 Mappale 22. Da quest'ultima viene posato un cavidotto in media tensione, 15000 V, che attraversa i Comuni di Savona (SV), Cairo Montenotte (SV) e Altare (SV) e che è collegato in antenna da cabina primaria AT/MT SAVONA.

Gli aerogeneratori "WTG02", "WTG03" e la cabina di consegna sono accessibili tramite la Strada Provinciale SP-12 Savona-Altare. Solamente per raggiungere la "WTG01" è necessario sistemare una pista già esistente e segnata a catasto che parte dalla Provinciale di cui in precedenza.

In fase di realizzazione dell'impianto viene predisposta un'area logistica di cantiere con le seguenti funzioni: stoccaggio materiale e strutture, ricovero mezzi, disposizione dei baraccamenti necessari alle maestranze e alle figure deputate al controllo della realizzazione dell'impianto.

L'area di cantiere è temporanea e viene smantellata al termine dei lavori di costruzione dell'impianto.

Il presente documento, oltre a descrivere l'impianto eolico e le sue componenti, fornisce una stima di producibilità e descrive sia i tempi che le modalità esecutive, di dismissione e il successivo ripristino dello stato dei luoghi.

Il progetto è sottoposto preliminarmente a una Procedura di Verifica di assoggettabilità alla Valutazione di Impatto Ambientale. La presente relazione tecnica generale è da valutarsi unitamente agli elaborati grafici e alle relazioni specialistiche allegati alla procedura.

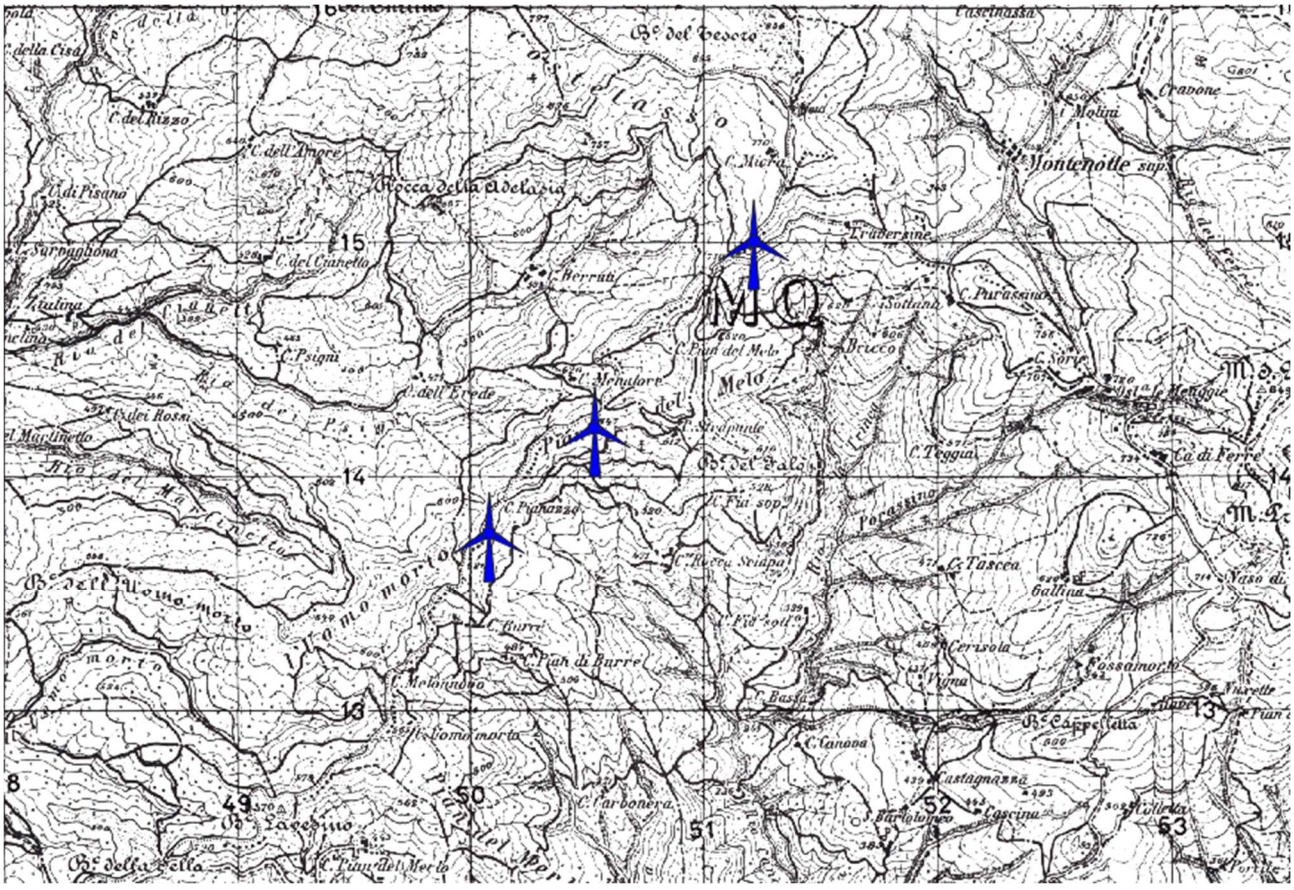



*Figura 2: Elab. 1.2 Inquadramento su IGM - Estratto.*

## 1.3. Localizzazione e caratteristiche del sito

Al fine di individuare un sito idoneo ad accogliere un parco eolico è necessario effettuare un'analisi dettagliata che possa fornire indicazioni atte a tale scopo. Quest'ultima si basa sull'analisi preliminare di alcuni aspetti strategici quali:

- disponibilità della risorsa eolica;
- accessibilità del sito;
- possibilità di allacciamento alla rete elettrica;
- sostenibilità ambientale.

Il fattore chiave per la scelta dell'area in cui realizzare un parco eolico è la risorsa vento la cui presenza incide direttamente sulla producibilità dell'impianto.

Come primo approccio, per conoscere le caratteristiche di ventosità di un'area si possono utilizzare i vari file metereologici reperibili sul web, ma una volta ristretta la zona di interesse è indispensabile effettuare una campagna anemometrica in campo attraverso l'installazione di anemometri che siano in grado di registrare, oltre alla velocità del vento, anche la sua direzione ed intensità per una durata pari ad almeno un anno.

Una dettagliata conoscenza delle caratteristiche anemologiche dell'area in esame consente di realizzare un corretto layout di impianto e di scegliere macchine adeguate alle caratteristiche di ventosità del luogo.

La presenza di una viabilità adeguata a raggiungere l'area di intervento è indispensabile se si considera che gli aerogeneratori sono costituiti da componenti di notevole ingombro per la cui movimentazione è necessario un trasporto di tipo eccezionale.

L'allaccio alla rete elettrica nazionale di un impianto di produzione richiede la realizzazione di cavidotti il cui costo può influenzare la fattibilità economica del progetto e comporta una notevole dilatazione dei tempi di progettazione e realizzazione dell'impianto.

Infine, per quanto riguarda l'impatto sulla componente ambientale, è necessaria la predisposizione di un'apposita relazione specialistica che metta in luce tutte le criticità connesse alla realizzazione dell'impianto.

L'area di intervento è situata ad una quota che varia da 600 a 750 m.s.l.m., e si sviluppa per una lunghezza complessiva di circa 1700 metri in linea d'aria a cavallo tra i comuni di Savona e Cairo Montenotte.

## 1.4. Accessibilità al sito

Nel valutare la bontà di un percorso si deve ricordare che, essendo il trasporto dei componenti costituenti un aerogeneratore classificato come eccezionale, si utilizzano mezzi pesanti muniti di rimorchio con ruote sterzanti e opportunamente scortati durante il loro transito.

Viste le dimensioni degli autocarri, per l'accesso all'area di cantiere è indispensabile individuare una via con pendenza e larghezza opportune e che non presenta curve con raggi troppo stretti.

La viabilità è un fattore limitante alla realizzazione di tali impianti e, in molti casi, risultano necessari interventi di adeguamento della viabilità esistente o la realizzazione di nuove piste di accesso.

Nel caso di studio i sopralluoghi condotti e le indagini cartografiche hanno permesso di verificare che l'area di intervento risulta ben servita dalla viabilità ordinaria asfaltata.

Viene di seguito riportato il tragitto che può essere percorso dai mezzi pesanti per raggiungere le aree di cantiere.

### 1.4.1. Percorso per i mezzi pesanti

Il percorso prevede che gli autotreni percorrono l'Autostrada A6 Torino-Savona fino all'altezza del casello di Altare (SV) dove uscendo raggiungono l'omonimo Comune.

Oltrepassato il casello autostradale, i mezzi pesanti attraversano il centro abitato del Comune di Altare (SV) percorrendo, in ordine progressivo, Via G. Matteotti, Via XXV Aprile, Via Giuseppe Cesio e Via 24 Dicembre per poi imboccare la Strada Provinciale 12 (Via Montenotte) che conduce al punto di installazione delle macchine.

Di seguito si riporta un estratto dell'atlante stradale dove viene evidenziato con una linea rossa il percorso appena descritto, con dei cerchi di colore blu i tornanti più impegnativi (con raggio inferiore ai 25 metri) che i mezzi incontrano lungo il tragitto e con un cerchio di colore verde l'area di manovra per i mezzi pesanti che devono raggiungere la piazzola n.1.

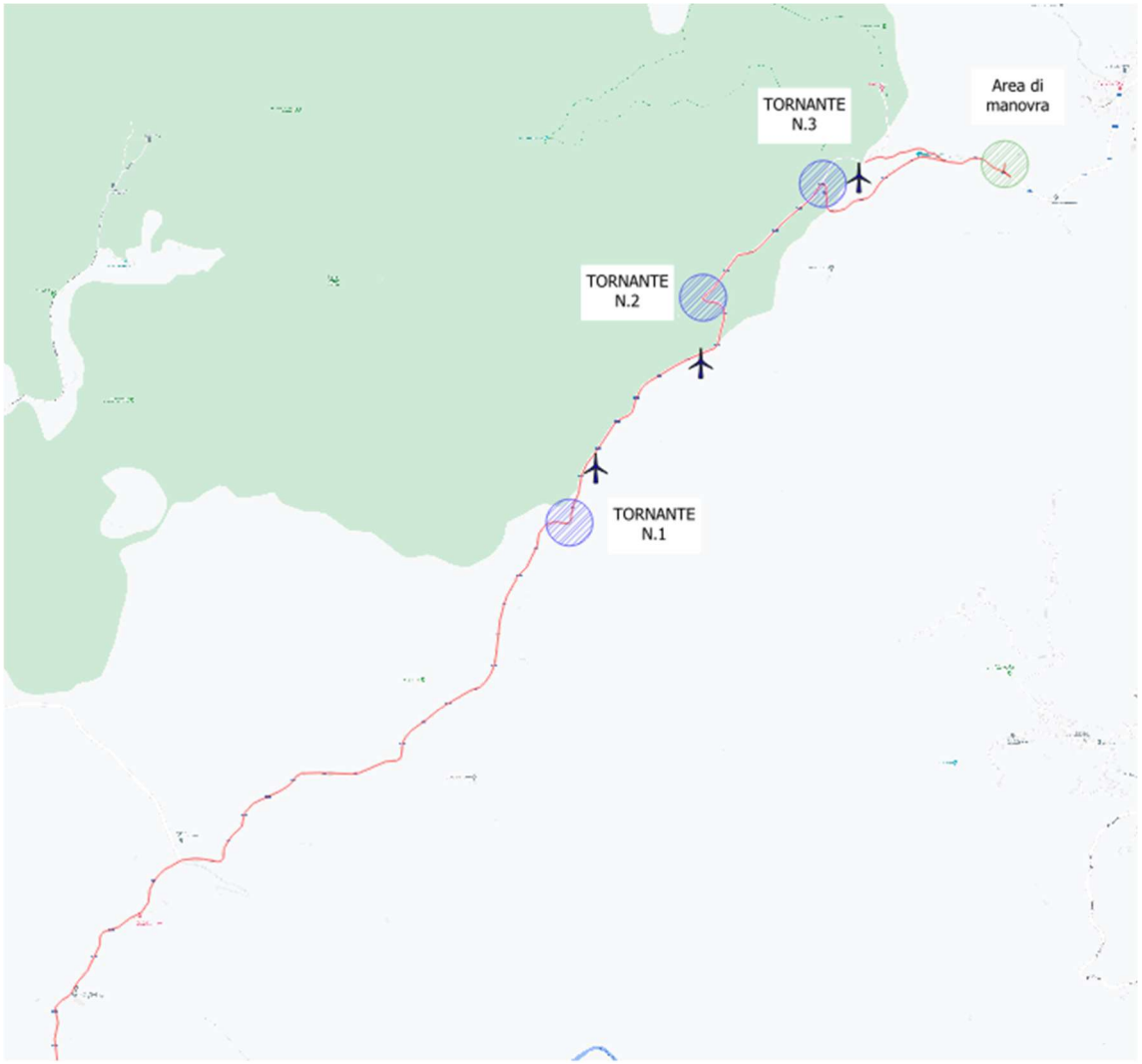



*Figura 3: Stralcio viabilità.*

Lungo il percorso non sono state riscontrate particolari criticità se non quelle dovute alla presenza di alcuni tornanti con raggi di curvatura stretti ma che possono essere comunque superati in modo agevole.

Vengono di seguito riportati i tre punti critici individuati durante il percorso.

Il tornante N.1 deve essere affrontano dai mezzi che trasportano i pezzi per la realizzazione di tutti e tre gli aerogeneratori. I tornanti N.2 e N.3 invece, sono delle limitazioni ai mezzi pesanti che trasportano la componentistica per l'installazione dell'aerogeneratore "WTG01".

#### *1.4.1.1. Tornante N.1*

Il tornante N.1 si trova lungo la strada SP12, Via Montenotte e presenta un raggio di curvatura esterno di 18 metri. La strada ha una larghezza di circa 7 metri; di conseguenza non si prevedono particolari difficoltà per il transito degli autotreni. In questo punto non si prevedono interventi di adeguamento alla viabilità.



*Figura 4: Ortofoto Tornante N.1.*

#### *1.4.1.2. Tornante N.2*

Il tornante N.2 si trova sulla strada SP12, Via Montenotte. Esso presenta un raggio di curvatura esterno di 16 metri mentre la strada ha una larghezza di circa 9 metri. Il ristretto raggio del tornante implica delle limitazioni alla manovra dei mezzi articolati. In corrispondenza di tale punto è tuttavia presente un piazzale di larghezza sufficiente per essere sfruttato come area di manovra. Data la presenza di tale spazio, non si prevedono interventi di adeguamento alla viabilità esistente.



*Figura 5: Ortofoto Tornante N.2.*

#### *1.4.1.3. Tornante N.3*

Il tornante N.3 si trova anch'esso sulla strada SP12 e presenta un raggio di curvatura esterno di 16 metri con la strada larga circa 9 metri. Anche in questo caso la ristretta curvatura causa alcune limitazioni alla manovra degli autotreni. Questo tornante, come nel caso precedente, presenta all'esterno della curva un piazzale sufficientemente ampio per essere sfruttato come area di manovra per le operazioni utili al transito dei mezzi. Data la presenza dell'area di manovra, non si prevedono interventi di adeguamento alla viabilità esistente.



*Figura 6: Ortofoto Tornante N.3.*

Dall'analisi preliminare risulta che il percorso proposto è idoneo per il trasporto delle componentistiche fino al punto di installazione degli aerogeneratori "WTG02" e "WTG03". Per quando riguarda la "WTG01" è necessaria la sistemazione di una pista sterrata già presente a catasto per poter raggiungere l'area di lavoro.

Per una descrizione più dettagliata e approfondita dell'accessibilità al sito si faccia riferimento al documento denominato "Report di viabilità" allegato alla seguente relazione.

## 1.5. Geologica

L'area interessata dagli interventi in progetto si trova lungo un crinale che rappresenta lo spartiacque tra il bacino del Torrente Letimbro a sudest e il bacino del Torrente Bormida di Spigno a nordovest.

Si tratta di un crinale con linea di cresta arrotondata, colonizzato dal bosco e caratterizzato da uno strato superficiale di depositi eterogranulari grossolani. Il substrato roccioso è costituito dai Conglomerati della Formazione oligocenica di Molare – Bacino Terziario Piemontese.

Durante i sopralluoghi, conseguenza del fatto che le tre macchine sono ubicate su dei dossi-crinali, non è emersa la presenza di zone di ristagno idrico superficiale e/o di interferenze con reticoli di deflusso. In particolare, le piazzole 2 e 3 sono completamente asciutte e ben drenate mentre la piazzola 1 evidenzia locali tracce di ruscellamento superficiale.

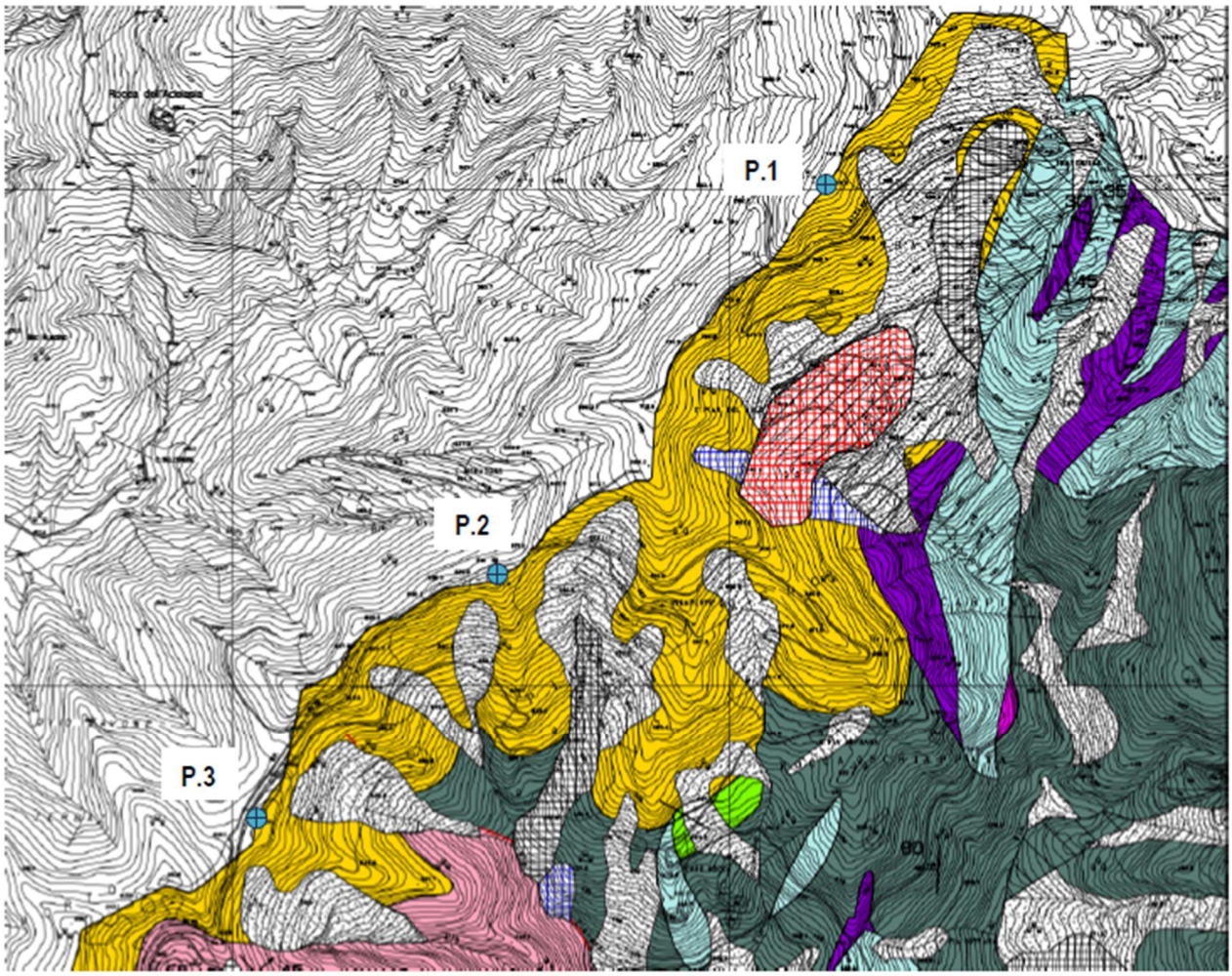



*Figura 7: Carta Geologica con elementi di tettonica – Tavola DF G.7.2. del PUC di Savona.*

### 1.5.1. Piazzola 1

Viene posizionata in un'area stabile in corrispondenza di un ampio dosso boscato caratterizzato da un continuo strato superficiale di materiali formati da ciottoli ben arrotondati e ghiaie in matrice sabbiosa.

Per raggiungere la prevista profondità di imposta è necessario realizzare uno scavo di sbancamento con una profondità media di 1,5 metri per un volume complessivo di terreno sbancato di circa 12.848 m3. Il progetto prevede anche il riporto di circa 20.425 m3 di terreno proveniente dagli scavi di sbancamento necessari per la realizzazione delle piazzole 2 e 3 che verrà posato lungo entrambi i versanti del dosso.

### 1.5.2. Piazzola 2

È suddivisa in due parti distinte posizionate nelle immediate vicinanze o a ridosso della strada provinciale.

La piazzola inferiore viene realizzata mediante il completo sbancamento di un dosso arrotondato interamente boscato e caratterizzato da uno strato superficiale di depositi incoerenti formati da terreni eterogranulari grossolani con ghiaie e ciottoli ben arrotondati immersi in abbondante matrice sabbioso-limosa.

Per raggiungere le previste profondità di imposta, posta circa a quota strada, è necessario uno sbancamento di circa 10.180 m3. È previsto il riporto di 852 m3 di terreno proveniente dallo scavo che viene posato in corrispondenza di una piccola conca sul lato NE.

La piazzola superiore viene realizzata, con forma allungata, utilizzando entrambi i lati della strada provinciale. Sul lato di monte è necessario realizzare uno sbancamento di circa 1.834 m3 con formazione di scarpate. Sul lato di valle della strada viene creato un terrapieno in riporto di circa 2.574 m3 posando il terreno lungo una scarpata caratterizzata da una ridotta pendenza media.

### 1.5.3. Piazzola 3

È suddivisa in due parti distinte posizionate nelle immediate vicinanze o a ridosso della strada provinciale.

La piazzola inferiore viene realizzata mediante il completo sbancamento di un dosso arrotondato interamente boscato e caratterizzato da uno strato superficiale di depositi incoerenti formati da terreni eterogranulari grossolani con ghiaie e ciottoli ben arrotondati immersi in abbondante matrice sabbioso-limosa.

Per raggiungere le previste profondità di imposta, posta circa a quota strada, è necessario uno sbancamento di circa 15.057 m3. È previsto il riporto di 2.007 m3 di terreno proveniente dallo scavo che viene posato in corrispondenza di una piccola conca sul lato NE.

La piazzola superiore viene realizzata, con forma allungata, utilizzando entrambi i lati della strada provinciale dove è prevista la creazione di un terrapieno in riporto utilizzando circa 7.410 m3 del materiale proveniente dallo scavo della piazzola inferiore. In corrispondenza del lato NW è solamente previsto un ridotto allargamento dell'attuale piattaforma stradale mentre sul lato SE viene creato un terrapieno di spessore massimo di circa 3 metri.

### 1.5.4. Pista di accesso alla Piazzola 1

Per raggiungere la piazzola n.1 è prevista la sistemazione di una pista forestale di lunghezza pari a circa 370 m e dislivello di circa 40 m in gran parte già esistente che, partendo dalla strada provinciale in località

Traversine, risale a mezza costa il versante meridionale di Prato della Chiesa e raggiunge il crinale su cui viene realizzato l'aerogeneratore.

Dal punto di vista geologico, il tracciato attraversa un versante a media pendenza quasi interamente ricoperto da terreni di copertura formati da coltri detritiche ed eluvio colluviali di spessore variabile. Il substrato roccioso è costituito da conglomerati poligenici con ciottoli di varie dimensioni appartenenti della "Formazione di Molare".

Gli scavi e riporti che interessano la sistemazione della pista sono pari rispettivamente a 1.157 m3 e 5.966 m3. Il terreno necessario viene prelevato dalla realizzazione delle piazzole 2 e 3.

Per la realizzazione dell'opera qui descritta, si devono prevedere ed adottare delle specifiche cautele di carattere geologico esaminate di seguito.

- Scavo e riporto con stabilizzazione delle scarpate. Questa tipologia d'intervento viene adottata in gran parte del tracciato laddove la pendenza del versante non rende necessario l'utilizzo di opere di sostegno. La tipologia proposta prevede di disporre a sostegno della base delle scarpate i massi di proporzioni maggiori rinvenuti in fase di scavo, con formazione di una "scogliera" che permette di formare un solido gradino di imposta per il materiale di riporto.

- Scogliere in pietrame. La tipologia prevista viene adottata per il sostegno delle scarpate di controripa in situazioni in cui l'elevata pendenza del versante non consente la realizzazione dello scavo e riporto in condizioni di stabilità. La scogliera deve essere costruita secondo le sagome di progetto, sovrapponendo per strati massi di grosse dimensioni fino a raggiungere l'altezza desiderata. Si deve procedere con la disposizione dei massi di dimensioni maggiori in basso, collocandoli con la dimensione maggiore perpendicolare alla linea di versante. Inoltre, al fine di ottenere il maggior grado di impaccamento possibile e la massima stabilità, si devono alternare massi di dimensioni maggiori con massi di dimensioni minori.

- Palificata doppia. In alternativa alla scogliera, nel caso in cui fosse più semplice reperire materiale legnoso, si possono utilizzare palificate doppie a sostegno delle scarpate della pista.

- Sedime della strada e regimazione acque di piattaforma. Il fondo della pista viene realizzato con il terreno naturale presente in posto. La pista deve avere un'inclinazione uniforme verso valle al fine di consentire il flusso delle acque pluviali evitando il loro accumulo. Lungo la sede stradale vengono posizionate delle canalette disposte trasversalmente all'asse della pista al termine delle quali viene realizzato un ampio buco nel terreno per favorire i fenomeni di "infiltrazione laminata" senza formazione di erosioni di fondo.

## 1.6. Forestale

La superficie forestale interessata dal progetto in esame è rappresentata da aree boscate trasformate per la realizzazione delle piazzole di montaggio e superfici boscate trasformate durante i lavori di adeguamento della viabilità esistente e di apertura di nuovi tratti di viabilità.

Per l'analisi della tipologia di soprassuolo si è fatto riferimento alla Carta d'uso del suolo e alla Carta di tipi forestali, entrambe reperibili sul geo-portale della Regione Liguria.

Il territorio interessato dal progetto in esame rientra prevalentemente nella categoria forestale delle Faggete; in particolare, la maggior parte degli interventi si inquadra come tipo forestale codificato FA20X (Faggeto mesotrofica).

La pista di accesso, che viene realizzata adeguando in parte una pista forestale esistente, costituisce un'eccezione perché interessa un soprassuolo forestale caratterizzato dalla presenza di Castagneti acidofili (Tipo forestale CA30X).

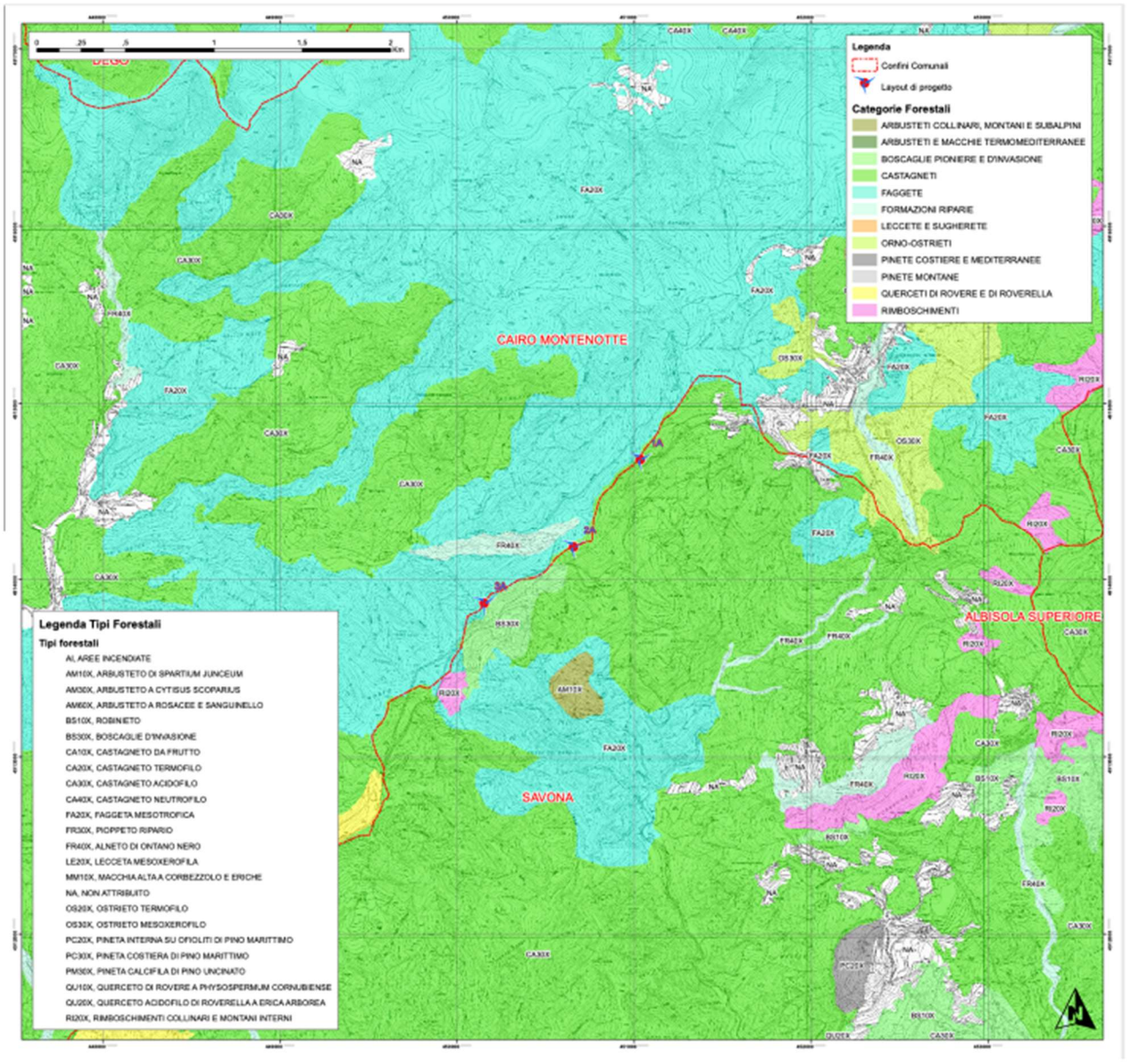



*Figura 8: Carta dei tipi forestali.*

Il presente progetto prevede la trasformazione di circa 17.150 m2 di superficie boscata ripartiti in 12.850 m2 per la realizzazione delle piazzole per il montaggio degli aerogeneratori e 4.300 m2 per l'adeguamento e apertura di nuova viabilità. Si è quindi provveduto ad effettuare un'analisi con l'obiettivo di valutare

l'effettivo impatto dato dalla perdita delle superfici boscate sulla macroarea costituita dai Comuni di Cairo Montenotte e Savona.

Considerando i dati della cartografia relativa ai Tipi Forestali della Regione Liguria, la superficie delle faggete nel Comune di Savona risulta essere pari a 111 ha e 1.258 ha nel Comune di Cairo Montenotte.

La superficie boscata trasformata per realizzare l'impianto eolico in progetto risulta essere pari allo 0,12 % della superficie complessiva delle faggete.

In ragione di queste considerazioni si può ragionevolmente considerare insignificante l'impatto dell'intervento sulle componenti forestali della macroarea rappresentata dai territori dei Comuni di Cairo Montenotte e Savona.

### 1.6.1. Opere di mitigazione

Le opere di mitigazione non prevedono il rimboschimento delle aree utilizzate per il montaggio delle piazzole oggetto di ripristino, bensì la ricostituzione del primo strato di suolo mediante la stesura del materiale umico precedentemente accantonato e la semina del prato polifita.

Questa scelta progettuale mira alla mitigazione degli impatti dell'opera proponendo la costituzione di un habitat (il prato) al margine di aree boscate. Ciò potrebbe, in alcuni siti favorevoli, rivelarsi efficace a creare condizioni favorevoli all'incremento puntuale di biodiversità delle aree oggetto di ripristino grazie all'alternanza di aree boscate, zone ecotonali e prati permanenti.

In fase di esercizio non si segnalano particolari interferenze fra il funzionamento dell'impianto e la conservazione della vegetazione esistente.

### 1.6.2. Opere di compensazione

Le opere di compensazione proposte sono duplici:

1. Per la trasformazione del bosco in altra destinazione d'uso, si propone la compensazione monetaria basata, su base volontaria, sulle norme in vigore in Regione Piemonte considerando il "vuoto normativo" riguardante le modalità per definire le quote dovute a titolo di compensazione in Regione Liguria.
2. Si propone di destinare una quota del fatturato derivante dall'esercizio dell'impianto (da definire con apposita convenzione) a vantaggio degli Enti Gestori delle Aree protette limitrofe all'area sede del progetto. Tali risorse avrebbero lo scopo di incrementare il valore naturalistico di tali aree finanziando interventi mirati alla conservazione degli habitat di maggior pregio o permettendo il potenziamento dell'attrattività turistica con la creazione di percorsi ed itinerari didattici che guidino i fruitori alla scoperta dell'Area tutelata.

## 1.7. Acustica

Il rumore emesso da una centrale eolica è uno dei principali svantaggi che le persone indicano nell'utilizzo di tale tecnologia. Un aerogeneratore, durante le condizioni di normale funzionamento, produce rumore a causa di due fattori:

- l'interazione tra le pale e l'aria circostante. Tale rumore viene minimizzato in fase di progettazione e costruzione delle pale;
- il funzionamento del moltiplicatore di giri e il generatore elettrico. Anche in questo caso, il miglioramento della tecnologia e l'utilizzo di pannelli fonoassorbenti ha circoscritto il rumore solamente nelle vicinanze della navicella.

Se ben progettata, ai possibili ricettori, il rumore di un aerogeneratore non risulta distinguibile dal rumore di fondo esterno. Inoltre, all'aumentare della velocità del vento, il rumore viene mascherato in maniera ancora migliore.

La potenza sonora dichiarata dal costruttore della macchina Vestas è pari a 103,9 dB. Tale valore corrisponde al livello massimo raggiungibile alla massima velocità del vento ammessa per il funzionamento della macchina. Noto il valore di potenza sonora, la direttività Q e il tipo di propagazione è possibile ottenere il valore della pressione sonora ad una certa distanza, che nel caso riportato è stata considerata di 1 metro.

Nel caso specifico, ad un livello di potenza sonora pari a 103,9 dB corrisponde, con le ipotesi fatte, un livello di pressione sonora pari a 98,9 dB.

Nel proseguo dell'analisi si è considerato il livello della potenza sonora anziché il relativo livello di pressione sonora per rimanere in un'ipotesi cautelativa.







Nelle tavole sopra riportate sono indicati i punti di misura selezionati per la valutazione previsionale di impatto acustico.

L'attività valutata è inserita in un contesto ambientale appartenente alle classi II e III nei Comuni di Savona e Cairo Montenotte. In particolare, il recettore 1 corrisponde ad un edificio in classe III mentre il ricettore 2 corrisponde all'abitato di Pian del Melo in classe II.

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

### 1.7.1. Livelli di rumore esistenti in zona prima dell'intervento e valutazione del disturbo

Il primo passo è stato quello di eseguire un rilievo dei livelli residui nei punti di misura prescelti.

Le misure effettuate, riportate nella tabella di seguito, sono state eseguite sia nel periodo diurno che in quello notturno in orario di riferimento cautelativo per una durata di 10 minuti.

| **Rilievi fonometrici Punto di misura 1** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ora | 05.00 – 06.00 | 06.00 – 07.00 | 21.00 – 22.00 | 22.00 – 23.00 |
| LeqA | 46,5 | 48,0 | 46,0 | 46,0 |

| **Rilievi fonometrici Punto di misura 2** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ora | 05.00 – 06.00 | 06.00 – 07.00 | 21.00 – 22.00 | 22.00 – 23.00 |
| LeqA | 45,0 | 46,0 | 45,0 | 44,5 |

A partire da questi valori, conoscendo i livelli dovuti alle singole fonti di rumore specifiche per l'attività in oggetto, è possibile eseguire una valutazione previsionale di impatto acustico sui ricettori più esposti.

La diagnostica della rumorosità viene effettuata con un sistema ibrido costituito da una modellazione numerica della propagazione del rumore verificato e tarato mediante congruo numero di rilievi strumentali "intelligenti", eseguiti cioè con lo scopo di raccogliere dati per la modellazione.

Partendo dai dati raccolti tramite una campagna di misurazione del clima acustico dello stato zero nei punti prescelti, si è provveduto a valutare la variazione di livello determinata dalla presenza in zona del nuovo impianto di produzione di energia elettrica.

Il modello previsionale adottato per questo studio è quello delle "sorgenti puntiformi".

Una sorgente può essere considerata puntiforme se le sue dimensioni sono piccole rispetto alla sua distanza dal ricevitore. Tale sorgente, in campo libero, produce onde sonore sferiche la cui intensità sonora alla distanza r può essere calcolata come segue:

$$I = \frac{W}{S} = \frac{W}{4 \times \pi \times r^2}$$

Il livello di intensità sonora alla distanza r dalla sorgente sarà pari a:

$$L_R = L_W - 11 - 20 \times \log r$$

Per la valutazione del livello di rumore prodotto da una sorgente in un punto ad una certa distanza da essa, si è partiti dal livello di potenza della sorgente alla quale si è sottratta "l'attenuazione complessiva".

In linea generale, noto il livello di intensità sonora $L_S$ della sorgente il corrispondente livello $L_R$ in corrispondenza di un qualunque ricettore è ricavabile dalla seguente relazione:

$$L_R = L_S - (A_d + A_a + A_t + A_b)$$

In campo libero, all'attenuazione che si produce all'aumentare della distanza tra sorgente e ricevitore si aggiungono molteplici attenuazioni dovute alle diverse condizioni ambientali elencate di seguito:

- effetto del suolo;
- assorbimento atmosferico;
- effetto della vegetazione;
- impedenza acustica dell'aria;
- condizioni meteorologiche;
- presenza di ostacoli.

#### 1.7.1.1. *Effetto del suolo*

L'attenuazione dovuta all'effetto del suolo è principalmente il risultato dell'interferenza fra il suono riflesso dalla superficie del suolo ed il suono che si propaga direttamente dalla sorgente verso il ricettore.

Tale fenomeno è funzione sia delle caratteristiche del terreno sia delle condizioni meteorologiche che modificano la curvatura dei raggi sonori. Anche per l'effetto suolo vengono quindi definite due tipologie di calcolo: una per le condizioni omogenee e l'altra per le condizioni favorevoli di propagazione.

Ai fini del calcolo, l'assorbimento del suolo è rappresentato da un coefficiente adimensionale G che varia tra 0 (terreno riflettente) e 1 (terreno assorbente). Nel caso di condizioni di propagazione favorevoli, i raggi sonori sono incurvati verso il suolo e, di conseguenza, l'effetto di quest'ultimo è essenzialmente condizionato dalla natura del terreno nelle vicinanze della sorgente e del ricettore. Solamente in caso di grandi distanze tra la sorgente e il ricettore occorre tener conto dei possibili "rimbalzi" delle onde sonore sul terreno. Pertanto, in caso di condizioni favorevoli, si deve fissare un coefficiente del suolo G diverso per la zona in vicinanza della sorgente, sulla zona intermedia e in vicinanza del ricettore.

#### 1.7.1.2. *Attenuazione per assorbimento atmosferico*

È calcolata secondo la formula di seguito riportata.

$$A_{atm} = \alpha \times \frac{d}{1000}$$

#### 1.7.1.3. *Effetto della vegetazione*

La vegetazione riduce l'inquinamento acustico attenuando il suono e riducendo l'intensità.

Le attenuazioni considerate nel caso specifico sono due $A_d$ (attenuazione dovuta alla distanza) e $A_t$ (attenuazione complessiva dovuta a tutte le altre componenti attenuative).

$$A_d = 20 \times \log \frac{r_2}{r_1}$$

$$A_t = 20$$

Di seguito vengono riportati gli esiti della valutazione previsionale eseguita dai quali si può dedurre il rispetto dei limiti stabiliti dalla normativa vigente. Per maggiori dettagli si faccia riferimento all'Allegato 1 della "Rel. 06 -Studio di fattibilità acustica".

| ***Stima impatto acustico*** | | | |
|---|---|---|---|
| **Punto di misura** | **Leq residuo** | **Leq Ambientale** | **Differenziale** |
| Recettore 1 diurno | 47,1 | 47,2 | 0,1 |
| Recettore 1 notturno | 46,3 | 46,4 | 0,1 |
| Recettore 2 diurno | 45,5 | 46,0 | 0,5 |
| Recettore 2 notturno | 44,8 | 45,4 | 0,6 |

In relazione alle ipotesi cautelative effettuate, dai calcoli eseguiti 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.

## 1.8. Paesaggistica

Gli elementi che principalmente concorrono all'impatto visivo di un impianto eolico sono di natura dimensionale (l'altezza delle torri, il diametro del rotore, la distanza tra gli aereogeneratori, l'estensione dell'impianto), quantitativa (ad esempio il numero delle pale e degli aereogeneratori) e formale (la forma delle torri piuttosto che la configurazione planimetrica dell'impianto) senza dimenticare gli impatti visivi generati dal colore, dalla velocità di rotazione delle pale, nonché dagli elementi accessori all'impianto (vie d'accesso, rete elettrica di collegamento, cabine di trasformazione, etc.).

L'impatto visivo prodotto dall'aerogeneratore dipende dalle sue caratteristiche dimensionali congiuntamente alla sua ubicazione in relazione a quei luoghi in cui si concentrano potenziali nuclei di osservatori.

Durante le fasi di costruzione e smantellamento, la presenza di macchinari produce un impatto paesaggistico reversibile e limitato nel tempo derivante dalla perdita di naturalità dell'area con la conseguente diminuzione della sua qualità visiva.

Durante la fase di funzionamento, l'aerogeneratore può venire percepito come un'intrusione nel paesaggio, ma qualsiasi opera che alteri le caratteristiche originarie del paesaggio genera maggiore o minore impatto visivo in funzione della topografia, delle condizioni meteorologiche, dell'antropizzazione del territorio e del contesto in cui si inserisce.

Per minimizzare l'impatto visivo a breve raggio si ha cura di ricoprire la fondazione con il terreno di risulta degli scavi e ripristinare così sia la porzione di area utilizzata per il montaggio che quella della fondazione ripristinando le aree prative dove erano e, nel caso delle aree boscate, reintroducendo anche essenze locali per facilitare il rimboschimento. In questo modo l'osservatore vede esclusivamente la torre "sbucare" dal suolo.

L'aspetto relativo all'impatto visivo nella macroarea deve essere analizzato con estrema cura mediante l'utilizzo di software dedicati che consentono visualizzazioni tridimensionali del territorio modificato con l'inserimento delle turbine eoliche.

### 1.8.1. Definizione del bacino visivo

La presenza di altri parchi eolici nelle vicinanze di quello in esame ha reso necessari specifici approfondimenti in merito ad eventuali impatti cumulativi delle opere nei confronti delle componenti ambientali ad essi soggette quali la flora, la fauna ed il paesaggio. Altri impatti cumulativi possono essere riferibili all'inquinamento acustico eventualmente prodotto dalla rotazione delle pale.

L'impianto in progetto è localizzato su un crinale caratterizzato dalla presenza di vegetazione prevalente ad alto fusto. All'intorno altri parchi eolici così identificati:

- Il Parco eolico Bric Surite costituito da 6 aerogeneratori in corso di istruttoria a circa 3 km a sud dell'impianto di progetto;

- Il Parco eolico Monte Baraccone costituito da 5 aerogeneratori, già realizzato circa 6 km a sud dell'impianto in progetto,
- Il Parco Eolico Surite del Cuculo costituito da 2 aerogeneratori, già realizzato circa 2 km a sud dell'impianto in progetto;
- Il Parco eolico Monte San Giorgio costituito da 4 aerogeneratori, realizzato a circa 1 km a est dall'impianto in progetto;
- Il Parco Eolico Naso di Gatto – Monte Negino costituito da 2 aerogeneratori, in corso di realizzazione a est dell'impianto in progetto;
- Il Parco eolico Cascinassa costituito da 5 aerogeneratori, realizzato a circa 1 km a nord est dall'impianto in progetto;
- Il Parco eolico Cima della Biscia costituito da 6 aerogeneratori, realizzato a nord est dall'impianto in progetto;
- Il Parco eolico Monte Greppino costituito da 6 aerogeneratori, realizzato a nord est dall'impianto in progetto.

Il territorio circostante non è insediato o è caratterizzato da radi segni di presenza antropica di tipo rurale. I versanti sono prevalentemente ricoperti da vegetazione salvo sporadiche pareti rocciose.

Le vallate e le zone a quote più basse di quelle interessate dagli impianti hanno vegetazione prevalente ad alto fusto al fine della produzione di legname da opera e da ardere.

### 1.8.2. Ambito di influenza potenziale

L'area d'influenza potenziale dell'intervento proposto rappresenta l'estensione massima di territorio entro cui, allontanandosi gradualmente dalle opere progettate, gli effetti sul paesaggio e l'ambiente si affievoliscono fino a diventare inavvertibili.

La distanza di visibilità di un impianto eolico rappresenta la massima distanza espressa in km da cui è possibile vedere un aerogeneratore di data altezza. L'altezza effettiva da considerare è evidentemente rappresentata dalla lunghezza del raggio del rotore sommata a quella della struttura fino al mozzo. Le Linee guida per la valutazione paesaggistica degli impianti eolici suggeriscono come il limite di visibilità teorico debba essere considerato pari a 20 km.

Il potere risolutivo dell'occhio umano ad una distanza di 20 km è di circa 5,8 m, il che significa che, a tale distanza, sono visibili oggetti delle dimensioni maggiori di circa 6 m. Considerato che il diametro della struttura in corrispondenza della navicella generalmente non supera i 3 m, si può ritenere cha a 20 km l'aerogeneratore abbia una scarsa visibilità ad occhio nudo e conseguentemente che l'impatto visivo prodotto sia sensibilmente ridotto. Tali considerazioni vengono riferite a parchi eolici posti in zone di pianura dove il territorio non presenta ostacoli morfologici alla visibilità degli interventi. Nel caso in oggetto, l'impianto eolico si colloca su un crinale; in tale territorio la morfologia si presenta complessa con numerosi colli che in parte precludono la visibilità dell'intervento.

### 1.8.3. Previsione degli effetti delle trasformazioni dal punto di vista paesaggistico

Di seguito sono riportate le previsioni potenziali connesse alla realizzazione dell'impianto in oggetto, distinguendo tra quelle in fase di cantiere e quelle in fase di esercizio.

#### *1.8.3.1. Impatto in fase di cantiere*

In fase di cantiere le attività di costruzione dell'impianto eolico determinano le seguenti azioni di progetto:

- occupazione dell'area di cantiere e relativo accesso;
- accesso alla piazzola per le attività di trasporto e loro predisposizione;
- realizzazione delle fondazioni e montaggio dell'aerogeneratore;
- scavi e riporti per la realizzazione della piazzola.

Sulla base degli interventi previsti si ritiene che la realizzazione dell'impianto eolico sia individuabile nell'interferenza legata all'intrusione sui caratteri strutturali e visuali del paesaggio che corrispondono con l'eliminazione dell'area boscata nei pressi della piazzola-aerogeneratore durante la fase di cantiere e all'introduzione dei nuovi manufatti (aerogeneratore, cabina di consegna, e pista di accesso). L'impatto in fase di cantiere risulta concentrato nella zona di lavoro fino alla completa erezione della torre mentre è molto limitato per la realizzazione della connessione elettrica. Si tratta comunque di un impatto di livello basso, temporaneo e reversibile.

#### *1.8.3.2. Impatti in fase di esercizio*

Per la tipologia delle opere progettuali in oggetto, la fase di esercizio è quella che presenta le maggiori problematiche poiché qualora si dovessero verificare degli impatti sul paesaggio, questi saranno permanenti. In riferimento agli interventi in oggetto, in fase di esercizio le azioni progettuali che possono generare impatti sono:

- occupazione permanente di suolo;
- realizzazione di elementi in verticale ad elevata visibilità;
- alterazione della copertura vegetata e della morfologia dei versanti;

Da esse possono derivare interferenze ambientali significative sui caratteri strutturali e visuali del paesaggio per l'inserimento dell'opera nel contesto paesaggistico e sulla fruizione del paesaggio per l'alterazione dei rapporti tra le unità visuali.

Il territorio circostante un impianto eolico può essere suddiviso in tre aree a differente classificazione dal punto di vista percettivo:

- fascia di totale dominanza visuale del manufatto che ha un raggio di circa 100 m, in cui la presenza degli aerogeneratori risulta incombente;
- fascia di dominanza visuale che si estende fino a circa 1-2 km, in cui gli aerogeneratori dominano le viste, ma risultano meno incombenti;
- fascia di presenza visuale che si può estendere anche fino a decine di chilometri di distanza dal parco eolico. In tale fascia, però, gli elementi progettuali occupano solo una parte del campo visivo dell'osservatore e perdono progressivamente d'importanza all'aumentare della distanza.

### 1.8.4. Valutazione degli impatti nel contesto territoriale di intervento

La visibilità dell'impianto eolico in progetto è stata analizzata in un'area di raggio pari a 20 km dall'aerogeneratore in modo da includere nella valutazione i principali centri abitati circostanti oltre che

visuali panoramiche di media e ampia distanza. Tale distanza di analisi è da ritenersi sufficientemente rappresentativa delle condizioni di effettiva percettibilità degli aerogeneratori come anche evidenziato nel documento MIBAC che riporta come la visibilità di un impianto eolico oltre i 15 km di distanza è da ritenersi molto limitata.

La valutazione dell'intervisibilità teorica nel raggio di 20 km è stata condotta utilizzando i dati altimetrici rilasciati da CGIAR-CSI "Consortium for Spatial Information". Tali informazioni sono state interpolate al fine di ottenere un modello digitale del terreno attraverso l'impiego del software Esri Arcgis 10.0. Si è quindi condotta l'analisi "Viewshed" considerando il punto di vista di un osservatore convenzionale il cui sguardo è collocato a 1,60 metri da terra.

Nella figura seguente è riportato un estratto della mappa di intervisibilità teorica dell'impianto così realizzata. La mappa è riportata inoltre più dettagliatamente nella Tavola "Tav. 20 - Carta dell'intervisibilità teorica" allegata al progetto.

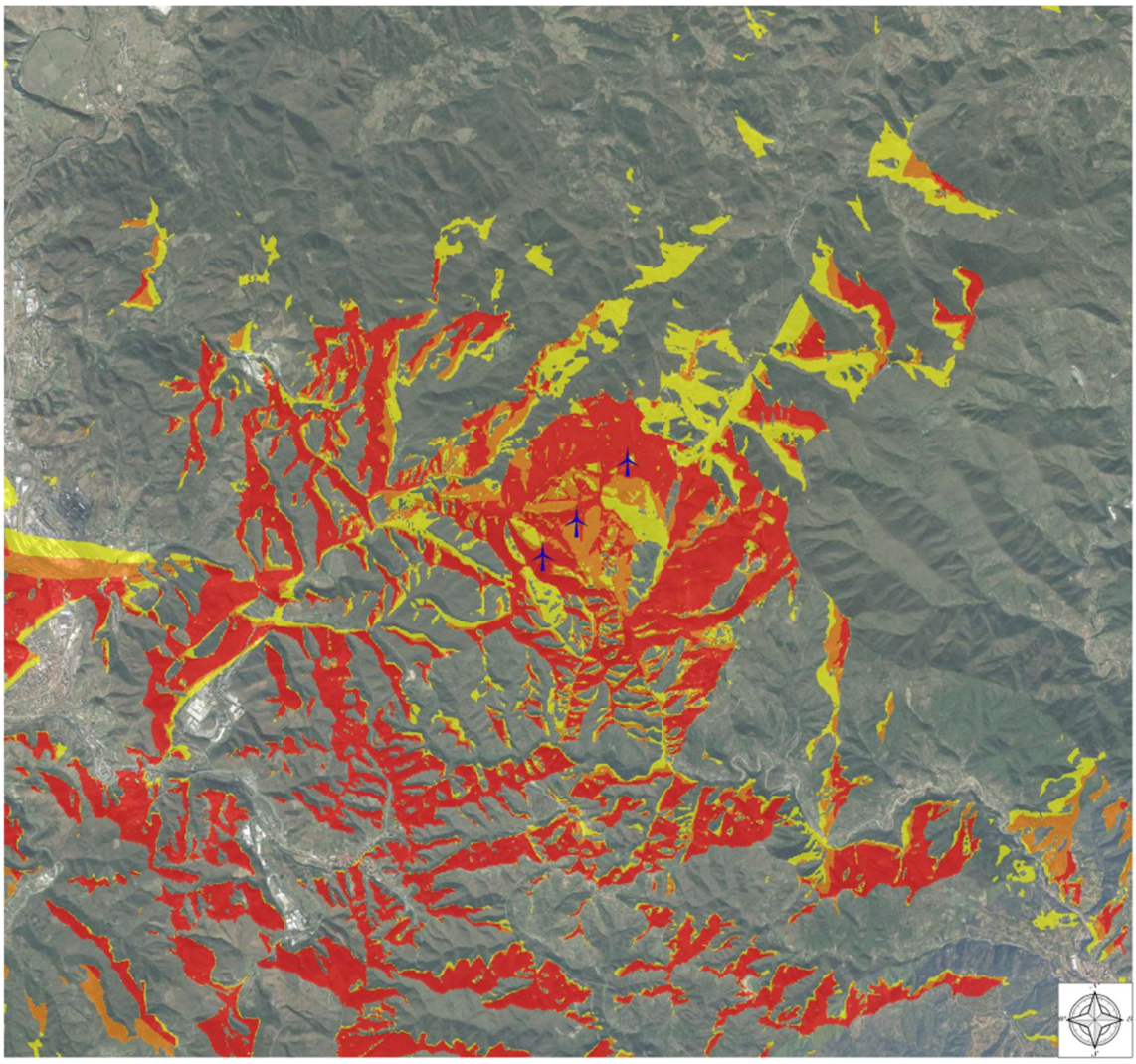


*Figura 9: Carta dell'intervisibilità teorica.*

### 1.8.5. Considerazioni in merito all'interferenza visuale dell'impianto eolico sul paesaggio

L'installazione dell'aerogeneratore oggetto di studio comporta la sostanziale alterazione della componente paesaggistica nella "Fascia di totale dominanza visuale" mentre l'impatto diminuisce in modo progressivo allontanandosi da questo.

Gli impatti visivi, pur estendendosi all'intero contesto territoriale, sono da ritenersi significativi nel limite dei primi chilometri entro i quali l'intervento può risultare più invadente. Oltre il limite dalla "Fascia di totale dominanza visuale", si può sostenere che la realizzazione dell'impianto può comportare degli effetti positivi sulla sensibilità degli abitanti rispetto ai temi energetici, rappresentando l'esempio vicino ed osservabile, di un modo di risolvere i problemi energetici e ambientali così urgenti e di attualità.

Analizzando la carta di intervisibilità riportata in precedenza si può affermare che l'impatto visivo degli aerogeneratori, ancorché presente, assume valori tendenzialmente medio-bassi rispetto ai punti di osservazione presi in esame nelle valutazioni effettuate.

## 2. Normativa di rifermento

Le principali normative e leggi di riferimento per la progettazione dell'impianto eolico sono di seguito elencate.

- D.Lgs. 387/2003 in attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.
- D.Lgs 28/2011 in attuazione della direttiva 2009/28 CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE.
- Legge n. 101/1991 "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso relazionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia".
- Decreto del Ministero per lo Sviluppo Economico del 10 settembre 2010: "Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili".
- Decreto Legislativo 3 marzo 2011, n. 28 attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE.
- DM 19.02.2007.
- DM 06.08.2010.
- DM 05.05.2011.
- Norme CEI/IEC per la parte elettrica convenzionale.
- Conformità al marchio CE per i componenti dell'impianto.
- Norme UNI/ISO per la parte meccanico/strutturale.
- D.Lgs. 81/08 recante "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro".
- D.M. 37/08 norma per la sicurezza e realizzazione impianti elettrici.
- Unificazioni Società Elettriche (E - DISTRIBUZIONE e/o altre) per le interfacce con la rete elettrica.
- CEI EN 61936-1 (Classificazione CEI 99-2): Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata.
- CEI EN 50522 (Classificazione CEI 99-3): Messa a terra degli impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata.
- Norma CEI 11-20 per gli impianti di produzione.

- Norma CEI 0-16 per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- Delibera dell'Autorità per l'energia elettrica ed il gas ARG/elt 99/08 recante "Testo integrato delle condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi degli impianti di produzione di energia elettrica (Testo integrato delle connessioni attive - TICA)" come successivamente modificato e integrato.
- Guida per le connessioni alla rete elettrica di e-distribuzione, normativa e-distribuzione.

L'elenco riportato ha solo funzione di promemoria indicativo. Le opere e installazioni saranno eseguite a regola d'arte in conformità alle Norme CEI, IEC, UNI, ISO vigenti, anche se non espressamente richiamate nel seguito.

# 3. Inquadramento dell'opera

Il progetto prevede l'installazione di tre aerogeneratori di potenza nominale superiore a 4 MW limitati a una potenza di 3 MW per una potenza di impianto pari a 9,0 MW da realizzarsi nei territori di Cairo Montenotte (SV) e Savona (SV).

Un cavidotto MT a 15000 V viene posato per il trasferimento dell'energia elettrica dalla cabina di consegna al punto di allaccio con la linea elettrica nazionale. In particolare, la cabina di consegna è collegata in antenna da cabina primaria AT/MT SAVONA sita in Comune di Altare (SV).

## 3.1. Dati di progetto

In questa sezione vengono riportati schematicamente i dati di progetti del parco eolico in esame.
In particolare, oltre al proponente dell'iniziativa si riportano i punti di ubicazione dell'impianto, i dati tecnici dell'aerogeneratore scelto con relativo datasheet e i dati di connessione con la rete elettrica.

### 3.1.1. Proponente

**BH WIND S.r.l.** Via Zara, 5 – 23100 Sondrio (SO)

### 3.1.2. Ubicazione impianto

| | **WTG01** | **WTG02** | **WTG03** |
|---|---|---|---|
| Comune di installazione | Savona (SV) | Savona (SV) | Savona (SV) |
| Foglio | 1 | 4 | 4 |
| Mappale | 49 | 12 | 13 |
| Latitudine WGS84 [°] | 44,3849 | 44,3776 | 44,3735 |
| Longitudine WGS84 [°] | 8,3865 | 8,3780 | 8,3724 |
| Altitudine [m.s.l.m.] | 745,500 | 639 | 604,5 |
| Modello aerogeneratore | Vestas V136-4.5 MW™ | Vestas V136-4.5 MW™ | Vestas V136-4.5 MW™ |
| $P_{NOM}$ [MW] | 4,50 | 4,50 | 4,50 |
| Modello aerogeneratore | E-138 EP3 E2 | E-138 EP3 E2 | E-138 EP3 E2 |
| $P_{NOM}$ [MW] | 4,20 | 4,20 | 4,20 |
| $P_{LIMITATA}$ [MW] | 3,0 | 3,0 | 3,0 |

Come si evince dalla tabella, non è ancora stato definito quale sia l'aerogeneratore che si andrà ad installare. La scelta ricade tra il modello Vestas V136 avente una potenza nominale di 4,50 MW, una torre di altezza pari a 112 m e diametro pale di 136 m e il modello Enercon E138 con potenza nominale leggermente inferiore (4,2 MW), altezza torre pari a 111 m e diametro pale di 138,6 m.

La scelta su quale aerogeneratore adottare sarà effettuata in una fase più avanzata del progetto. Dato che le due macchine hanno dimensioni molto simili tra di loro, l'impatto che queste hanno sull'ambiente circostante è il medesimo. I parametri che faranno propendere per l'acquisto di un modello sono la producibilità (MWh/anno prodotti) e il costo specifico della macchina.

### 3.1.3. Dati tecnici aerogeneratore

L'aerogeneratore è una macchina rotante che trasforma l'energia cinetica del vento in energia elettrica ed è composto da tre elementi principali: la torre, la navicella e il rotore.

Il rotore è costituito dalle pale e dal mozzo a cui queste ultime sono legate. Il mozzo a sua volta è unito, attraverso un supporto dotato di cuscinetti, a una trasmissione. Quest'ultima, infine, è collegata al generatore elettrico mediante l'interposizione di un freno. L'energia elettrica prodotta viene trasportata mediante cavedio ad un trasformatore il quale eleva la tensione dell'energia elettrica in modo tale da limitare le perdite durante il trasporto di quest'ultima dall'aerogeneratore alla cabina di consegna.

Tutti i componenti nominati in precedenza, ad eccezione delle pale e del mozzo, sono ubicati dentro la navicella: una cabina realizzata in acciaio ricoperta da vetroresina la quale, a sua volta, è sistemata su un supporto-cuscinetto in modo tale che può essere orientata a seconda della direzione del vento.

In aggiunta a tutte le parti costruttive sopra elencate, è presente un sistema di controllo che permette di regolare la potenza generata ruotando le pale rispetto al proprio asse e di controllare l'orientamento della navicella al fine di garantire l'allineamento macchina-direzione del vento.

Le caratteristiche salienti dei due aerogeneratori analizzati per il progetto in esame sono di seguito riportati. Il primo documento è il datasheet della macchina Vestas mentre il secondo è quello di Enercon.

Facts & figures

# V136-4.5 MW™ IEC IIB

| | |
|---|---|
| **Power regulation** | Pitch regulated with variable speed |
| **Operating data** | |
| Rated power | 4,500kW |
| Cut-in wind speed | 3m/s |
| Cut-out wind speed | 32m/s |
| Re cut-in wind speed | 28m/s |
| Wind class | IEC IIB |
| Standard operating temperature range from -20°C* to +45°C with de-rating above 23°C | |
| *Subject to different temperature options | |
| **Sound power** | |
| Maximum | 103.9dB(A)* |
| *Sound Optimised Modes dependent on site and country | |
| **Rotor** | |
| Rotor diameter | 136m |
| Swept area | 14,527m² |
| Air brake | full blade feathering with 3 pitch cylinders |
| **Electrical** | |
| Frequency | 50/60Hz |
| Converter | full scale |
| **Gearbox** | |
| Type | two planetary stages and one helical stage |
| **Tower** | |
| Hub heights | 112m (IEC IIB) |
| **Nacelle dimensions** | |
| Height for transport | 3.5m |
| Height installed (incl. CoolerTop®) | 8.4m |
| Length | 12.96m |
| Width | 3.98m |
| **Hub dimensions** | |
| Max. transport height | 3.5m |
| Max. transport width | 3.7m |
| Max. transport length | 5.5m |

| | |
|---|---|
| **Blade dimensions** | |
| Length | 66.7m |
| Max. chord | 4.1m |
| Max. weight per unit for transportation | 70 metric tonnes |

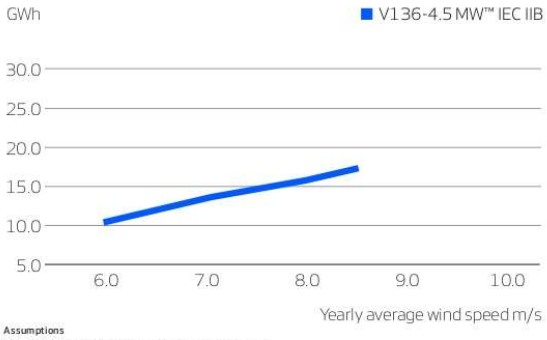
**Turbine options**

- High Wind Operation
- Condition Monitoring System
- Service Personnel Lift
- Vestas Ice Detection™
- Low Temperature Operation to -30°C
- Fire Suppression
- Shadow detection
- Vestas Bat Protection System
- Aviation Lights
- Aviation Markings on the Blades
- Vestas InteliLight®
- Nacelle Hatch for Air Inlet

| | |
|---|---|
| **Sustainability** | |
| Carbon Footprint | 4.9g $CO_2$e/kWh |
| Return on energy break-even | 5.2 months |
| Lifetime return on energy | 46 times |
| Recyclability rate | 87.4% |

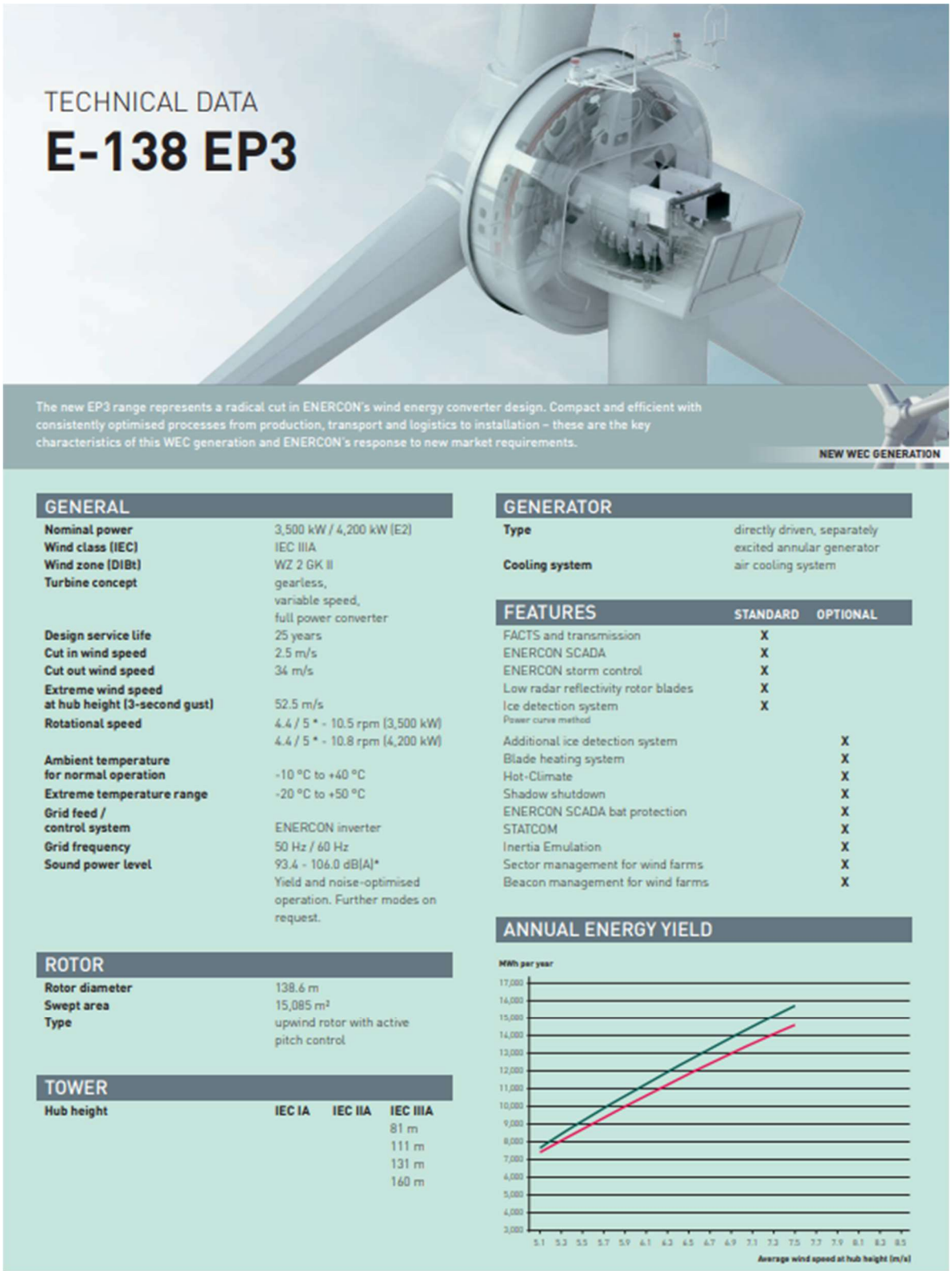
Configuration 132m hub height and wind class IEC IIIA. Depending on site-specific conditions. Metrics are based on a preliminary stream-lined analysis. An externally-verified Lifecycle Assessment will be made publicly available on vestas.com once finalised.

**Annual energy production**




**Assumptions**
One wind turbine, 100% availability, 0% losses, k factor = 2. Standard air density = 1.225, wind speed at hub height

*Figura 10: Datasheet Vestas V136 – 4,5 MW™.*



TECHNICAL DATA

# E-138 EP3

The new EP3 range represents a radical cut in ENERCON's wind energy converter design. Compact and efficient with consistently optimised processes from production, transport and logistics to installation – these are the key characteristics of this WEC generation and ENERCON's response to new market requirements.

NEW WEC GENERATION

## GENERAL

| | |
|---|---|
| **Nominal power** | 3,500 kW / 4,200 kW (E2) |
| **Wind class (IEC)** | IEC IIIA |
| **Wind zone (DIBt)** | WZ 2 GK II |
| **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** | 34 m/s |
| **Extreme wind speed at hub height (3-second gust)** | 52.5 m/s |
| **Rotational speed** | 4.4 / 5 * - 10.5 rpm (3,500 kW)<br>4.4 / 5 * - 10.8 rpm (4,200 kW) |
| **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** | 93.4 - 106.0 dB(A)* Yield and noise-optimised operation. Further modes on request. |

## ROTOR

| | |
|---|---|
| **Rotor diameter** | 138.6 m |
| **Swept area** | 15,085 m² |
| **Type** | upwind rotor with active pitch control |

## TOWER

| **Hub height** | **IEC IA** | **IEC IIA** | **IEC IIIA** |
|---|---|---|---|
| | | | 81 m |
| | | | 111 m |
| | | | 131 m |
| | | | 160 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 | |
| Low radar reflectivity rotor blades | X | |
| Ice detection system<br>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




*Figura 11: Datasheet Enercon E138 - 4,2 MW*

### 3.1.4. Dati connessione

| | **Cabina di consegna** |
|---|---|
| Comune di installazione | Cairo Montenotte (SV) |
| Foglio | 60 |
| Mappale | 22 |
| Latitudine WGS84 [°] | 44,3787 |
| Longitudine WGS84 [°] | 8,3793 |
| Altitudine [m.s.l.m.] | 648 |
| Tensione nominale (Vn) | 15000 |
| Vincoli della Società Distributrice da rispettare | Normativa e-distribuzione CEI 0-16 |
| Misure | • Contatore del distributore nel punto di consegna e per forniture BT servizi ausiliari<br>• Contatore proprio nel punto di consegna per misure GSE, UTF<br>• Contatore proprio e UTF/GSE sulla MT per la misura della produzione |

| | **Cavidotto di connessione** |
|---|---|
| Comuni attraversati | Cairo Montenotte (SV), Savona (SV), Altare (SV) |
| Lunghezza cavidotto interrato [m] | 7700 |
| Comune punto di connessione | Altare (SV) |
| Punto di connessione | Cabina AT/MT SAVONA |
| Tipo di allacciamento | Antenna |

# 4. Descrizione dei componenti e delle scelte progettuali

## 4.1. Criteri Progettuali

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 e a consentire l'esistenza dell'impianto garantendo il rispetto dell'ambiente e delle attività umane in atto oggi nell'area, sia sui requisiti tecnici e di rendimento dell'impianto.

Il progetto è stato sviluppato studiando la disposizione dell'impianto in relazione a molti fattori. Tra i più rilevanti abbiamo:

- ventosità del sito;
- 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;
- disposizione degli aerogeneratori sul territorio studiando l'impatto visivo rispetto ai punti di vista prioritari;
- caratteristiche dell'aerogeneratore scelto, con indicazioni riguardanti materiali, colori, forma, e con particolare attenzione alla durabilità e alla manutenzione;

- rispetto dell'orografia del terreno limitando gli interventi sul territorio;
- massimo riutilizzo della viabilità esistente e disposizione della piazzola di montaggio in prossimità della viabilità esistente (per quanto possibile) in modo dal limitare gli interventi necessari;
- impiego di materiali che favoriscono l'integrazione con il paesaggio dell'area;
- attenzione alle condizioni determinate dai cantieri e ripristino della situazione "ante opera" con particolare riguardo alla rinaturalizzazione e rinverdimento delle aree.

Sulla base dei criteri precedentemente citati è stata ipotizzata una configurazione d'impianto rappresentata negli elaborati allegati al presente progetto.

## 4.2. Caratteristiche impiantistiche generali dell'impianto eolico

L'impianto eolico per la produzione di energia elettrica in oggetto ha le seguenti caratteristiche generali:

- numero di aerogeneratori installati 3;
- potenza nominale dell'aerogeneratore superiore ai 4,0 MW;
- potenza a cui l'aerogeneratore è limitato 3,0 MW;
- potenza di immissione del parco eolico 9,0 MW;
- rete elettrica in bassa tensione in corrente alternata interna all'aerogeneratore;
- n° 1 cabina di consegna caratterizzata da un locale utente, un locale misure e un locale di rete;
- rete elettrica interna in bassa tensione per l'alimentazione dei servizi ausiliari di impianto;
- rete MT di collegamento costituito da cavidotti interrati tra gli aerogeneratori e la cabina di consegna;
- rete MT di collegamento caratterizzata da un cavidotto interrato tra la cabina di consegna e rete di trasmissione nazionale.

## 4.3. Connessione alla rete di distribuzione pubblica

I tre aerogeneratori sono connessi alla rete di distribuzione tramite l'impianto per la connessione costituito da una parte utente e da una di rete (del distributore) per la connessione.

La cabina di consegna è collegata in antenna da cabina primaria AT/MT SAVONA sita in Comune di Altare (SV) come comunicato da e-distribuzione con preventivo avente codice di rintracciabilità 333279626.

La cabina di consegna, come prescritto dalle norme di e-Distribuzione, è composta da n.2 scomparti di linea per il collegamento, n.1 scomparto di consegna, n.1 scomparto per il collegamento al trasformatore e n.1 scomparto trasformatori di misura utente.

I cavidotti che collegano gli aerogeneratori alla cabina di consegna sono predisposti come di seguito analizzato:

- Cavidotto utente "WTG01" – Cabina di consegna di lunghezza pari a 2152 m;
- Cavidotto utente "WTG03" – "WTG02" di lunghezza pari a 817 m;
- Cavidotto utente "WTG02" – Cabina di consegna di lunghezza pari a 196 m.

L'elettrodotto per il collegamento tra la cabina di consegna e la rete elettrica è di proprietà del gestore di rete. Esso è realizzato in rame con sezione di 240 mm2 in posa interrata e ha una lunghezza di 7700 m.

Sia la cabina di consegna che l'elettrodo di collegamento sono meglio analizzati più avanti. Per una maggiore chiarezza si allega al presente progetto le tavole dell'impianto di rete per la connessione e-distribuzione.

## 4.4. Aerogeneratore

L'aerogeneratore consente di convertire l'energia cinetica del vento in energia elettrica grazie alla rotazione delle pale. Tramite il mozzo, sul quale queste sono fissate, si realizza il collegamento meccanico pale-albero di trasmissione e, di conseguenza, generatore.

Questi due elementi insieme a tutta la strumentazione di bordo sono contenuti nella navicella che è in grado di ruotare di 360 gradi su di un asse verticale per orientarsi rispetto alla direzione del vento. Nel caso in cui la velocità di questo è compresa nel range operativo della macchina (3-32 m/s per Vestas e 2,5-34 per Enercon) l'asse dell'aerogeneratore è sempre parallelo alla direzione del vento; nel caso in cui la velocità del vento superi i limiti di range operativo, la macchina viene posta a "bandiera" per evitare di causare danni ai componenti dell'aerogeneratore stesso.

L'aerogeneratore scelto è ad asse orizzontale dove il sostegno, chiamato anche torre, porta alla sommità la navicella, costituita da un basamento e da un involucro esterno. Essa contiene il generatore elettrico, il convertitore, il trasformatore e tutti i principali componenti elettromagnetici. Nello spazio libero alla base della torre sono collocati i dispositivi di comando e controllo.

Il generatore è costituito da uno statore e da un rotore che, nel caso Vestas, è indirettamente collegato al rotore tripala tramite la presenza di un moltiplicatore di giri. Quest'ultimo trasforma la rotazione lenta delle pale (tra i 5,6 e i 14 Rpm) in una rotazione più veloce (fino a 1500 Rpm) in grado di far funzionare il generatore.

Data la presenza del moltiplicatore di giri, anche chiamato gearbox, l'albero di trasmissione non è più un unico elemento ma viene suddiviso in un albero ad alta velocità, collegato al generatore, e uno a bassa velocità, collegato alle pale.

Nel caso della macchina Enercon, l'albero è costituito da un unico elemento: questa configurazione è chiamata "Direct Drive". In questo caso la velocità di rotazione delle pale, che coincide con quella del generatore, varia tra i 5 e i 10,8 Rpm.

L'energia prodotta in Bassa Tensione (BT) dal generatore della macchina è trasferita a un convertitore di tipo "full scale" che ha il compito di stabilizzare la frequenza a 50 Hz in modo da poter immettere l'energia prodotta in rete. A questo segue il trasformatore, anch'esso ubicato nel retro della navicella che innalza il valore di tensione, con conseguente diminuzione della corrente, al fine di ridurre le perdite durante il trasporto dell'energia elettrica dalla macchina alla cabina di consegna.

A valle del trasformatore l'energia elettrica viene trasferita tramite cavedio alla base della torre dove sono ubicati i quadri elettrici.

Quest'ultima è poi convogliata tramite un cavidotto alla cabina di consegna per poi essere immessa sulla rete nazionale.

Vengono di seguito riportate le principali caratteristiche dell'aerogeneratore.

| | Vestas V136 | Enercon E138 |
|---|---|---|
| Altezza del mozzo | 112 m | 111 m |
| Diametro | 136 m | 138,6 m |
| Potenza nominale | 4.500 kW | 4.200 kW |
| Tipologia della torre | Acciaio tubolare | Acciaio tubolare |
| Velocità del vento di accensione | 3 m/s | 2,5 m/s |
| Velocità del vento di spegnimento | 32 m/s | 34 m/s |
| Orientamento al vento | Attivo, elettrico | Attivo, elettrico |

La tipologia del sistema costruttivo/tecnologico può essere così descritta.

- **Torre**: la torre è costituita da un cilindro in acciaio di altezza superiore a 110 m formato da più tubi conici da montare in sito fino al raggiungimento dell'altezza voluta. I tronchi in acciaio che costituiscono la torre vengono collegati tra di loro per mezzo di collegamenti flangiati. La base della torre è anch'essa costituita da una flangia che viene solidamente collegata alla fondazione mediante appositi tirafondi bullonati.

All'interno della torre vengono fissate la scala di risalita e le staffe di fissaggio dei cavi che scendono dalla navicella alla base della torre.

Qui si trova una porta d'accesso e, nello spazio utile presente, è inserito il quadro di controllo che consente il monitoraggio da terra delle apparecchiature presenti nella navicella e contiene l'interfaccia per il controllo da remoto.

- **Navicella**: la navicella è costituita da un involucro in vetroresina e contiene tutte le apparecchiature necessarie al funzionamento elettrico e meccanico dell'aerogeneratore. Essa contiene anche i motori che consentono il controllo della posizione della navicella stessa e delle pale. La prima può ruotare di 360° sul piano di appoggio navicella-torre, la seconda può ruotare di 360° sul proprio asse longitudinale.

L'energia elettrica prodotta dal generatore è convogliata a un convertitore e a un trasformatore ubicati nel retro della navicella e successivamente, tramite cavedio, è portata alla base della torre dove prosegue con il cavidotto utente verso la cabina di consegna.

- **Pale/Eliche**: le pale sono realizzate in fibra di vetro per assicurare leggerezza e con sistema parafulmini integrato per evitare di creare fenomeni indotti di riflessione dei segnali ad alta frequenza che percorrono l'etere. Nel caso specifico, la macchina adotta un sistema a tre eliche calettate attorno ad un mozzo a sua volta fissato all'albero della turbina. Per motivi di sicurezza, nel caso in cui la ventosità risulti maggiore rispetto al range produttivo, le eliche vengono portate in posizione di "bandiera", ovvero in modo tale da offrire la minore superficie di esposizione al vento. In tali condizioni la macchina non produce energia e rimane in stand-by fino al ripristino delle condizioni accettabili di vento.

| ***ROTORE*** | **Vestas V136** | **Enercon E138** |
|---|---|---|
| Numero di pale | 3 | 3 |
| Diametro del rotore | 136 m | 138,6 |
| Superficie del rotore | 14.527 m2 | 15.085 m2 |
| Intervallo di funzionamento | 5,6 – 14 Rpm | 4,4 – 10,8 Rpm |

- **Sottosistema elettrico**: il generatore elettrico è un generatore asincrono con dispositivi elettronici per la gestione dei parametri di tensione e frequenza per l'immissione in rete.

| ***GENERATORE*** | **Vestas V136** | **Enercon E138** |
|---|---|---|
| Soluzione costruttiva | Generatore a gabbia di scoiattolo | Generatore a eccitazione separata |
| Potenza nominale | 4.500 kW | 4.200 kW |
| Giri nominali | 1450 – 1550 Rpm | 4,4 – 10,8 Rpm |

- **Sottosistema di controllo**: consiste in un sistema che acquisisce costantemente dati dai sensori sia relativi ai vari componenti sia riguardanti alla direzione e velocità del vento. Da questi determina l'ottimizzazione della risposta del sistema al variare delle condizioni esterne o ad eventuali problemi.

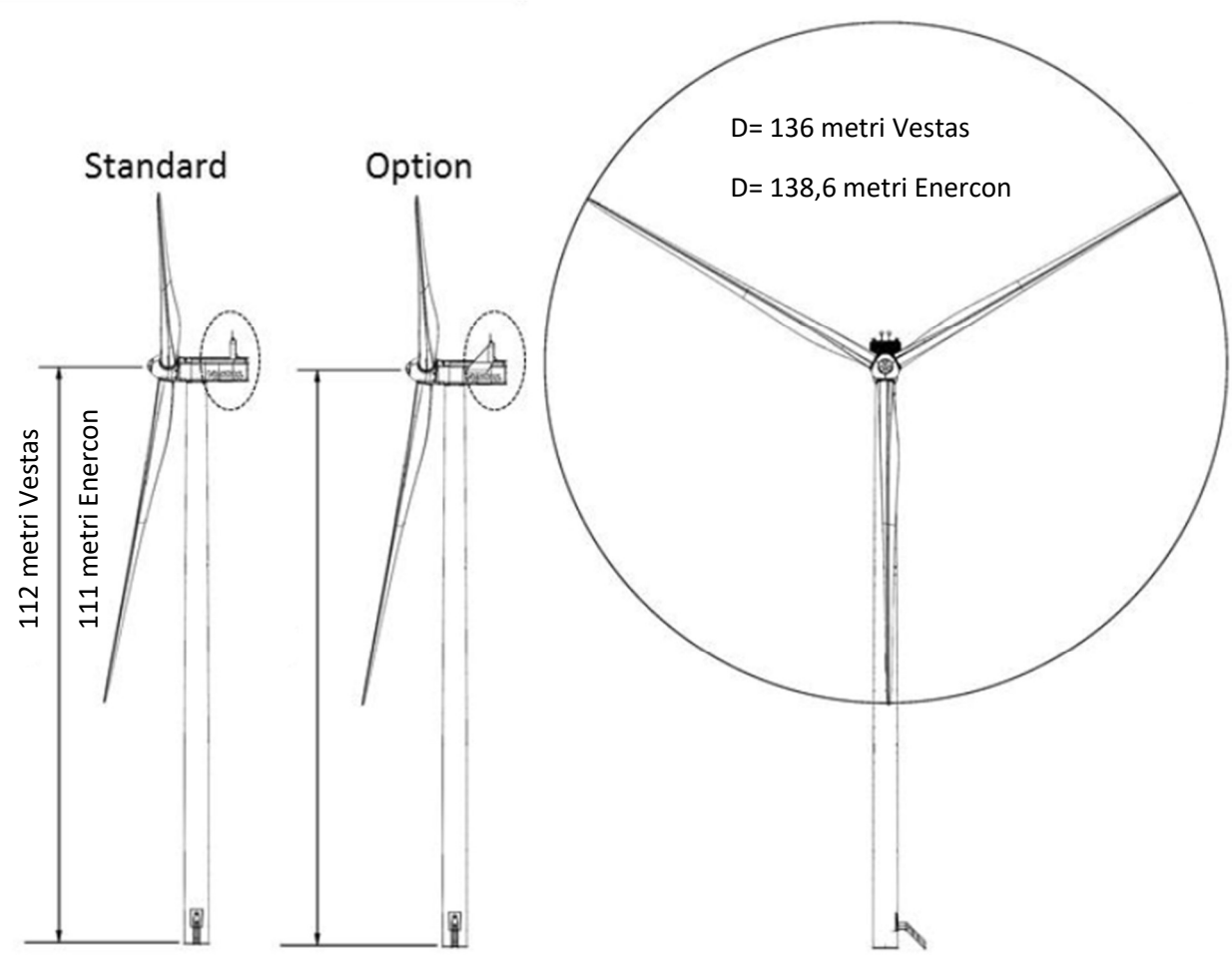



*Figura 12: Disegno strutturale WTG.*

## 4.5. Opere principali da eseguirsi

In questo paragrafo vengono riportate le principali lavorazioni che si effettuano per la realizzazione dell'impianto.

- preparazione area impianto eolico;
- adeguamento della viabilità esistente;
- realizzazione fondazione dell'aerogeneratore;
- realizzazione della piazzola temporanea di montaggio;
- posa della cabina elettrica di utenza/consegna previa preparazione area;
- realizzazione elettrodo MT;
- realizzazione impianto eolico:
    - montaggio del sistema torre-aerogeneratore-pale;
    - realizzazione del collegamento elettrico fra aerogeneratore e cabina di consegna;
    - posa delle apparecchiature elettromeccaniche nella cabina elettrica già installata;
    - realizzazione di tutti i collegamenti elettrici fino alla cabina di consegna;
    - realizzazione impianto videosorveglianza ed antintrusione;
    - realizzazione impianti ausiliari e di controllo.

## 4.6. Caratteristiche progettuali dell'impianto eolico

L'impianto eolico per la produzione di energia elettrica in oggetto ha le seguenti caratteristiche progettuali:

- n.3 aerogeneratori di potenza nominale superiore a 4 MW cadauno limitati a 3,0 MW;
- potenza nominale del parco eolico limitata a 9 MW;
- n.3 piazzole temporanee in rilevato per il montaggio dell'aerogeneratore;
- n.3 fondazioni aerogeneratore avente diametro pari a 17 metri e profondità pari a 3 m circa;
- n.2 elettrodotti interrati utente MT che collegano rispettivamente la "WTG01" e le "WTG02" - "WTG03" alla cabina di consegna;
- n.1 elettrodotto interrato utente MT che collega la "WTG03" alla "WTG02";
- rete elettrica interna alla cabina per l'alimentazione dei servizi ausiliari di impianto;
- viabilità di nuova costruzione e adeguamento della viabilità esistente per l'accesso e il trasporto della torre e dell'aerogeneratore.

Per la realizzazione della fondazione in calcestruzzo viene realizzato uno scavo a sezione ampia di circa 18 x 18 m con profondità pari a circa 3 m. Terminata la realizzazione della fondazione parte del terreno dello scavo è utilizzato per il rinfianco delle pareti della fondazione e per il riporto sulla fondazione; la parte restante è recuperata o portata a discarica autorizzata.

All'impianto di terra per la protezione dai contatti indiretti e le fulminazioni vengono collegate le armature della fondazione della torre e tutte le masse dei componenti elettrici di classe I.

Dal punto di vista elettrico, la produzione in bassa tensione del generatore è trasferita al trasformatore BT/MT posto nel retro della navicella e, tramite una rete a media tensione interrata, trasferita alla cabina di consegna.

La cabina elettrica rispecchia le specifiche tecniche definite dalla "DG2092 Ed.03", pertanto è di tipo prefabbricato, realizzata mediante una struttura monolitica in calcestruzzo armato vibrato autoportante completa di porte di accesso e griglie di aerazione.

Infine si realizza un sistema di monitoraggio e controllo.

## 4.7. Piazzola di montaggio aerogeneratore

In corrispondenza della fondazione dell'aerogeneratore viene realizzata una piazzola del tipo Standard adeguata alla tipologia di montaggio Just in Time avente un'area di circa 4.000 m2, in modo da consentire l'installazione della gru e delle macchine operatrici, l'assemblaggio dei tronchi della torre e la manovra degli automezzi.

Questa è realizzata con uno scotico superficiale e un riporto di materiale vagliato e compattato prima della realizzazione del rilievo fatto con misto granulometrico stabilizzato con leganti naturali e graniglia superficiale.

Terminata l'installazione dell'aerogeneratore, la piazzola viene demolita lasciando solamente la viabilità per garantire l'accesso alla torre per le operazioni di manutenzione.

## 4.8. Viabilità e piazzole di cantiere

L'impianto è accessibile mediante la Strada Provinciale SP-12 Savona Altare.

Gli autotreni raggiungono il Comune di Altare (SV) percorrendo l'Autostrada A6 Torino-Savona fino all'altezza del casello di Altare. I mezzi pesanti proseguono attraversando il paese per poi imboccare la Strada Provinciale 12 (Via Montenotte) che conduce al punto di installazione delle macchine.

Lungo il percorso non sono state riscontrate particolari criticità se non quelle dovute alla presenza di alcuni tornanti con raggi di curvatura stretti ma che possono essere comunque superati in modo agevole.

Per poter raggiungere la piazzola n.1 viene sistemata una pista forestale esistente già segnalata a catasto. Tale sistemazione comporta la trasformazione di una superficie boscata stimata in circa 4.300 m2 a cui corrisponde un esbosco di 43 m3. Considerando il terreno ricoperto da bosco nei Comuni di Cairo Montenotte e Savona, la superficie boscata trasformata per sistemare la pista di accesso alla piazzola risulta essere inferiore allo 0,1% della superficie boscata complessiva. Per tale motivo si può considerare insignificante l'impatto dell'intervento sulle componenti forestali della macroarea rappresentata dai territori dei due Comuni sopracitati.

La strada forestale ha una larghezza di 5 metri circa per poter permettere il passaggio dei mezzi pesanti che trasportano le componenti dell'aerogeneratore fino alla piazzola di montaggio. Ultimato il trasporto della componentistica, la pista viene ridotta a una larghezza pari a 3 metri al fine di diminuire e mitigare l'impatto che la sistemazione di quest'ultima ha sul territorio circostante.

La figura di seguito riportata è un inquadramento della viabilità. In particolare, la linea gialla rappresenta la SP12 mentre la linea rossa rappresenta la pista forestale che si utilizza per raggiungere la piazzola 1.



*Figura 13: Inquadramento strade di accesso alle piazzole.*

Per ulteriori dettagli si faccia riferimento alla documentazione specifica allegata.

## 4.9. Area di stoccaggio

Al fine di adattare la morfologia del terreno alle esigenze di montaggio e installazione delle macchine, si prevede un volume totale di scavo pari a 41.076 m3 e il riporto di 39.234 m3.

Il volume di terreno non impiegato viene stoccato in apposita area e utilizzato in un secondo momento per il ripristino allo stato originario dei siti oggetto di modifica.

L'area individuata è un piazzale di dimensione 20 x 60 metri circa di proprietà della Società WFL S.r.l. alla quale viene richiesto un esproprio temporaneo per il tempo che intercorre tra la realizzazione delle piazzole e il ripristino delle stesse e della viabilità alle condizioni ante opera.

L'area di stoccaggio è posizionata lungo la Strada Provinciale SP12 a circa 2,5 km lineari a Sud della "WTG03". Per meglio inquadrare geograficamente l'area si faccia riferimento all'elaborato nominato "Tav. 34 – Area di stoccaggio materiale temporaneo" di cui viene di seguito riportato un piccolo stralcio.




*Figura 14: Area di stoccaggio del materiale.*

## 4.10. Fondazione aerogeneratore

La torre dell'aerogeneratore è fissata al terreno attraverso una fondazione realizzata in calcestruzzo armato con pianta circolare di dimensioni prestabilite atte a reggere il carico dell'intero aerogeneratore.

La quota di imposta della fondazione è ad una profondità non inferiore ai due metri e viene realizzata con l'ausilio di mezzi meccanici evitando il franamento dei terreni circostanti. Effettuato lo scavo di fondazione, il fondo viene dapprima compattato e poi su di esso viene steso uno strato di magrone dello spessore di 20 cm. Questo basamento ha il compito di ripartire i carichi verticali su una superficie maggiore e permette di posizionare i ferri di armatura delle fondazioni.

Si prosegue con il montaggio delle armature su cui viene posizionata la dima fatta di tirafondi.

La torre tubolare dell'aerogeneratore, quindi, è resa solidale alla struttura di fondazione mediante un collegamento flangiato con la gabbia circolare di tirafondi.

Nella fondazione, oltre al castello tirafondi previsto per l'ancoraggio della torre, sono presenti le tubazioni passacavo in PVC corrugato e gli opportuni collegamenti alla rete di terra.

La parte superiore delle fondazioni si attesta a circa 20 cm sotto il piano campagna e risulta quindi completamente interrata o ricoperta dalla sovrastruttura in materiale calcareo arido della piazzola di servizio, successivamente inerbita.



*Figura 15: Fondazione aerogeneratore.*

## 4.11. Elettrodotti

Sia il cavidotto che permette il collegamento tra le torri e la cabina di consegna che l'elettrodotto di rete interessano sia aree private che viabilità pubblica esistente.

I cavidotti lato utente sono tre:

- cavidotto di collegamento tra la "WTG01" e la Cabina di consegna di lunghezza pari a 2152 metri.
- cavidotto di collegamento tra la "WTG03" e la "WTG02" di lunghezza pari a 817 metri.
- cavidotto di collegamento tra la "WTG02" e la Cabina di consegna di lunghezza pari a 196 metri.

Il cavidotto di consegna, realizzato e di competenza del distributore, rispetta le caratteristiche dettate dagli Standard Enel riportati nel progetto definitivo approvato dal quest'ultimo.

Vengono di seguito riportati degli estrapolati della "Tav. 30 – Planimetria elettrodotto" mostranti il percorso degli elettrodotti sopra descritti.

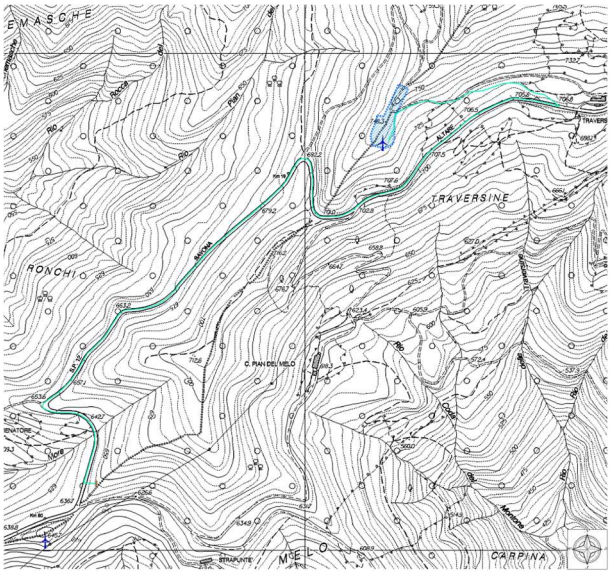



*Figura 16: Elettrodotto WTG01 - Cabina di consegna.*

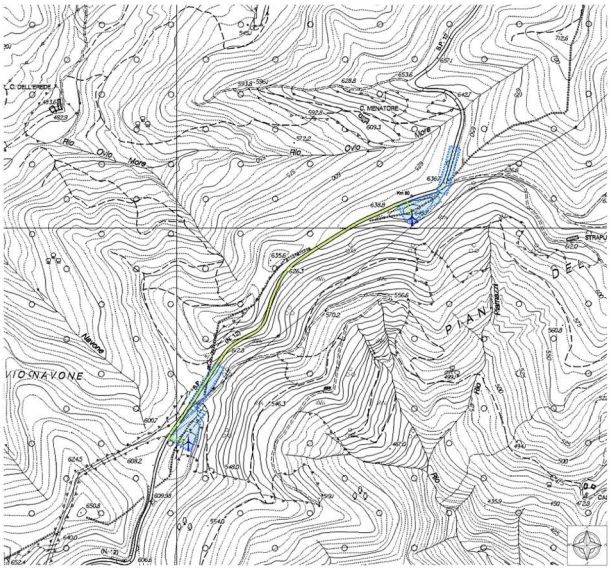



*Figura 17: Elettrodotto WTG03 - WTG02*

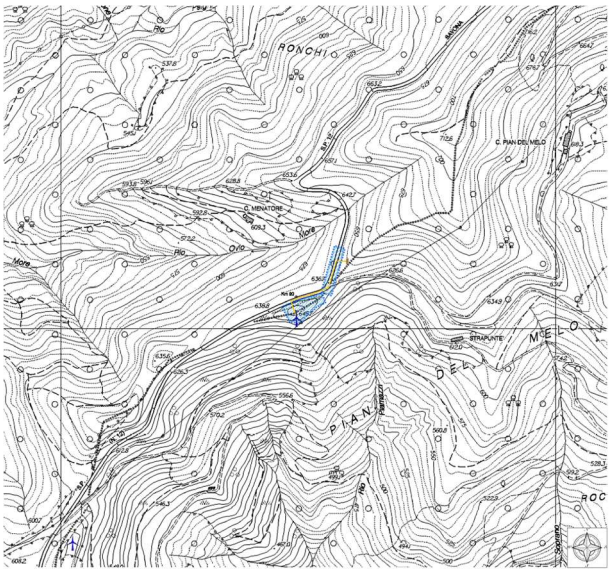



*Figura 18: Elettrodotto WTG02 - Cabina di consegna.*

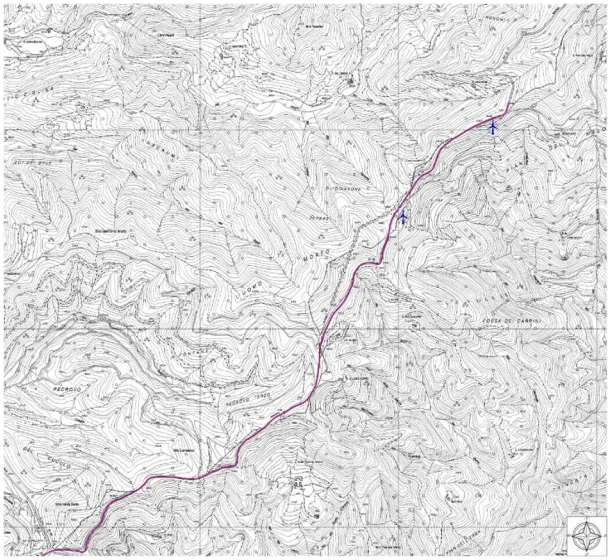


*Figura 19: Elettrodotto di consegna – Parte 1*

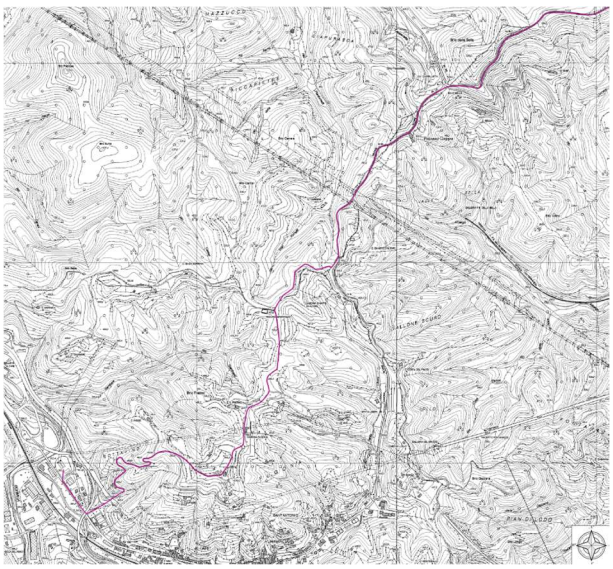


*Figura 20: Elettrodotto di consegna - Parte2*

### 4.11.1. Cavidotto interrato lato utente

Gli aerogeneratori sono connessi fra loro mediante connessione di tipo “entra-esci” in cabina a singolo o multiplo quadro secondo lo schema elettrico unifilare di progetto; all’ interno del parco eolico viene pertanto realizzata una rete di cavi interrati di sezione adeguata alla potenza di trasporto.

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”.

### 4.11.2. Cavidotto interrato di proprietà del distributore

L’elettrodotto MT che collega la cabina di consegna alla rete elettrica nazionale ha una lunghezza di circa 7700 metri ed è costituito da un cavo 3 x 240 mm2 in rame.

La tipologia di posa scelta per la messa in opera della linea elettrica è di tipo interrato 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 utilizzato è del tipo indicato da e-Distribuzione S.p.A. per la posa interrata. In particolare, esso è del tipo tripolare ad elica visibile con conduttore in rame, isolamento estruso in HEPR, schermo in rame avvolto a nastro sulle singole fasi con sezione unitaria del conduttore in rame pari a 240 mm2.

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.

Lo scavo sarà eseguito con tecnologia Trencher/Catenarie, fermo restando eventuali prescrizioni da parte degli enti in fase autorizzativa e verifica di eventuali sottoservizi.

I giunti utilizzati dovranno essere conformi alla specifica tecnica ENEL DJ4376, giunti dritti unipolari per cavi tripolari ad elica visibile.

Per la connessione alle apparecchiature elettromeccaniche all'interno della cabina di consegna saranno utilizzati dei terminali per uso interno tipo U.E. DJ 4456-273046, adatti alla sezione caratteristica della tipologia del cavo utilizzato.

## 4.12. Interventi sulla rete elettrica

L'impianto di produzione da fonte eolica in progetto ha una potenza elettrica massima in immissione di 9.000 kW.
La connessione a media tensione (15.000 V), secondo il preventivo E-DISTRIBUZIONE Spa, e stato previsto per mezzo di allacciato alla rete di Distribuzione tramite: realizzazione di una nuova cabina di consegna collegata in antenna, riallestimenti elettrici cabina intermedia esistente e allaccio alla rete di Distribuzione da cabina primaria AT/MT SAVONA.
Tale soluzione prevede:

- NUOVO IMPIANTO DI RETE
    - CAVO INTERRATO CU 240 MM2 (TERRENO)m 1000;
    - CAVO INTERRATO CU 240 MM2 (ASFALTO)m 6700;
    - MONT. ELET. SCOMP. DI SEZIONAMENTO LINEA MT IN CABINA NUOVA 1;
    - FORNITURA E POSA 2 SCOMPARTI DI LINEA + CONSEGNA 1;
    - MANUFATTO CABINA DI SEZ. TIPO BOX (INCLUSO AREA DI SEDIME) 1;
    - FORNITURA E POSA 2 SCOMPARTI DI LINEA + CONSEGNA 1;
    - ULTERIORE CAVO INTERRATO AL 240 MM2 STESSO SCAVO SU TERRENOm 50;
    - APPARECCHIATURE PER TELECONTROLLO UP E MODULO GSM 1;
    - APPARECCHIATURE PER TELECONTROLLO UP E MODULO GSM 1;
    - APPARECCHIATURE PER TELECONTROLLO UP E MODULO GSM 1;
    - TRATTO CON TOC ATTRAVERSAMENTO AUTOSTRADAm 150.
- ADEGUAMENTO IMPIANTO DI RETE ESISTENTE
    - MONT. ELET. SCOMP. PROTEZIONE TR MT/BT IN CABINA ESISTENTE 1;
    - FORNITURA E POSA 2 SCOMPARTI DI LINEA + CONSEGNA 1;
    - DEMOLIZIONE PARTE ELETTROMECCANICA PTP (ESCLUSO SOSTEGNO) 1;
    - TRASFORMATORE MT/BT 250 KVA 1;
    - TRASFORMATORE MT/BT 250 KVA 1.

## 4.13. Cabina elettrica

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 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 si faccia riferimento agli elaborati grafici, prospetti, sezioni e relazioni tecniche del progettista edile.

## 4.14. Allestimento cabina

L'allestimento della cabina di consegna rispecchia quanto previsto dalla guida alle connessioni di e-Distribuzione Sez. G e la Norma CEI 0-16. Nel dettaglio sono impiegati quadri MT dimensionati per tensioni nominali per gli IMS di 24 kV e correnti di corto circuito pari a 16 kA.

La tipologia di connessione prevista per l'impianto è una connessione in antenna, vengono pertanto utilizzati quadri prefabbricati con involucro metallico e isolati con SF6, conformi alle specifiche tecniche. Nel dettaglio si posizionano:

- n.2 scomparti di linea per il collegamento;
- n.1 scomparto di consegna;
- n.1 scomparto per il collegamento al trasformatore;
- n.1 scomparto trasformatori di misura utente.

## 4.15. Impianto di terra della cabina di consegna

Il presente capitolo ha lo scopo di illustrare la consistenza e la tipologia dell'impianto di messa a terra della Cabina di Ricezione.

L'impianto di terra di cabina è sostanzialmente così composto:

- IMPIANTO DI TERRA ESTERNO DI CABINA
  - anello singolo realizzato con Corda nuda in Cu 35 mmq posata a profondità di circa 0,5 m, TIPOLOGIA TERRENO GHIAIA;
  - n°4 dispersori verticale a fittone 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 MT mediante corda nuda in Cu sezione minima 35 mmq;
  - collegamento tra l'anello di terra esterno e il collettore equipotenziale mediante corda nuda in Cu sezione minima 35 mmq.

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

### 4.16. Impianti di videosorveglianza

L'impianto di videosorveglianza è dimensionato in modo tale da poter monitorare solamente l'ingresso della torre. Le telecamere sono installate in posizioni tali da poter rilevare le seguenti situazioni:

- sottrazione di oggetti;
- sottrazione di persone;
- intrusione in aree definite;
- segnalazione di perdita segnale video, oscuramento, sfocatura e perdita di inquadratura.

L'impianto è dotato di un sistema di controllo e monitoraggio tale da permettere la visualizzazione in ogni istante delle immagini registrate, anche da remoto.

L'impianto è inoltre collegato all'impianto di illuminazione costituito da un proiettore all'ingresso della torre dotato di sistema di accensione da attivarsi solo in caso di allarme intrusione in modo tale da contenere l'inquinamento luminoso.

### 4.17. Impianto di illuminazione

L'impianto di illuminazione è dimensionato per illuminare l'accesso alla torre eolica.

Esso è realizzato con corpi illuminanti a bassa intensità e rivolti verso il basso con il divieto di realizzare grandi strutture e interferenze visive. Questi ultimi sono posizionati sulla porta di ingresso della torre.

## 5. Valutazione della producibilità

La presente analisi ha lo scopo di riassumere i risultati dei calcoli effettuati sul potenziale eolico del sito considerato per l'installazione di tre aerogeneratori della potenza nominale superiore a 4 MW cadauno ma limitati a 3,0 MW. Per l'analisi di producibilità sono stati utilizzati i programmi più avanzati nel settore dell'eolico al fine di calcolare la ventosità e la produzione di energia elettrica degli aerogeneratori.

Sono stati testati due modelli di aerogeneratore:

- Vestas V136 con potenza nominale di 4,50 MW;
- Enercon E138 con potenza nominale di 4,20 MW.

I valori di ventosità riscontrati sono stati considerati buoni; il valore di velocità media bidimensionale è superiore ai 7 m/s e la frequenza di velocità del vento compresa nel range di funzionamento di entrambe le macchine è da ritenersi buona per il funzionamento degli stessi.

Dai risultati ottenuti si è riscontrato che il primo modello testato, ovvero Vestas V136 con potenza limitata a 3.000 kW e altezza Hub di 112 m, fornisce un valore di producibilità complessivo di 28.110 MWh/anno con un funzionamento di circa 3.000 ore equivalenti per tutte e tre le macchine.

Il secondo modello fornisce un valore di producibilità nettamente superiore rispetto al precedente. La producibilità annuale totale è di 34.887 MWh/anno con un valore di ore equivalenti sempre superiore alle 3.650 heq/anno.

| Modello | Posizione | Potenza [kW] | Rotore [m] | Hub [m] | AEP [MWh/anno] | Ore equivalenti [h/anno] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Vestas | WTG01 | 3.000 | 136 | 112 | 8.936 | 2.979 |
| | WTG02 | 3.000 | 136 | 112 | 9.385 | 3.128 |
| | WTG03 | 3.000 | 136 | 112 | 9.789 | 3.263 |
| Enercon | WTG01 | 3.000 | 138 | 111 | 11.041 | 3.681 |
| | WTG02 | 3.000 | 138 | 111 | 11.653 | 3.884 |
| | WTG03 | 3.000 | 138 | 111 | 12.192 | 4.064 |

Alla luce di tali risultati e considerando gli spazi disponibili, i limiti e i vincoli presenti, il sito in oggetto risulta avere un potenziale eolico soddisfacente per l'installazione dei tre aerogeneratori.

Nella relazione specialistica è presente anche lo studio dove viene testata la soluzione senza alcuna limitazione alla potenza degli aerogeneratori. In questa configurazione di impianto, possibile se in futuro si chiede al gestore di rete un aumento della potenza di immissione, i due modelli testati in termini di ore equivalenti sono analoghi ma la produzione, data la possibilità di sfruttare a piena potenza la macchina, risulta maggiore per la macchina Vestas rispetto a quella Enercon. La prima produrrebbe 42.036 MWh/anno mentre la seconda 39.565 MWh/anno con un aumento rispettivamente del 50% e del 13% rispetto al caso in cui le macchine sono limitate a 3 MW.

# 6. Programma finanziario

Il costo delle opere da eseguire risultante dal prospetto dei costi di massimo di seguito allegato è pari a:

- 17.402.678,48 € al netto dell'IVA;
- 19.304.193,11 € IVA inclusa.

## 6.1. Costi di massima

Nel seguito si riporta il prospetto dei costi di massima stimati per la realizzazione del progetto in esame. Per un'analisi più dettagliata si faccia rifermento al computo metrico allegato al seguente progetto.

| QUADRO ECONOMICO GENERALE DELL'OPERA | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **DESCRIZIONE** | **IMPORTI €** | **IVA%** | **IVA €** | **TOTALE IVA COMPRESA €** |
| **A) COSTO DEI LAVORI** | | | | |
| A1.1 - Preparazione cantiere e rimozione vegetazione | 60.604,50 € | 10,00% | 6.060,45 € | 66.664,95 € |
| A1.2 - Opere di scavo, viabilità di cantiere e formazione piazzole | 1.055.346,86 € | 10,00% | 105.534,69 € | 1.160.881,55 € |
| A1.3 - Opere di scavo e posa cavidotti su terreno e su asfalto e ripristini | 393.672,34 € | 10,00% | 39.367,23 € | 433.039,57 € |
| A1.4 - Opere di fondazione delle turbine e impianto di terra | 849.331,59 € | 10,00% | 84.933,16 € | 934.264,75 € |
| A1.5 - Fornitura e montaggio turbine | 13.590.000,00 € | 10,00% | 1.359.000,00 € | 14.949.000,00 € |
| 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 | 439.402,88 € | 22,00% | 96.668,63 € | 536.071,51 € |
| A4.1 - Spese previste dallo Studio Preliminare Ambientale | 14.470,31 € | 22,00% | 3.183,47 € | 17.653,78 € |
| A5.1 - Opere connesse - Preventivo di connessione | 839.850,00 € | 22,00% | 184.767,00 € | 1.024.617,00 € |
| **TOTALE A** | **17.402.678,48 €** | | **1.901.514,63 €** | **19.304.193,11 €** |
| **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** | **18.038.678,48 €** | | **2.041.434,63 €** | **20.080.113,11 €** |

* Le spese di progettazione sono comprensive di: spese relative alla redazione degli elaborati incluso lo Studio Preliminare Ambientale, spese di consulenza e supporto tecnico.

** Collaudo tecnico, amministrativo, collaudi specialistici e relativi oneri.

## 6.2. Costi di esercizio

Un impianto eolico ha pochi costi di esercizio dato che è totalmente automatizzato e collegato ad un sistema di controllo telematico. In questo modo è possibile effettuare la gestione ordinaria a distanza senza alcun presidio sul posto di personale addetto.

Date queste premesse, i costi di gestione possono essere schematizzati come di seguito:

- costi per la manutenzione comprensiva sia di quella programmata che straordinaria;
- assicurazioni;
- varie ed eventuali.

| | **Unità** | **Prezzo [€/anno]** |
|---|---|---|
| Costi di manutenzione | A corpo | 55.000 |
| Assicurazioni | A corpo | 45.000 |
| Varie ed eventuali | A corpo | 25.000 |
| **Totale Costo di Gestione e canoni** | | **125.000** |

Il costo della manutenzione programmata è definito con il produttore della turbina eolica che, nell'ambito dei contratti di global service si occupa anche della manutenzione della macchina con personale qualificato.

Le assicurazioni coprono la responsabilità civile ed i danni causati all'insediamento da incendi e guasti alle macchine o ad altre parti dell'impianto.

Nella voce varie ed eventuali rientrano i compensi da versarsi ai privati per l'usufrutto di servitù di passaggio ed affitti terreni.

A tutte queste voci di costo si prevede di destinare, a favore dei Comuni interessati dalla realizzazione del progetto una quota percentuale dei ricavi che deve essere definita tra le parti preventivamente all'avvio dei lavori.

### 6.3. Ricavi per la vendita dell'energia

Per il calcolo dei ricavi si è presa in considerazione un prezzo medio dell'energia prodotta pari a 0,120 €/kWh.

Fissata la tariffa di vendita e conoscendo la produzione annua dell'impianto in esame, è possibile calcolare il ricavo annuo per ognuna delle due macchine analizzate. Si considera solamente il caso con gli aerogeneratori limitati a 3MW, caso per cui è stato approvato il progetto elettrico da parte del gestore di rete.

| **Modello WTG** | **En. elettrica prodotta in 1 anno** | **Ricavo annuo risultante** |
|---|---|---|
| Vestas V136 | 28.110 MWh/anno | 3.373.200 € |
| Enercon E138 | 34.887 MWh/anno | 4.186.440 € |

## 7. Descrizione degli interventi previsti in progetto

La realizzazione dell'opera prevede l'esecuzione di fasi sequenziali di lavoro che permettono di contenere le operazioni nella zona di progetto facendole avanzare progressivamente.

L'intera progettazione e realizzazione è concepita nel rispetto del contesto naturale in cui l'impianto è inserito. I concetti di reversibilità degli interventi e di salvaguardia del territorio sono alla base del presente progetto che tende ad evitare e/o ridurre al minimo possibile le interferenze con le componenti paesaggistiche presenti nei territori circostanti. Tutti gli interventi proposti sono improntati sul principio di ripristino dello stato originario dei luoghi da un punto di vista geomorfologico e vegetazionale.

### 7.1. Fase di costruzione

Il materiale prodotto durante gli scavi per la realizzazione delle fondazioni, per la realizzazione della viabilità di servizio e quello prodotto durante gli scavi per la posa degli elettrodotti interrati è costituito da strati superficiali di depositi eterogranulari grossolani costituiti da una ghiaia con ciottoli ben arrotondati immersi in un'abbondante matrice sabbiosa e sabbiosa-limosa.

Il substrato roccioso, non affiorante nelle aree di intervento, è costituito da un conglomerato mal selezionato con dimensioni molto varie.

Il terreno eccedente durante la fase di realizzazione delle piazzole e della viabilità di accesso viene stoccato in un'area dedicata per essere successivamente utilizzato per i ripristini geomorfologici e vegetazionali delle aree a completamento dei lavori o per la fase di dismissione.

I detriti classificati come suolo sterile possono essere utilizzati per la realizzazione dei rilevati e per le fondazioni di strade e piazzole di servizio.

Il riutilizzo quasi totale del materiale proveniente dagli scavi rende, di fatto, non necessario il conferimento in discarica del terreno di risulta salvo casi particolari che saranno valutati in corso d'opera.

## 7.2. Fase di esercizio

Durante la fase di esercizio, l'impianto eolico non produce materiali di scarto. Gli addetti all'impianto sono in numero limitato e si occupano esclusivamente della manutenzione della cabina e del generatore posto sulla torre, delle strutture in ferro, delle opere civili e degli apparati elettrici.

Date le caratteristiche del progetto, gli impatti potenziali derivanti dall'impianto in esercizio sono riconducibili a:

- intrusioni visive;
- occupazioni del territorio;
- campi elettrici e campi magnetici.

Per quanto concerne le intrusioni visive e le emissioni elettromagnetiche si rimanda a quanto riportato nelle relazioni specialistiche.

Per quel che riguarda l'occupazione del territorio va sottolineato che, in fase di esercizio, l'occupazione di aree è limitata ai pochi mq della torre e della cabina di consegna. L'utilizzo ed il recupero della viabilità esistente, insieme al ridotto impatto sul territorio non determinano, infatti, un consumo e un'occupazione di territorio.

Si rimanda per qualsiasi altro riferimento progettuale di dettaglio agli elaborati grafici del progetto.

## 7.3. Fase di dismissione

Per la fase di dismissione, viene dapprima data comunicazione a tutti gli enti interessati che l'intero impianto eolico sarà smantellato con ripristino dello stato dei luoghi. Le fasi operative programmate per il "decommissioning" e il ripristino sono le seguenti:

- rimozione del sistema aerogeneratore-rotore;
- rimozione della torre e della relativa fondazione;
- rimozione della cabina e delle opere civili;
- rimozione di tutte le linee in BT e MT;
- demolizione della breve viabilità di ingresso alla torre;
- sistemazione delle aree interessate;
- ripristini vegetazionali.

In particolare, la rimozione dell'annesso torre-aerogeneratore-pale così come della cabina utente è eseguita da ditte specializzate con recupero dei materiali che anche a fine vita possono essere ricondizionati e riutilizzati.

È previsto lo smaltimento delle varie apparecchiature e del materiale di risulta degli impianti presso discariche autorizzate.

È quindi possibile, nelle limitate aree interessate dagli interventi, restituire le stesse all'uso originario.

Si prevedono in generale ripristini vegetazionali e di vegetazione arborea utilizzando essenze autoctone per assicurare il ripristino dei luoghi allo stato originario.

Sarà garantita la rimozione completa delle linee elettriche dell'impianto eolico con il conferimento agli impianti di recupero e trattamento secondo la normativa vigente.

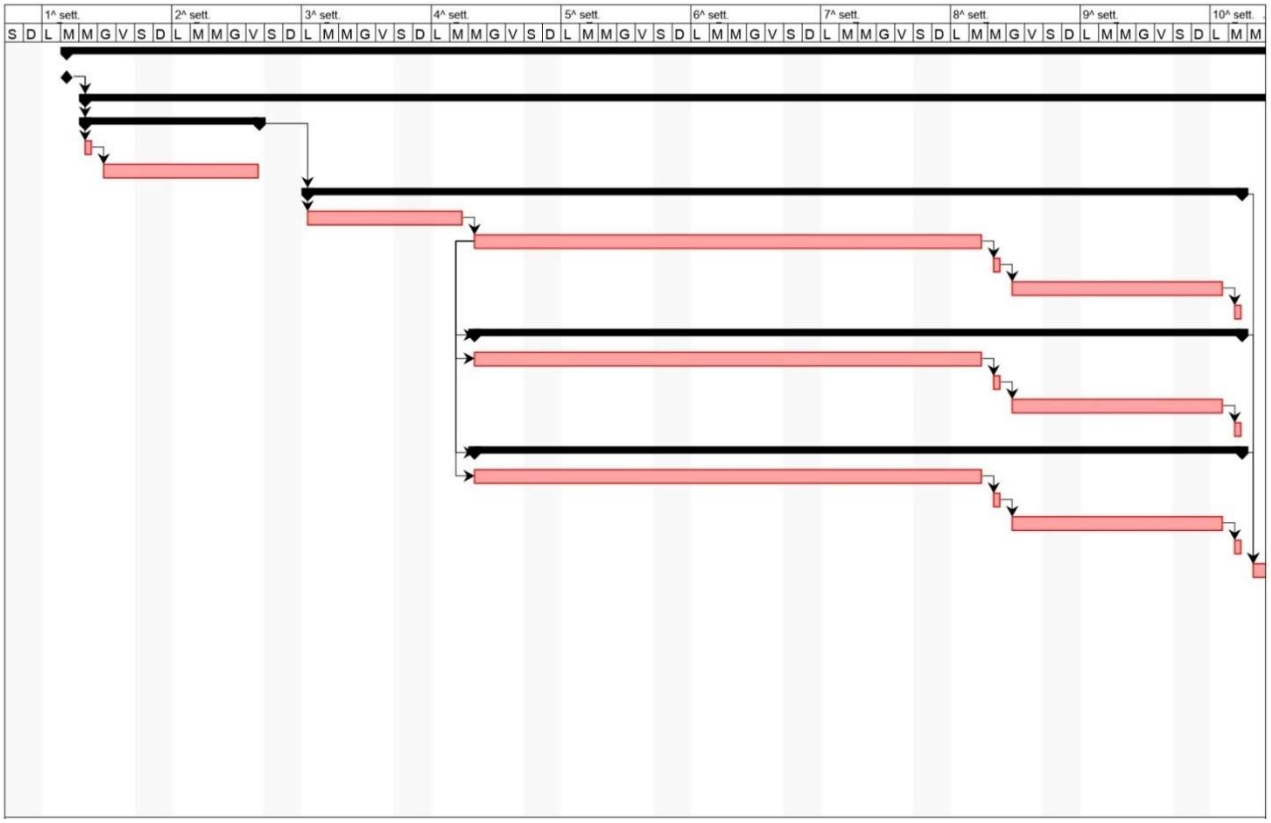
Per quanto riguarda invece le opere di connessione, comprensive di cabina del distributore, queste saranno realizzate in favore di e-distribuzione S.p.a. e da quest'ultima utilizzate per svolgere il servizio pubblico di distribuzione dell'energia. Per tale motivo la dismissione di tali manufatti non sarà legata alla dismissione dell'impianto di produzione.

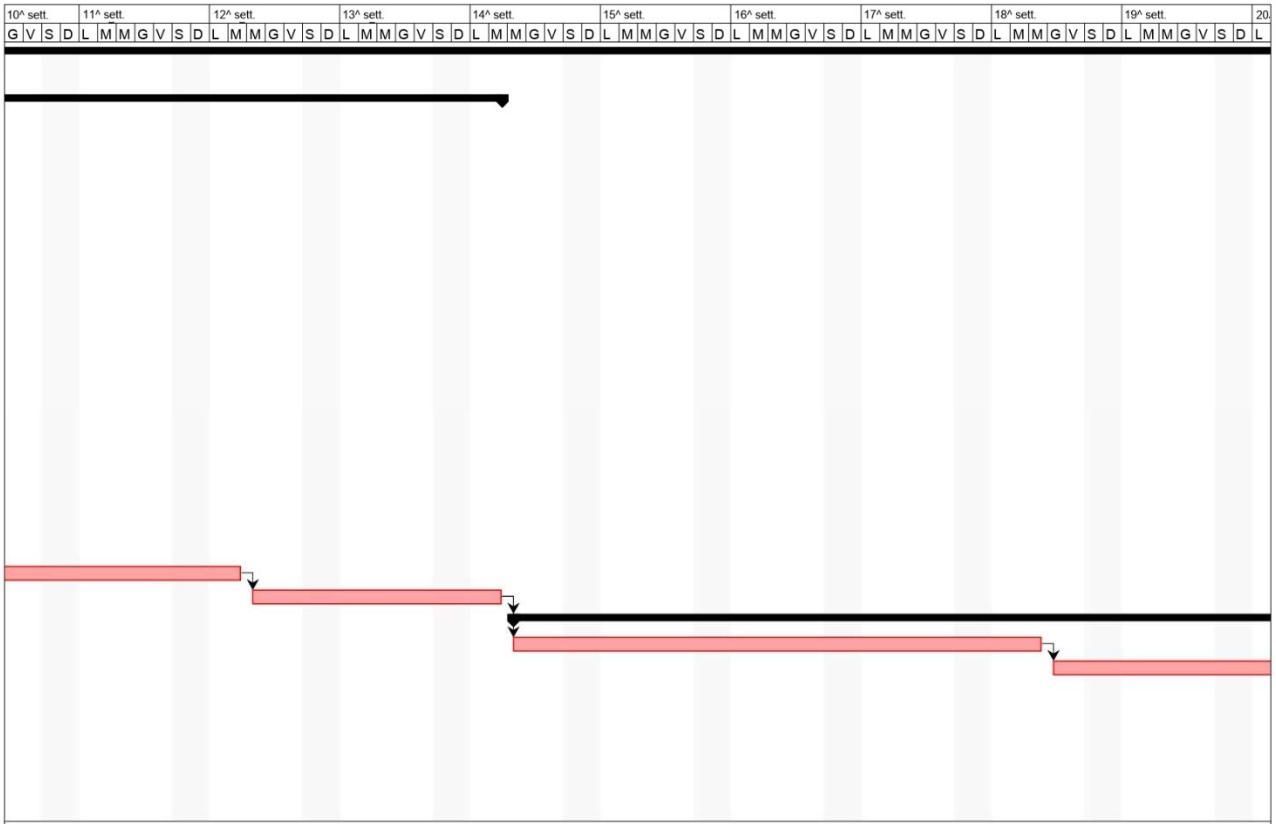
# 8. Cronoprogramma

Si riporta di seguito il cronoprogramma della fase di costruzione dell'impianto analizzato.

| | **Parco Eolico di Savona – Loc. Piandelmelo (9MW) – CRONOPROGRAMMA DI DISMISSIONE** | |
|---|---|---|
| | **Nome** | **Durata [gg]** |
| | Inizio lavori | 1 |
| | **Realizzazione opere civili** | **65** |
| | **Allestimento cantieri e pulizia aree** | **8** |
| | Delimitazione area di cantiere | 1 |
| | Taglio piante | 7 |
| | **Realizzazione WTG01** | **37** |
| | Realizzazione della viabilità della piazzola 1 | 7 |
| | Scavi piazzola e fondazioni WTG01 | 20 |
| | Getto magrone | 1 |
| | Posa armatura plinto di fondazione | 8 |
| | Getto plinto di fondazione | 1 |
| | **Realizzazione WTG02** | **30** |
| | Scavi piazzola e fondazioni WTG02 | 20 |
| | Getto magrone | 1 |
| | Posa armatura plinto di fondazione | 8 |
| | Getto plinto di fondazione | 1 |
| | **Realizzazione WTG03** | **30** |
| | Scavi piazzola e fondazioni WTG03 | 20 |
| | Getto magrone | 1 |
| | Posa armatura plinto di fondazione | 8 |
| | Getto plinto di fondazione | 1 |
| | Realizzazione locale tecnico e cabina di consegna | 10 |
| | Posa dei cavidotti | 10 |
| | **Montaggi** | **46** |
| | Montaggio strutturale aerogeneratori | 21 |
| | Montaggio elettrico aerogeneratori | 15 |
| | Allestimento quadri di parallelo locale utente | 10 |
| | **Avviamento impianto e chiusura lavori** | **32** |
| | Collaudo ENEL | 1 |
| | Primo parallelo | 1 |
| | Ripristini ambientali | 30 |
| | Fine lavori | 1 |
| | **Totale** | **145** |

*Figura 21: Cronoprogramma della fase di realizzazione.*


1^ sett.
2^ sett.
3^ sett.
4^ sett.
5^ sett.
6^ sett.
7^ sett.
8^ sett.
9^ sett.
10^ sett.
S D L M M G V S D L M M G V S D L M M G V S D L M M G V S D L M M G V S D L M M G V S D L M M G V S D L M M G V S D L M M G V S D L M M G V S D L M M


10^ sett.
11^ sett.
12^ sett.
13^ sett.
14^ sett.
15^ sett.
16^ sett.
17^ sett.
18^ sett.
19^ sett.
G V S D L M M G V S D L M M G V S D L M M G V S D L M M G V S D L M M G V S D L M M G V S D L M M G V S D L M M G V S D L M M G V S D L M M G V S D L M M G V S D L

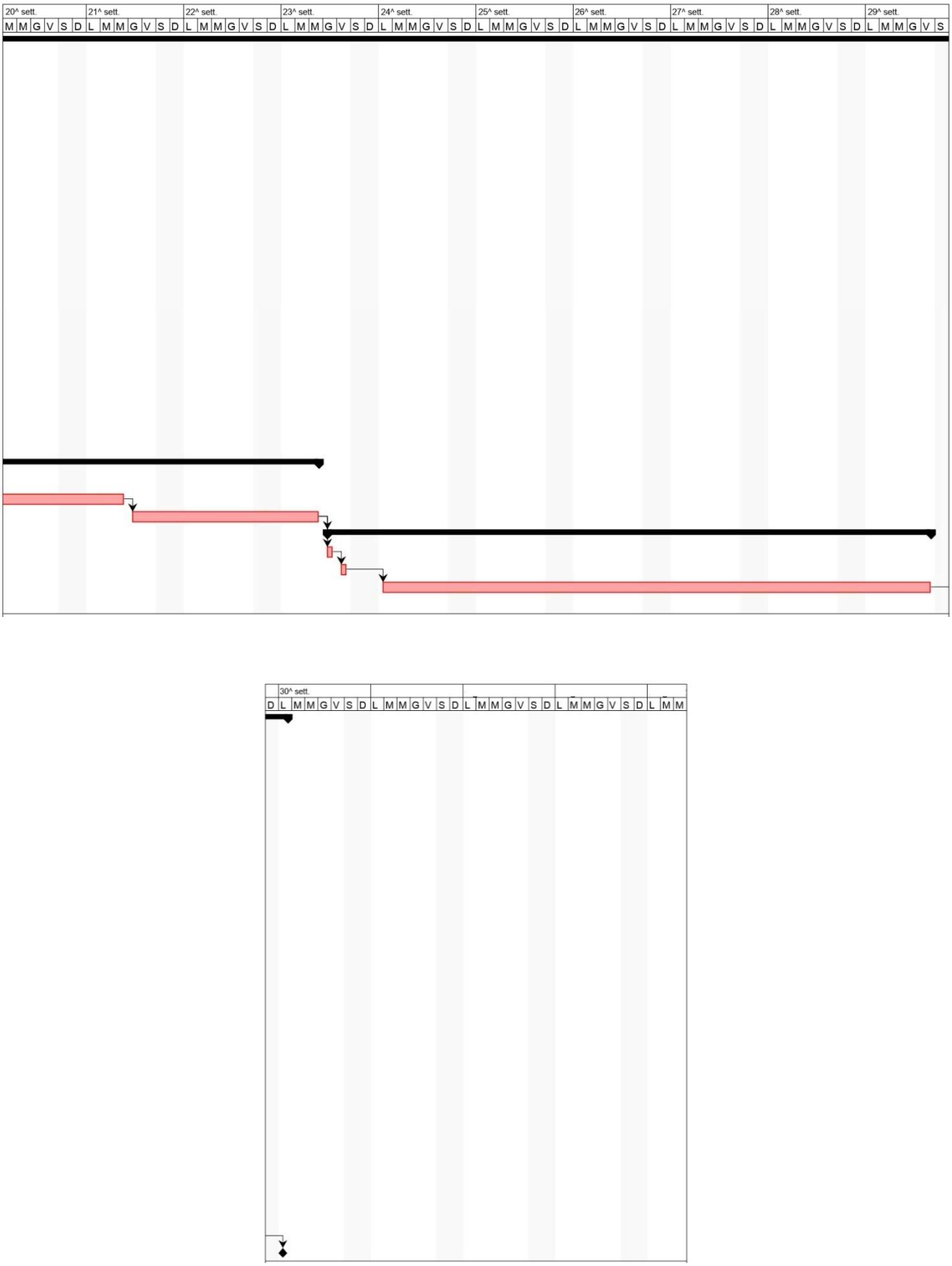



*Figura 22: Diagramma di Gantt.*