

REGIONE SARDEGNA

Provincia del Sulcis Iglesiente

COMUNI DI CARBONIA E IGLESIAS



REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.
1	EMISSIONE PER ENTI ESTERNI	27/05/22	ANTEX	FURNO C.	NASTASI A.
0	EMISSIONE PER COMMENTI	20/05/22	ANTEX	FURNO C.	NASTASI A.

Committente:

IBERDROLA RENOVABLES ITALIA S.p.A.



Sede legale in Piazzale dell'Industria, 40, 00144, Roma
Partita I.V.A. 06977481008 - PEC: iberdrolarenovablesitalia@pec.it

Società di Progettazione:



Ingegneria & Innovazione

Via Jonica, 16 - Loc. Belvedere - 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1663409
Web: www.antexgroup.it e-mail: info@antexgroup.it

Progetto:

PARCO EOLICO "CARBONIA"

Progettista/Resp. Tecnico

Dott. Ing. Cesare Furno
Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Catania
n° 6130 sez. A

Elaborato:

RELAZIONE GENERALE TECNICA DESCRITTIVA

Progettista Elettrico:

Dott. Ing. Antonino Signorello
Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Catania
n° 6130 sez. A

Scala:

NA

Nome DIS/FILE:

C20033S05-PD-RT-01-01

Allegato:

1/1

F.to:

A4

Livello:

DEFINITIVO

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.
È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.



INDICE

1. PREMESSA.....	4
2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	5
3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....	9
4. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	10
4.1. Riferimenti Cartografici e Posizioni Aerogeneratori.....	10
4.2. Inquadramento Geologico e Geomorfologico.....	13
4.3. Contesto Idrogeologico	14
4.4. Sismicità.....	15
5. L'IMPIANTO EOLICO.....	16
6. LISTA ANAGRAFICA DEI COMPONENTI L'IMPIANTO	19
6.1. Aerogeneratori	19
6.1.1. Specifiche tecniche Aerogeneratori.....	21
6.1.2. Sistemi elettrici e di controllo interni	24
6.1.3. Sistemi elettrici e di controllo esterni.....	24
6.1.4. Descrizione dei componenti principali.....	24
6.1.5. Schemi di funzionamento dei componenti dell'impianto.....	28
6.1.6. Potenza Stimata del Parco eolico.....	29
6.1.7. Analisi acustica	31
6.2. Cavidotti.....	42
6.2.1. Generalità.....	42
6.2.2. Dati tecnici del cavo utilizzato.....	42
6.2.3. Profondità e sistema di posa cavi	44
6.2.4. Fibra ottica di collegamento	46
6.2.5. Sistema di terra	47
6.2.6. Opere civili cavidotti	47
6.3. Stazione di Utenza	48

6.4. Opere di rete per la connessione alla RTN	51
7. INFRASTRUTTURE ED OPERE CIVILI	52
7.1. Fondazione Aerogeneratore.....	52
7.2. Piazzole Aerogeneratori	52
7.3. Strade di Accesso e Viabilità di Servizio.....	53
7.3.1. Viabilità di accesso al Sito	53
7.3.2. Viabilità di Servizio	57
7.4. Rilevati e Sovrastrutture – Bonifiche e Sottofondi.....	59
7.4.1. Rilevati aridi e soprastrutture per piazzole e strade.....	59
7.4.2. Sovrastrutture per piazzole e strade.....	60
7.4.3. Sistemazione del piano di posa.....	61
7.4.4. Pavimentazione con materiale arido	62
7.5. Verifica Geotecnica della Fondazione Stradale	63
7.5.1. Caratteristiche geometriche delle strade e delle piazzole.....	63
7.5.2. Dimensionamento di massima della pavimentazione delle strade e delle piazzole	63
8. OPERE DI INGEGNERIA AMBIENTALE	64
8.1. Generalità	64
8.2. Specifiche tecniche degli interventi.....	66
8.2.1. Cunetta vivente.....	66
8.2.2. Canalizzazioni in pietrame e legno.....	67
8.2.3. Idrosemina e rivestimenti antiersivi	68
9. OPERE IDRAULICHE.....	71

1. PREMESSA

Su incarico di IBERDROLA Renovables Italia S.p.A., la società ANTEX GROUP Srl ha redatto il progetto definitivo per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica, denominato Parco Eolico "Carbonia", con potenza nominale installata pari a 66 MW, da realizzarsi nei territori dei Comuni di Carbonia e Iglesias nella Provincia di Sulcis Iglesiente. Il numero totale di turbine eoliche che saranno installate è pari a 11 con una potenza nominale pari a 6 MW per ogni aerogeneratore.

Gli aerogeneratori saranno collegati alla nuova Stazione di trasformazione Utente, posta nel comune di Gonnese, tramite cavidotti interrati con tensione nominale pari a 33 kV.

La stazione di trasformazione utente riceverà l'energia proveniente dall'impianto eolico a 33 kV e la eleverà alla tensione di 220 kV. Tutta l'energia elettrica prodotta verrà ceduta alla rete tramite collegamento in antenna a 220 kV sulla futura Stazione Elettrica (SE) di Smistamento 220 kV della RTN da inserire in entra - esce alla linea RTN a 220 kV "Sulcis - Oristano".

Le attività di progettazione definitiva e di studio di impatto ambientale sono state sviluppate dalla società di ingegneria Antex Group Srl.

Antex Group Srl è una società che fornisce servizi globali di consulenza e management ad Aziende private ed Enti pubblici che intendono realizzare opere ed investimenti su scala nazionale ed internazionale.

È costituita da selezionati e qualificati professionisti uniti dalla comune esperienza professionale nell'ambito delle consulenze ingegneristiche, tecniche, ambientali, gestionali, legali e di finanza agevolata e pone a fondamento delle attività, quale elemento essenziale della propria esistenza come unità economica organizzata ed a garanzia di un futuro sviluppo, i principi della qualità, come espressi dalle norme ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001 nelle loro ultime edizioni.

Antex Group in un'ottica di sviluppo sostenibile proprio e per i propri clienti, è in possesso di un proprio Sistema di Gestione Qualità certificato ISO 9001:2015 per attività di "Servizi tecnico-professionali di ingegneria multidisciplinare".

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Energie rinnovabili

- D.Lgs. 387/2003
- D.Lgs. 28/2011
- Per la redazione del presente progetto si è fatto riferimento, tra l'altro, alla seguente normativa:
- DECRETO 28 aprile 2005. Criteri relativi ai progetti per la realizzazione di impianti industriali per la produzione di energia mediante lo sfruttamento del vento
- DECRETO n. 91/GAB del 25 giugno 2007. Adozione delle misure idonee e garantire la tutela dell'ambiente e del paesaggio ai fini del rilascio dei provvedimenti di cui al D.P.R. 12 aprile 1996 per gli impianti di sfruttamento dell'energia eolica

Rumore

- Legge 26 ottobre 1995, n. 447 "Legge Quadro sull'inquinamento acustico": stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico;
- D.P.C.M. 14 novembre 1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore": contiene le definizioni e le quantificazioni relative ai valori di emissione, immissione, differenziali, di attenzione e di qualità che le attività umane sono tenute a rispettare;
- D.M. 16 marzo 1998 "Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico": riporta le modalità sulla base delle quali il tecnico competente in acustica deve effettuare le misurazioni fonometriche e redigere il conseguente rapporto di valutazione;
- Norma UNI/TS 11143-7 "Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti – Parte 7: Rumore degli aerogeneratori".

Cavidotti, linee elettriche, sottostazione e cabina di trasformazione

- Regio Decreto 11 dicembre 1933, n. 1775 "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici;
- D.P.R. 18 marzo 1965, n. 342 "Norme integrative della legge 6 dicembre 1962, n. 1643 e norme relative al coordinamento e all'esercizio delle attività elettriche esercitate da enti ed imprese diversi dall'Ente Nazionale per l'Energia Elettrica";
- Legge 28 giugno 1986, n. 339 "Nuove norme per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- Decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112 "Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59";
- Norma CEI 211-4/1996 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche";
- Norma CEI 211-6/2001 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli cavidotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) – Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo"
- Norma CEI 11-17/2006 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica–Linee in cavo";

- DM 29/05/2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli cavidotti".
- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetiche.
- CEI 0-16 Ed. III, dicembre 2012: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica
- CEI 11-1 Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Norma Generale. Fasc. 1003
- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo. Fasc. 8408 ed 2006
- CEI 11-48 Esercizio degli impianti elettrici
- CEI 14-4 Trasformatori di potenza Fasc. 609
- CEI 14-4V1 Variante n. 1 Fasc. 696S
- CEI 14-4 V2 Variante n. 2 Fasc. 1057V
- CEI 14-4 V3 Variante n. 3 Fasc. 1144V
- CEI 14-4 V4 Variante n. 4 Fasc. 1294V
- CEI 14-8 Trasformatori di potenza a secco Fasc. 1768
- CEI 14-12 Trasformatori trifase di distribuzione di tipo a secco a 50 Hz, da 100 kVA a 2500 kVA con una tensione massima per il componente non superiore a 36kV. Parte 1: Prescrizioni generali e prescrizioni per trasformatori con una tensione massima per il componente non superiore a 24kV Fasc. 4149C
- CEI 17-1 Interruttori a corrente alternata a tensione superiore a 1000V Fasc. 1375
- CEI 17-1 V1 Variante n. 1 Fasc. 1807V
- CEI 17-4 Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata a tensione superiore a 1000V Fasc. 1343
- CEI 17-4 EC Errata corrige Fasc. 1832V
- CEI 17-4 V1 Variante n. 1 Fasc. 2345V
- CEI 17-4 V2 Variante n. 2 Fasc. 2656V
- CEI 17-6 Apparecchiatura prefabbricata con involucro metallico per tensioni da 1 a 52kV Fasc. 2056
- CEI 17-13/1 Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) – parte I: Apparecchiature di serie soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature non di serie parzialmente soggette a prove di tipo (ANS) Fasc. 2463E
- CEI 17-13/2 Apparecchiatura assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) – parte II: Prescrizioni particolari per i condotti sbarre Fasc. 2190
- CEI 17-43 Metodo per la determinazione della sovratemperatura mediante estrapolazione per le apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) ANS Fasc. 1873
- CEI 17-52 Metodo per la determinazione della tenuta al corto circuito delle apparecchiature non di serie (ANS) Fasc. 2252
- CEI 20-13 Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30kV Fasc. 1843
- CEI 20-13 V1 Variante n. 1 Fasc. 2357V

- CEI 20-13 V2 Variante n. 2 Fasc. 2434V
- CEI 20-22II Prova d'incendio su cavi elettrici. Parte 2: Prova di non propagazione dell'incendio Fasc. 2662
- CEI 20-22III Prova d'incendio su cavi elettrici. Parte 3: Prove su fili o cavi disposti a fascio Fasc. 2663
- CEI 20-35 Prove sui cavi elettrici sottoposti a fuoco. Parte 1: Prova di non propagazione della fiamma sul singolo cavo verticale. Fasc. 688
- CEI 20-35V1 Variante n. 1 Fasc. 2051V
- CEI 20-37/1 Cavi elettrici – Prove sui gas emessi durante la combustione Fasc. 739
- CEI 20-37/2 Prove sui gas emessi durante la combustione dei cavi – Determinazione dell'indice di acidità (corrosività) dei gas mediante la misurazione del pH e della conduttività Fasc. 2127
- CEI 20-37/3 Misura della densità del fumo emesso dai cavi elettrici sottoposti e combustione in condizioni definite. Parte 1: Apparecchiature di prova Fasc. 2191
- CEI 20-38 Cavi isolati con gomma non propaganti l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi. Parte 1: Tensioni nominali U_0/U non superiore a 0.6/1kV Fasc. 2312
- CEI UNEL35024/1 Portata dei cavi in regime permanente Fasc. 3516 Per impianti elettrici utilizzatori:
- CEI 64-8/1 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua Fasc. 4131
- CEI 70-1 Grado di protezione degli involucri (codice IP) Fasc. 3227C Per impianti elettrici ad alta tensione e di distribuzione pubblica di bassa tensione:
- CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1kV in corrente alternata Fasc. 5025
- CEI 11-18 Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Dimensionamento degli impianti in relazione alle tensioni Fasc. 3703R
- L'impianto dovrà essere conforme inoltre alle prescrizioni contenute nella Specifica Tecnica Terna "requisiti e caratteristiche di riferimento delle stazioni elettriche della RTN".

Opere civili

- Legge 5 novembre 1971, n. 1086 (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321) "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";
- Legge 2 febbraio 1974, n. 64 (G. U. 21 marzo 1974 n. 76) "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"; D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- D. M. Infrastrutture Trasporti 17/01/2018 (G.U. 20/02/2018 n. 42 - Suppl. Ord. n. 8) Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni".
- Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nelle seguenti norme:
- Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (G.U. 26 febbraio 2009 n. 27 – Suppl. Ord.) "Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 14 gennaio 2008".

- Circolare Consiglio Superiore Lavori Pubblici del 02/02/2009 contenente istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008;
- Consiglio Nazionale delle Ricerche "Norme tecniche n. 78 del 28 luglio 1980 sulle caratteristiche geometriche delle strade extraurbane.
- IEC 60400-1 "Wind Turbine safety and design";
- Eurocodice 2 "Design of concrete structures".
- Eurocodice 3 "Design of steel structures".
- Eurocodice 4 "Design of composite steel and concrete structures".
- Eurocodice 7 "Geotechnical design".
- Eurocodice 8 "Design of structures for earthquake resistance".

Sicurezza

- D.LGS 9 Aprile 2008 "Testo unico sulla sicurezza"

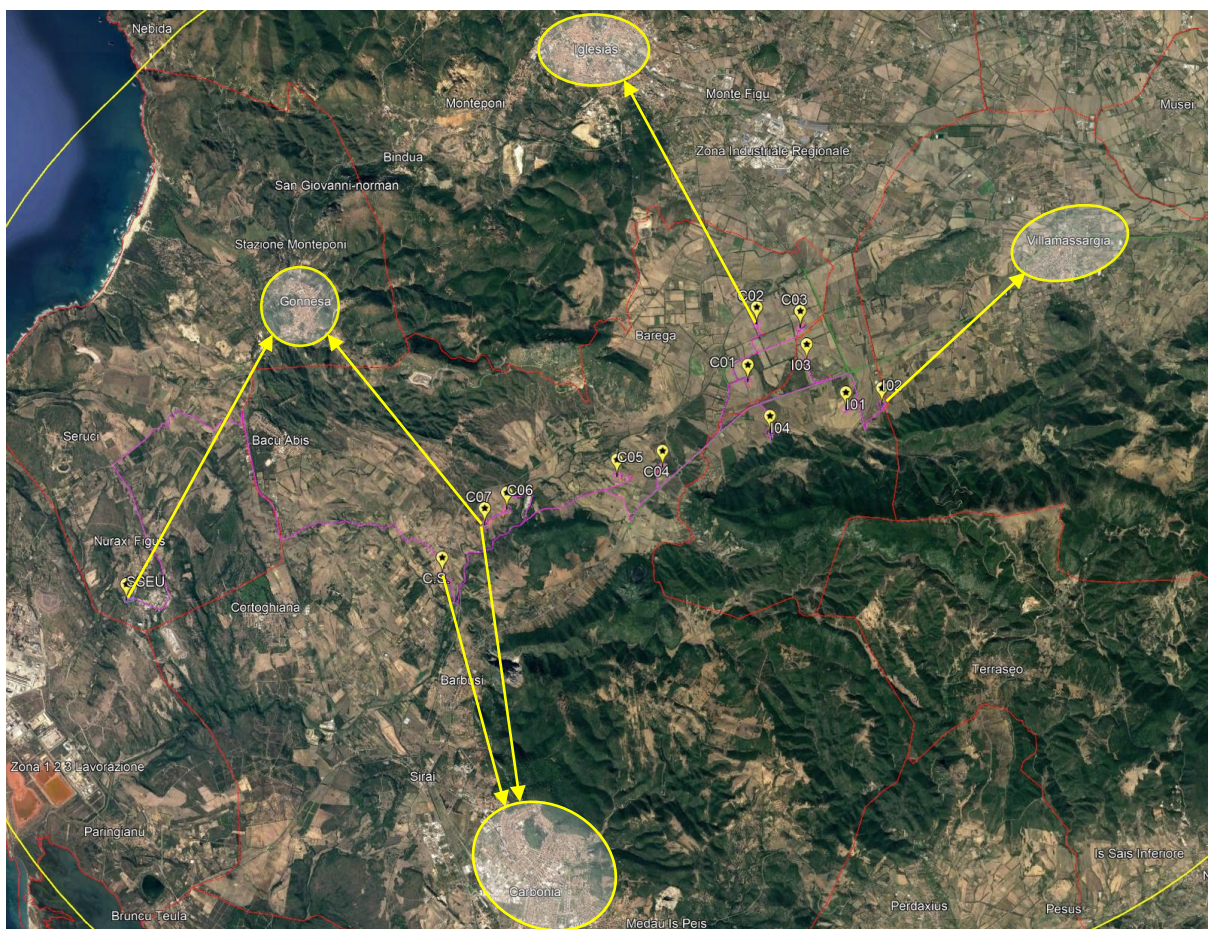
3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto prevede la realizzazione di 11 aerogeneratori ed opere di connessione, inclusive di piazzole di costruzione e di esercizio, viabilità di accesso, cavidotti e sottostazione di trasformazione, ubicati in agro nei Comuni di Carbonia e Iglesias, Provincia Sulcis Iglesiente, di potenza complessiva di 66 MW, denominato "Carbonia". Gli aerogeneratori saranno collegati alla nuova Sottostazione elettrica utente di trasformazione e consegna, posta nel Comune di Gonnese, tramite cavidotti interrati con tensione nominale pari a 33 kV.

La stazione di trasformazione utente riceverà l'energia proveniente dall'impianto eolico a 33 kV e la eleverà alla tensione di 220 kV. Tutta l'energia elettrica prodotta verrà ceduta alla rete tramite collegamento in antenna a 220 kV sulla futura Stazione Elettrica (SE) di Smistamento 220 kV della RTN da inserire in entra – esce alla linea RTN a 220 kV "Sulcis - Oristano".

I centri urbani maggiormente interessati dal futuro impianto eolico e ricadenti all'interno dell'area di impatto potenziale, sono:

- Carbonia, dista circa 5,6 km dall'aerogeneratore C07 più vicino;
- Iglesias, dista circa 5,1 km dall'aerogeneratore C02 più vicino;
- Gonnese, dista circa 4,9 km dall'aerogeneratore C07 più vicino;
- Villamassargia, dista circa 3,8 km dall'aerogeneratore I02 più vicino.



La sottostazione sarà ubicata nel Comune di Gonnese e dista circa 5,9 km dal centro abitato di appartenenza, mentre la cabina di sezionamento sarà installata nel Comune di Carbonia a circa 4,7 km dallo stesso.

4. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

4.1. Riferimenti Cartografici e Posizioni Aerogeneratori

Il progetto si colloca all'interno delle seguenti cartografie:

- Fogli IGM in scala 1:25.000 di cui alle seguenti codifiche:
 - 555 IV Buggerru;
 - 555 I Iglesias;
 - 555 III Portoscuso;
 - 555 II Villamassargia;
 - 564 IV Calasetta;
 - 564 I Carbonia.
- CTR in scala 1:10.000, di cui alle seguenti codifiche:
 - 555100;
 - 555110;
 - 555120;
 - 555140;
 - 555150 e 555160.

I fogli di mappa catastali interessati dalle turbine e le loro componenti sono:

- Foglio di mappa n. 802 – 807 – 808 – 815 del Comune di Iglesias
- Foglio di mappa n. 46 – 47 – 52 – 53 – 56 del Comune Carbonia.

I fogli di mappa interessati dal solo passaggio dei cavidotti in MT, peraltro su strade comunali o provinciali, sono:

- Fogli di mappa n. 802 – 806 – 807 – 808 – 815 del Comune di Iglesias;
- Fogli di mappa n. 1 – 2 – 3 – 38 – 43 – 46 – 47 – 48 – 49 – 52 – 53 – 54 – 56 del Comune di Carbonia;
- Fogli di mappa n. 12 – 13 – 14 – 15 del Comune di Gonnese.

Il foglio di mappa interessato dalla sottostazione elettrica é:

- Fogli di mappa n. 45 del Comune di Gonnese

Il foglio di mappa interessato dalla cabina di sezionamento è:

- Foglio di mappa n. 2 del Comune di Carbonia

Di seguito si riportano le coordinate degli aerogeneratori e della SSE-Utente nel sistema di riferimento UTM WGS84.

ID WTG	Est	Nord	Quota slm (m)	Comune
I01	464837.00 m E	4344415.00 m N	180	Iglesias
I02	465533.00 m E	4344496.00 m N	183	Iglesias
I03	464089.00 m E	4345349.00 m N	147	Iglesias
I04	463370.00 m E	4343970.00 m N	179	Iglesias
C01	462948.00 m E	4344958.00 m N	148	Carbonia
C02	463125.00 m E	4346070.00 m N	145	Carbonia
C03	463968.00 m E	4345991.00 m N	150	Carbonia
C04	461290.00 m E	4343311.00 m N	136	Carbonia
C05	460408.00 m E	4343146.00 m N	124	Carbonia
C06	458270.00 m E	4342521.00 m N	99	Carbonia
C07	457840.00 m E	4342223.00 m N	96	Carbonia
CABINA SEZIONAMENTO	457011.00 m E	4341276.00 m N	93	Carbonia
SSE-UTENTE	450888.00 m E	4340792.00 m N	97	Gonnesa

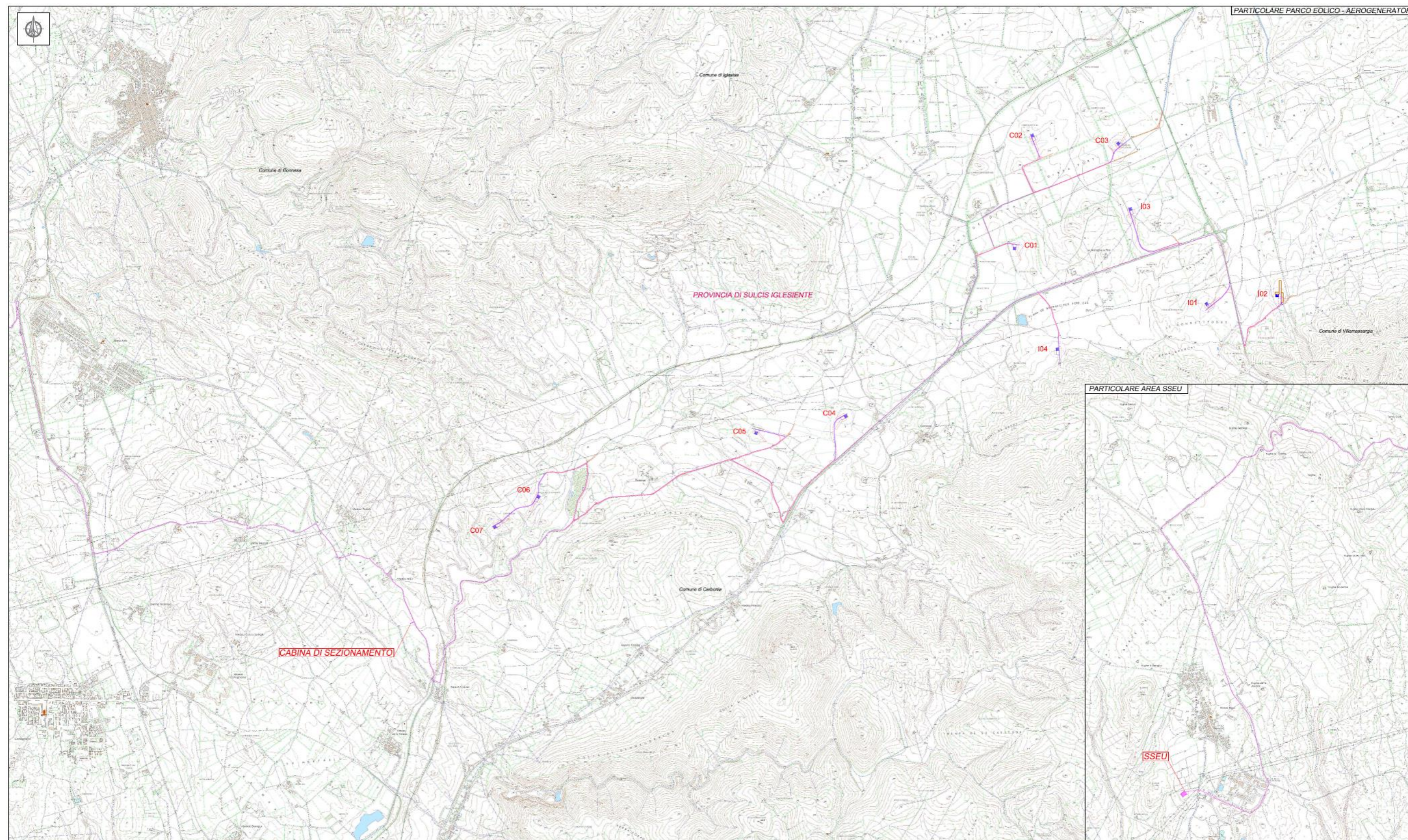


Figura 1 – Inquadramento su CTR dell'impianto

4.2. Inquadramento Geologico e Geomorfologico

L'area sulla quale verranno installate le turbine e relativa viabilità ricade nei fogli 555 II Villamassargia, 555 III Portoscuso della Carta Topografica d'Italia in scala 1: 25.000 dell'IGM. Le turbine sono ubicate nel territorio comunale Carbonia e Iglesias in Provincia del Sulcis Iglesiente in un'area scarsamente antropizzata con un utilizzo prettamente agricolo. Il cavidotto invece è previsto che segua per lo più la viabilità interna al parco per poi proseguire nel territorio di Gonnese su cui insisterà anche la SSEU dell'impianto.

L'area di intervento è individuata sulla cartografia tecnica della Regione Autonoma della Sardegna in scala 1:10000, più precisamente all'interno delle CTR n° 555100; 555110; 555120; 555140; 555150 e 555160.

Geomorfologicamente il sito presenta un andamento degradante verso SW con pendenze intorno al 3-4%, e con una leggera pendenza a NW, caratterizzata da incisioni ad U e con rilievi poco pronunciati.

Sono presenti diverse incisioni che morfologicamente hanno una geometria arrotondata nelle zone più a valle e incisioni a V nelle zone collinari.

Visionando il DTM si evince che le uniche forme geomorfologiche evidenziate sono gli orli di scarpata in prossimità delle incisioni presenti, i punti di deflusso, orli di scarpata di faglia, orli di scarpata e orli di scarpata antropica

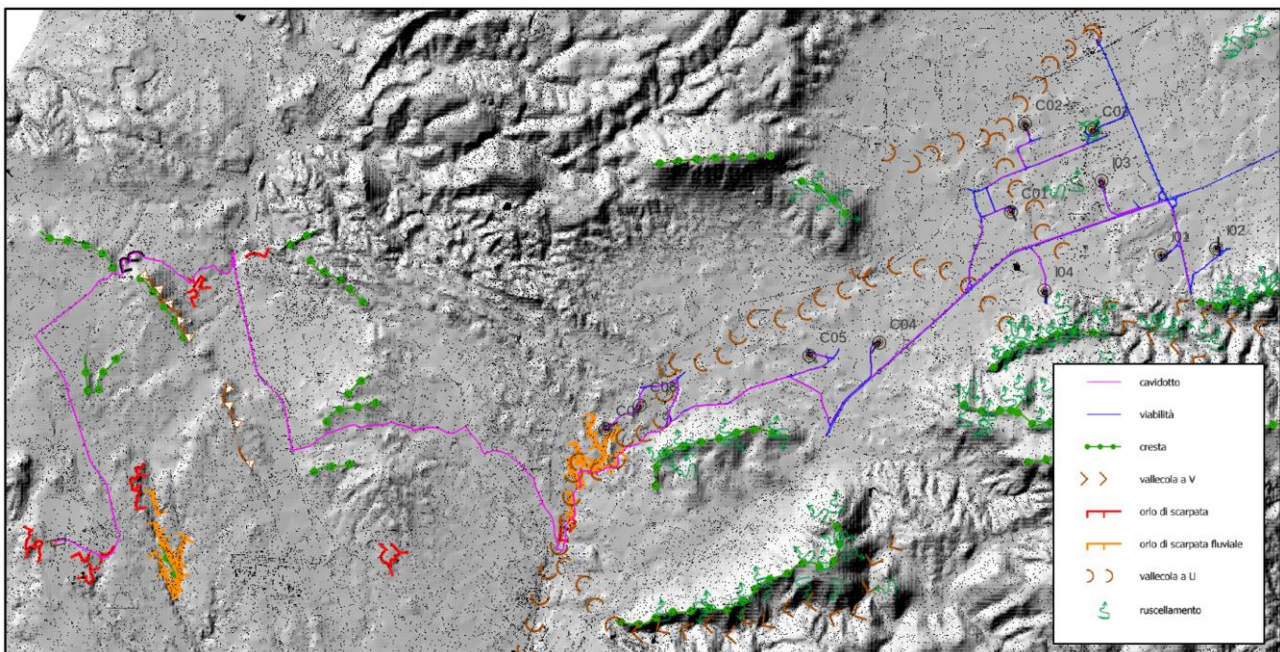


Figura 2 – Immagina rappresentativa delle strutture geomorfologiche presenti sovrapposte al DTM

Dal punto di vista geologico, il territorio caratterizzato da sedimenti di fluviali e da depositi sedimentari, inoltre i litotipi comprendono rocce di natura sedimentaria, metamorfica, intrusive ed effusive.

Il terreno vegetale rappresenta l'orizzonte superficiale dall'originario piano campagna, non sempre presente e con spessori estremamente diversificati (da pochi cm a poco più di 1 metro) derivante dall'alterazione in posto degli orizzonti superficiali delle formazioni affioranti. Considerando, inoltre, la posizione delle singole WTG in funzione dei litotipi, esse possono essere suddivise in:

- **WTG I03, I04 e C01** sono ubicate all'interno di depositi alluvionali caratterizzati sia da sedimenti attuali sia da quelli messi in posto durante le modificazioni oloceniche dell'ambiente fisico. I depositi più rappresentati sono quelli di pianura alluvionale, che mostrano passaggi progressivi a quelli di conoide alluvionale.
- **WTG I01 e I02** sono ubicate su all'interno della SUBSISTEMA DI PORTOSCUSO, tale area è caratterizzata da depositi di conoide e di piana alluvionale, depositi eolici e depositi di versante. I depositi alluvionali sono in genere grossolani (ghiaie grossolane sino a blocchi), a spigoli subangolosi e subarrotondati. Questi depositi localmente presentano stratificazioni incrociate concave e planari, in genere di limitata ampiezza e profondità.
- **WTG C02, C03, C04 e C05** sono ubicate nella FORMAZIONE DEL CIXERRI costituita da arenarie di tipo quarzoso-feldspatiche, conglomerati, marne ed argille siltose, alla base talora si trovano noduli concrezionari ferruginosi.
- **WTG C06** è ubicata all'interno del MEMBRO DI PUNTA SA BROCCIA che rappresenta la porzione basale, caratterizzata da prevalenti metaconglomerati e metabrecce alternati a metarenarie e metasiltiti, nettamente discordanti principalmente sulla formazione di Cabitza e subordinatamente sulle diverse formazioni pre-caradociane: "Calcari ceroidi" (GNN2), "Dolomie rigate" (GNN1) ed "Arenarie" sia del membro di Punta Manna (NEB2) che di Matoppa (NEB1), presso Gonnese.
- **WTG C07** è ubicata all'interno del MEMBRO DI MEDAU MURTAS costituito da una monotona successione di metasiltiti e metapeliti e di subordinate metarenarie con laminazioni piano-parallele. Il colore di queste litologie è prevalentemente rosso vinaccia e localmente verdolino. Spesso questi litotipi non presentano strutture sedimentarie e raramente sono presenti laminazioni piano-parallele

Per maggiori dettagli si rimanda allo specifico elaborato "Relazione Geologica, Geomorfologica e Sismica".

4.3. Contesto Idrogeologico

Il territorio occupato dal layout si trova tra i bacini del Sulcis e del Flumini Mannu, infatti le acque di ruscellamento confluiscono all'interno del Riu Cixerri (Bacino Flumini Mannu) e Riu Flumentipido che appartiene al bacino del Sulcis. L'idrogeologia del Foglio Iglesias, ed in particolare quella del settore centro-occidentale, ha risentito per un lungo periodo delle attività minerarie.

La zona è caratterizzata da diverse incisioni tra i quali il Riu Flumentipido che sfocia a Ovest e il Gora de Mesu che poi diventa Riu Cixerri che sfocia nel Cagliariitano, diversi impluvi e linee di deflusso che confluiscono nelle aste fluviali principali, allontanando così anche le acque piovane che si riversano nei dintorni delle turbine in progetto.

Le WTG non interferiscono con il reticolo fluviale mentre il cavidotto presenta alcune inferenze che in molti casi possono essere risolte tramite tecnologia TOC, spinta ad una profondità tra i 1,50 – 2 metri di profondità, al fine di evitare problemi di erosione fluviale che ne intaccherebbe la funzionalità.

La falda rilevata nell'escavazione di pozzi nelle vicinanze si attesta intorno ai 50-60 m.

Visto l'opera in oggetto, non c'è alcun rischio di inquinamento della falda, per cui non sussistono vincoli di sorta alla realizzazione del parco.

La permeabilità è variabile a seconda del litotipo attraversato ma tutti gli aerogeneratori ricadono all'interno di terreni ad alta permeabilità per porosità, questo però non comporta rischi per la falda in quanto le opere in progetto non producono inquinanti.

Per maggiori dettagli si rimanda allo specifico elaborato "Relazione Idrologica e Idraulica".

4.4. Sismicità

Ai fini della caratterizzazione dell'azione sismica di progetto, si è fatto riferimento alle direttive della normativa antisismica vigente, "Norme Tecniche per le Costruzioni per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

Considerando i vari litotipi presenti nel sito dovremmo aspettarci un V_{s30} compreso tra 180 m/s e 800 m/s, considerando anche che i primi metri siano molto fratturati, per cui, in questa fase si può ipotizzare un suolo di **Categoria B e C**:

Categoria B

"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)".

Categoria C

Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Queste valutazioni dovranno essere confermate in fase di progetto esecutivo con una campagna sismica atta a definire al meglio il valore di V_{s30eq} misurato e le caratteristiche sismiche dell'area in esame.

Per maggiori dettagli si rimanda allo specifico elaborato "Relazione Geologica, Geomorfologica e Sismica".

5. L'IMPIANTO EOLICO

L'impianto Eolico sarà costituito da n°11 aerogeneratori, tipo Vestas V162, ciascuno di potenza massima fino a 6,0 MW, corrispondenti ad una potenza di impianto di 66 MW. Gli aerogeneratori saranno collegati alla nuova Stazione di trasformazione Utente, posta nel Comune di Gonnese, tramite cavidotti interrati con tensione nominale pari a 33 kV. L'impianto si collegherà alla RTN per la consegna della energia elettrica prodotta attraverso una sottostazione elettrica utente di trasformazione tramite collegamento in antenna a 220 kV sulla futura Stazione Elettrica (SE) di Smistamento 220 kV della RTN da inserire in entra – esce alla linea RTN a 220 kV "Sulcis - Oristano".

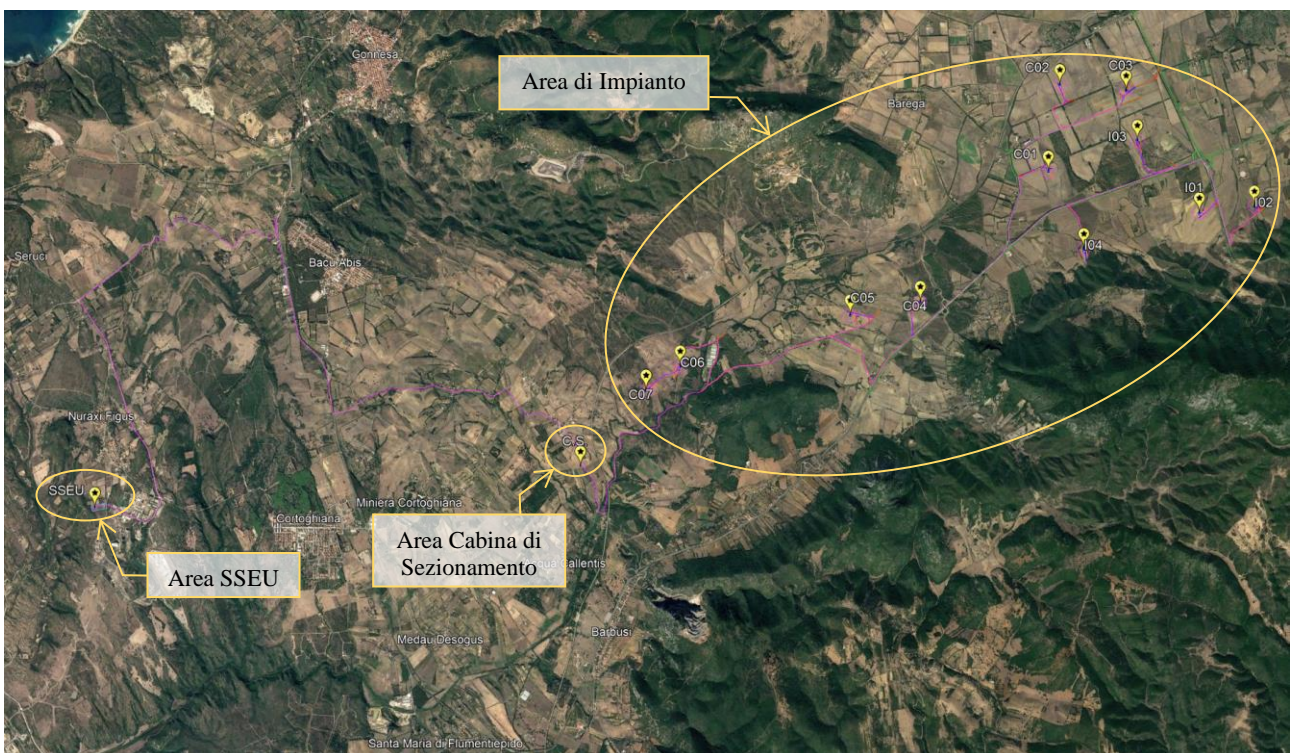


Figura 3 – Layout impianto eolico "Carbonia"

Dal punto di vista elettrico, gli aerogeneratori sono collegati fra di loro in quattro gruppi rispettivamente di 3 e 2 turbine ciascuno, tramite cavi di MT da 33 kV, costituendo così n.4 distinti sottocampi e collegati dapprima alla cabina di sezionamento e da quest'ultima alla sottostazione elettrica come mostrato nel seguente schema di rete di distribuzione dell'impianto. Gli aerogeneratori sono indipendenti dal punto di vista delle funzioni di controllo e protezione, e possono essere controllati in maniera remota dal sistema di monitoraggio, comando, misura e supervisione (SCADA).

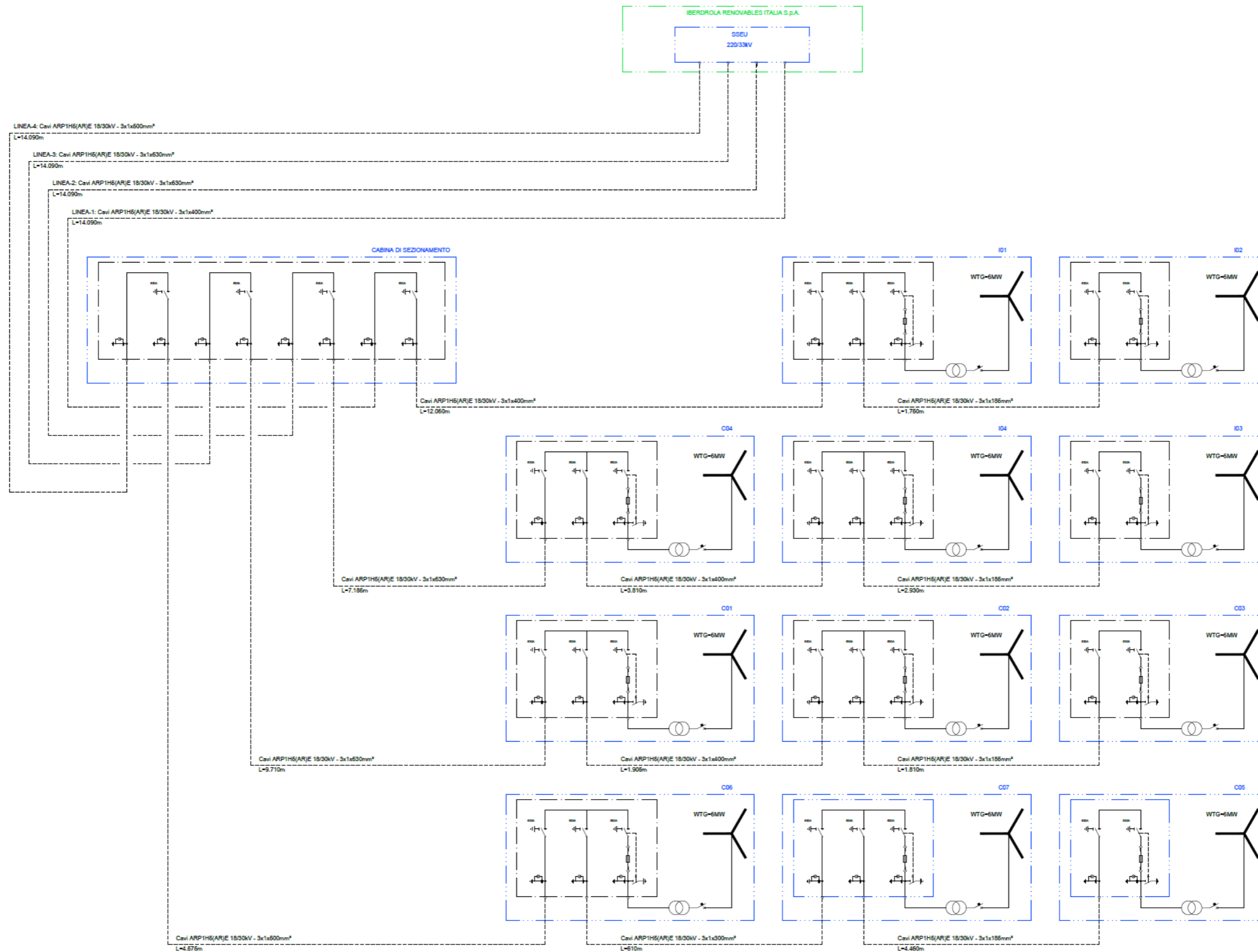


Figura 4 – Schema di rete distribuzione impianto

All'interno della sottostazione utente sarà ubicato il sistema di monitoraggio, comando, misura e supervisione (MCM/SCADA) dell'impianto eolico che assicura l'operatività dell'impianto in remoto.

Le opere civili previste comprendono l'esecuzione dei plinti di fondazione degli aerogeneratori, la realizzazione delle piazzole degli aerogeneratori, l'adeguamento/ampliamento della rete viaria esistente nel sito e la realizzazione della viabilità di servizio interna all'impianto.

Sono altresì previsti scavi a sezione obbligata per la realizzazione di cavidotti interrati MT, in adiacenza alla viabilità esistente, per il collegamento elettrico tra i singoli aerogeneratori, tra gli aerogeneratori e la sottostazione di consegna esistente.

La cabina di stazione sarà costituita dai locali contenenti i quadri con gli scomparti di arrivo/partenza linee dall'impianto eolico, dagli scomparti per alimentare il trasformatore BT/MT dei servizi ausiliari di cabina, dagli scomparti misure e protezioni MT e dallo scomparto MT per il collegamento al trasformatore MT/AT, necessario per il collegamento RTN. La costruzione dell'edificio sarà di tipo tradizionale con struttura in c.a. e tamponature in muratura di laterizio rivestite con intonaco di tipo civile. La copertura a tetto piano, opportunamente coibentata ed impermeabilizzata. Gli infissi realizzati in alluminio anodizzato naturale.

Per il collegamento elettrico tra la sottostazione utente alla rete RTN si eseguirà uno scavo a sezione obbligata per la posa dei cavi di AT come riportato in figura.

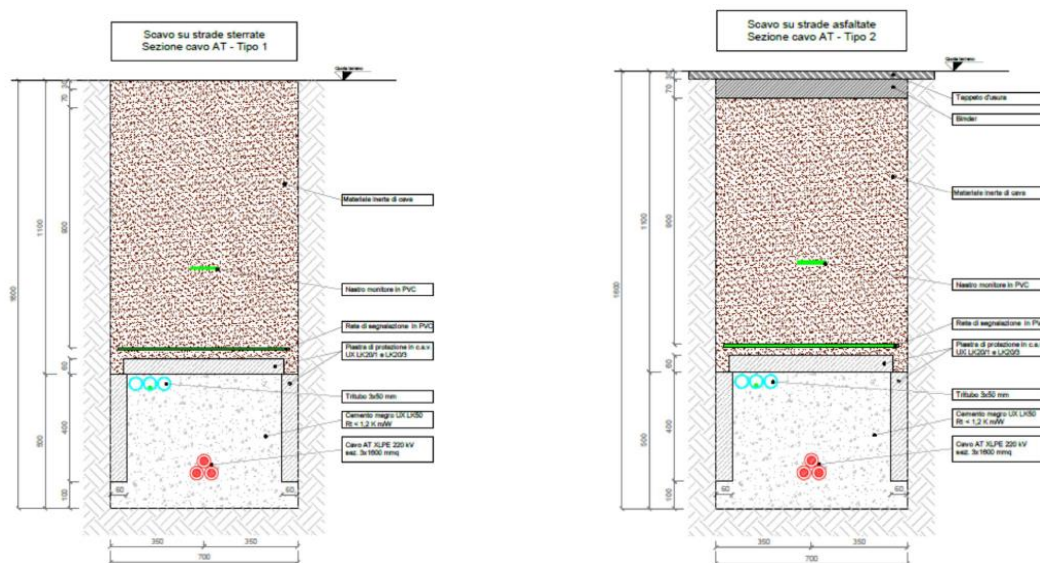


Figura 5 – Sezione tipo cavidotto AT

6. LISTA ANAGRAFICA DEI COMPONENTI L'IMPIANTO

Di seguito di riportano le principali componenti dell'impianto eolico e loro caratteristiche:

- Aerogeneratori;
- Cavidotti;
- Stazione di Utenza;
- Opere di rete per la connessione alla RTN.

6.1. Aerogeneratori

L'aerogeneratore è una macchina che sfrutta l'energia cinetica posseduta dal vento per la produzione di energia elettrica. La macchina con le sue dimensioni è rappresentata nell'elaborato "Sezioni tipo Aerogeneratori".

Sul mercato esistono diverse tipologie di aerogeneratori, ad asse orizzontale e verticale, con rotore mono, bi o tripala, posto sopra o sottovento.

Il tipo di aerogeneratore previsto per l'impianto in oggetto è il Vestas V162-6.0_HH125, un aerogeneratore ad asse orizzontale con rotore tripala e potenza massima di 6000 KW, le cui caratteristiche principali sono di seguito riportate:

- rotore tripala a passo variabile, di diametro massimo di 162 m, posto sopravvento al sostegno, in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro, con mozzo rigido in acciaio;
- navicella in carpenteria metallica con carenatura in vetroresina e lamiera, in cui sono collocati il generatore elettrico e le apparecchiature idrauliche ed elettriche di comando e controllo;
- sostegno tubolare troncoconico in acciaio, avente altezza fino all'asse del rotore al massimo pari a 125 m.

I tronchi di torre sono realizzati da lastre in acciaio laminate, saldate per formare una struttura tubolare troncoconica.

Alcune turbine, in genere quelle poste a più alta quota e quelle di inizio e fine tratto, saranno equipaggiate, in accordo alle disposizioni dell'ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile), con un sistema di segnalazione notturna per la segnalazione aerea, consistente nell'utilizzo di una luce rossa da installare sull'estradosso della navicella dell'aerogeneratore.

Tutte le turbine avranno, inoltre, una segnalazione diurna consistente nella verniciatura della parte estrema della pala con due bande di colore rosso (RAL3020) ciascuna di 7 m ed intervallate da una banda di colore chiaro (RAL 7035), per un totale di 21 m.

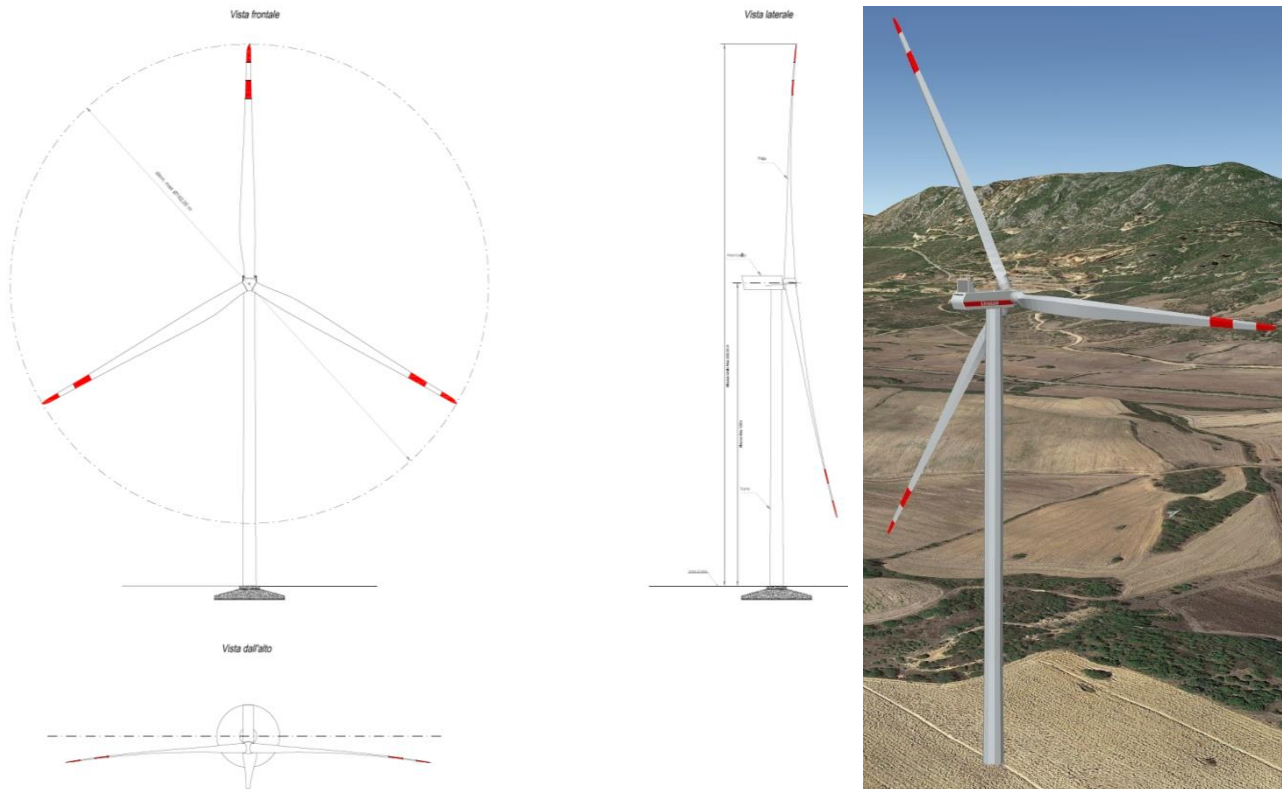


Figura 6 – Aerogeneratore tipo e vista 3D

La navicella è dotata di un sistema antincendio, che consiste di rilevatori di fumo e CO₂, i quali rivelano gli incendi e attivano un sistema di spegnimento ad acqua atomizzata ad alta pressione nel caso di incendi dei componenti meccanici e a gas inerte (azoto) nel caso di incendi dei componenti elettrici (cabine elettriche e trasformatore). In aggiunta a ciò il rivestimento della navicella contiene materiali autoestinguenti.

L'aerogeneratore è dotato di un completo sistema antifulmine integrato, in grado di proteggere da danni diretti ed indiretti sia alla struttura (interna ed esterna) che alle persone. Il fulmine viene "catturato" per mezzo di un sistema di conduttori integrati nelle pale del rotore, disposti ogni 5 metri per tutta la lunghezza della pala. Da questi, la corrente del fulmine è incanalata attraverso un sistema di conduttori a bassa impedenza fino al sistema di messa a terra. La corrente di un eventuale fulmine è scaricata dal rotore e dalla navicella alla torre tramite collettori ad anelli e scaricatori di sovratensioni. La corrente del fulmine è infine scaricata a terra tramite un dispersore di terra. I dispositivi antifulmine previsti sono conformi agli standard della più elevata classe di protezione, secondo lo standard internazionale IEC 61400-24.

La turbina eolica scelta per il progetto entra in funzione a velocità del vento di circa 3 m/s e raggiunge la sua potenza nominale a velocità di circa 13 m/s con una densità dell'aria pari a 1225 kg/m³. A velocità del vento superiori, più precisamente superati i 16,5 m/s, il sistema di controllo del passo inizia a funzionare in maniera da limitare la potenza della macchina e da prevenire sovraccarichi al generatore ed agli altri componenti elettromeccanici. A velocità di circa 24 m/s il sistema di controllo orienta le pale in maniera tale da mandare in stallo il rotore e da evitare forti sollecitazioni e danni meccanici e strutturali. L'obiettivo è quello di far funzionare il rotore con il massimo rendimento possibile con

velocità del vento comprese tra quella di avviamento e quella nominale, di mantenere costante la potenza nominale all'albero di trasmissione quando la velocità del vento aumenta e di bloccare la macchina in caso di venti estremi. Il moderno sistema di controllo del passo degli aerogeneratori permette di ruotare singolarmente le pale intorno al loro asse principale; questo sistema, in combinazione con i generatori a velocità variabile, ha portato ad un significativo miglioramento del funzionamento e del rendimento degli aerogeneratori.

La frenatura è effettuata regolando l'inclinazione delle pale del rotore. Ciascuno dei tre dispositivi di regolazione dell'angolo delle pale del rotore è completamente indipendente. In caso di un guasto del sistema di alimentazione, i motori a corrente continua sono alimentati da accumulatori che ruotano con il rotore. L'impiego di motori a corrente continua permette, in caso di emergenza, la connessione degli accumulatori senza necessità di impiego di inverter. La torsione di una sola pala è sufficiente per portare la turbina in un range di velocità nel quale la turbina non può subire danni. Ciò costituisce un triplice sistema ridondante di sicurezza. Nel caso in cui uno dei sistemi primari di sicurezza si guasti, si attiva un disco meccanico di frenatura che arresta il rotore congiuntamente al sistema di registrazione della pala.

I sistemi frenanti sono progettati in modo che, se uno qualunque dei componenti del sistema frenante non funziona correttamente o è guasto, immediatamente l'aerogeneratore si porta in condizioni di sicurezza.

Gli aerogeneratori hanno una vita utile di circa 30 anni, al termine dei quali è necessario provvedere al loro smantellamento ed eventualmente alla loro sostituzione con nuovi e più performanti aerogeneratori. La fase di decommissioning avverrà con modalità analoghe a quanto descritto per la fase di installazione. Le componenti elettriche (trasformatore, quadri elettrici, ecc) verranno quindi smaltite, in accordo con la direttiva europea (WEEE - Waste of Electrical and Electronic Equipment); le parti in metallo (acciaio e rame) e in plastica rinforzata (GPR) potranno invece essere riciclate, come meglio descritto nell'elaborato "Relazione sulla dismissione dell'impianto e ripristino dei luoghi".

6.1.1. Specifiche tecniche Aerogeneratori

Di seguito sono elencate le specifiche tecniche degli aerogeneratori Vestas V162-6.0_HH125, scelti per il presente progetto:

GENERALI	
Temperatura di funzionamento	-40 °C / +50 °C
Intervallo di temperatura operativa NCV	-20 °C / +45 °C
Intervallo di temperatura operativa CCV	-30 °C / +45 °C
Max. altezza s.l.m.	2000 m
Certificazioni	IEC 61400-1
Tipologia turbina	Rotore tripala ad asse orizzontale sopra-vento
Regolazione della potenza	Regolazione attiva singola pala
Potenza nominale	6000 kW
Velocità del vento per il raggiungimento della potenza nominale (con densità dell'aria di 1.225 kg/m ³)	Circa 13.0 m/s
Range velocità di funzionamento del rotore	Da 4.3 rpm a 12.1 rpm
Velocità nominale	Circa 10.4 rpm
Velocità vento di cut-in	3 m/s
Velocità vento di cut-out	24 m/s
Velocità vento di Cut-back-in	23 m/s
Vita di funzionamento stimata	≥ 20 anni

TORRE	
Tipologia	HH125 - 0077-2108
Altezza all' Hub	125 m
Classe vento	DIBt S/ IEC S
Numero di sezioni	6
ROTORE	
Diametro rotore	162.0 m
Area spazzata	20611 m ²
Potenza su superficie nominale	317 W/m ²
Angolo di inclinazione dell'albero rotore	6.0°
"Cone angle" della pala	6.0°
PALE DEL ROTORE	
Materiale	Fibra di vetro e fibra di carbonio rinforzata
Lunghezza totale	79.35 m
ALBERO ROTORE/CUSCINETTO ROTORE	
Tipologia	Albero cavo forgiato
Tipologia di cuscinetto	Cuscinetto a rulli sferici
Lubrificazione	Cadenziale con grasso lubrificante
FRENO MECCANICO	
Tipologia	Freno a disco attivo
Posizionamento	Sull'albero veloce
Numero pinze freni	1
Materiale delle pastiglie del freno	Pastiglie organiche
GEARBOX	
Tipologia	Ingranaggi planetari multi-stadi + stadio a ingranaggi cilindrici
Rapporto di trasmissione	50 Hz: i = 121.5 60 Hz: i = 145.8
Lubrificazione	Ad alimentazione forzata
Quantità d'olio incluso circuito di raffreddamento	Max. 800-1000 l
Temperatura max. olio	Circa 77° C
Cambio olio	Se richiesto (codici di pulizia dell'olio ISO 4406- /15/12)
IMPIANTO ELETTRICO	
Potenza nominale PnG	5850 kW
Voltaggio nominale	3 x AC 800 V ± 10 % (sulla specifica del codice di rete)
Corrente nominale durante la piena immissione di corrente reattiva InG a SnG	4876 A
Potenza apparente nominale SnG a PnG	6850 kVA
Frequenza	50 / 60 Hz
Peso totale	Circa 9 t
Isolamento	Esterno
Tensione nominale OV, Ur	720 V
Tensione di rete OV	19.1 – 22.0 kV 22.1 – 33.0 kV 33.1 – 36.0 kV
Frequenza nominale fr	50/60 Hz
Collegamento delle fasi	Dyn 11
Altitudine di installazione (slm)	2000 m
Potenza nominale apparente Sr	7000 kVA
Tensione di impedenza uz	8 bis tolleranza 9 % ± 10 %

Perdita di Potenza: Perdite inattive Perdite di cortocircuito	3000 W 70000 W
QUADRO MT	
Tensione nominale (dipendente dalla rete MT)	24, 36 o 40.5 kV
Corrente nominale	630 A
Durata nominale di corto circuito	1 s
Corrente nominale di corto circuito	24 kV: 16 kA 36/40.5 kV: 20 kA
Temperatura ambiente minima e massima durante il funzionamento	NCV: -25 °C a +45 °C CCV: -30 °C a +45 °C
Tipologia di connessione	Cono esterno tipo C secondo EN 50181
Interruttore	
Numero di cicli di commutazione con corrente nominale	E2
Numero di cicli di commutazione con interruzione corrente da cortocircuito	E2
Numero di cicli di commutazione meccanica	M1
Commutazione di correnti capacitive	Min. C1 - low
Sezionatore	
Numero di cicli di commutazione con corrente nominale	E3
Numero di cicli di commutazione con interruzione corrente da cortocircuito	E3
Numero di cicli di commutazione meccanica	M1
Sezionatore	
Numero di cicli di commutazione meccanica	M0
Interruttore di terra	
Numero di cicli di commutazione con interruzione corrente nominale da cortocircuito	E2
Numero di cicli di commutazione meccanica	≥ 1000
GENERATORE	
Grado di protezione	IP 54 (scatola anello di contatto IP 23)
Voltaggio statore	3x800 V
Frequenza	0-138 Hz
Intervallo di velocità	0-460 rpm
Poli	36
Peso	Circa 10.6 t
RAFFREDDAMENTO	
Gearbox	
Tipo	1 ° circuito di raffreddamento: circuito dell'olio con scambiatore di calore olio / acqua e bypass termico
Filtro	Filtro a maglia grossa 50 µm / filtro fine 10 µm / filtro ultrafine <5 µm
Scatola Generatore e Convertitore	
Tipo	Circuito idrico con scambiatore di calore acqua / aria e bypass termico
Refrigerante	Refrigerante a base di acqua e glicole
TRASFORMATORE	
tipologia	Trasformatore a immersione in liquido di progettazione ecocompatibile.
Tipologia di raffreddamento	KF/WF
Potenza nominale	7000 kVA

SISTEMA DI PASSO	
Cuscinetto del passo	Cuscinetto a contatto a quattro punti e doppia fila
Lubrificazione ingranaggi e binari	Lubrificazione periodica con grasso
Controllo del passo	Motori elettrici incl. freno planetario a molla e ingranaggio planetario multistadio
Alimentazione d'emergenza	Batterie
SISTEMA DI IMBARDATA	
Cuscinetto di imbardata	Anello di imbardata forgiato trattato termicamente. Cuscinetti a strisciamento PETP
Lubrificazione ingranaggi e binari	Lubrificazione periodica con grasso
Tipologia di imbardata	Ingranaggio planetario a più stadi
Velocità di imbardata	Circa 0.4°/s (50 Hz) - 0.5°/s (60 Hz)

6.1.2. Sistemi elettrici e di controllo interni

All'interno di ciascuna torre, in apposito spazio, saranno ubicati i seguenti impianti:

- quadro di automazione della turbina;
- trasformatore elevatore BT/MT con isolamento in resina;
- quadro di media tensione;
- sistema di sicurezza e controllo.

Il quadro di controllo assicura l'arresto del sistema in caso di anomalie dell'impianto, di incendio, di eccessiva velocità del vento, etc. Il controllo si realizza mediante apparati che misurano la tensione, l'intensità e la frequenza della corrente, il fattore di potenza, la tensione e il valore della potenza attiva e reattiva, nonché dell'energia prodotta o assorbita.

L'energia prodotta da ciascun aerogeneratore in bassa tensione viene trasformata a 33 kV con apposito trasformatore all'interno dell'aerogeneratore stesso.

6.1.3. Sistemi elettrici e di controllo esterni

L'energia prodotta verrà trasportata alla sottostazione elettrica di trasformazione utente 220/33 kV, per la consegna sulla rete di TERNA. Le linee interrate saranno ubicate preferibilmente lungo la rete viaria esistente.

Il cavo, all'interno della trincea, sarà posizionato in modo tale da avere l'estradosso ad una profondità minima di 1,0 m. Le linee elettriche in MT dell'impianto saranno realizzate posando il cavo il più possibile all'interno delle strade già esistenti e collegherà gli aerogeneratori alla rete nazionale di distribuzione elettrica.

6.1.4. Descrizione dei componenti principali

All'interno dell'aerogeneratore, la tensione a 0,75 kV prodotta dalla macchina verrà elevata a 33 kV tramite le seguenti componenti all'interno dello stesso:

- l'arrivo del cavo BT (0,75 kV) dall'aerogeneratore;
- il trasformatore BT/MT (0,75/33 kV);
- la cella MT (33 kV) per la partenza verso i quadri di macchina e da lì verso la cabina di raccolta.

I quadri all'interno dell'aerogeneratore comprenderanno le seguenti apparecchiature:

- un quadro MT 33 kV composto da uno scomparto per l'arrivo dal trasformatore BT/MT e uno o due scomparti,

a seconda della posizione della macchina nel radiale di collegamento alla stazione utente, per l'arrivo e la partenza dai quadri delle altre macchine del radiale;

- un quadro BT di alimentazione dei servizi ausiliari di cabina;
- un quadro BT di alimentazione del sistema di controllo e di emergenza.

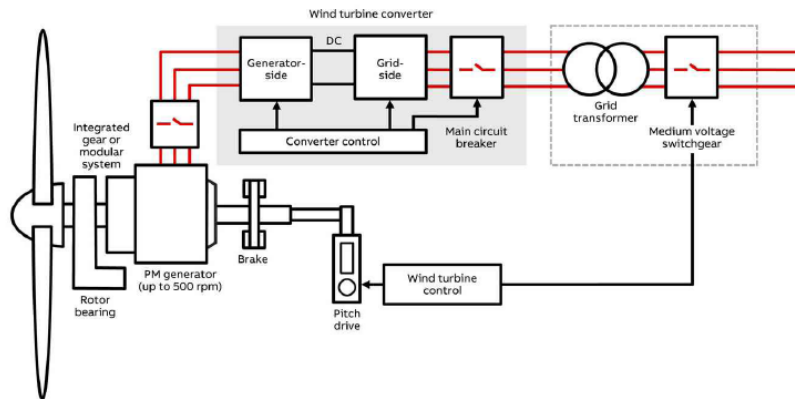


Figura 7 – Schematico aerogeneratore

Dagli aerogeneratori partiranno i collegamenti alla cabina di sezionamento (linee MT1, MT2, MT3 e MT4), per poi giungere alla sottostazione di trasformazione utente MT/AT per la successiva connessione alla RTN. Di seguito si riporta il layout tipico della cabina di sezionamento.

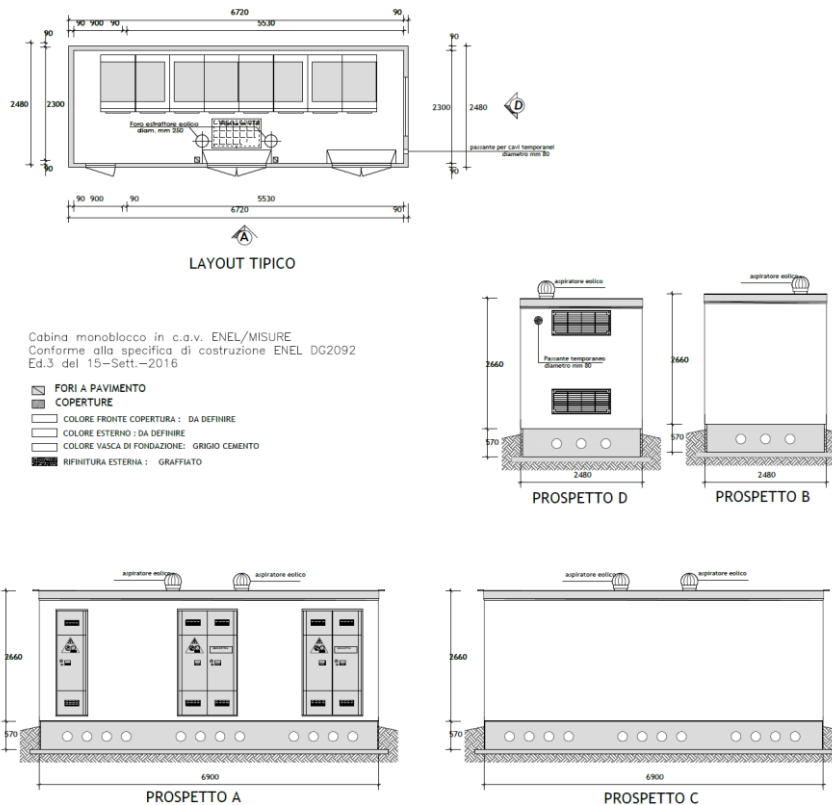


Figura 8 – Layout tipico Cabina di Sezionamento

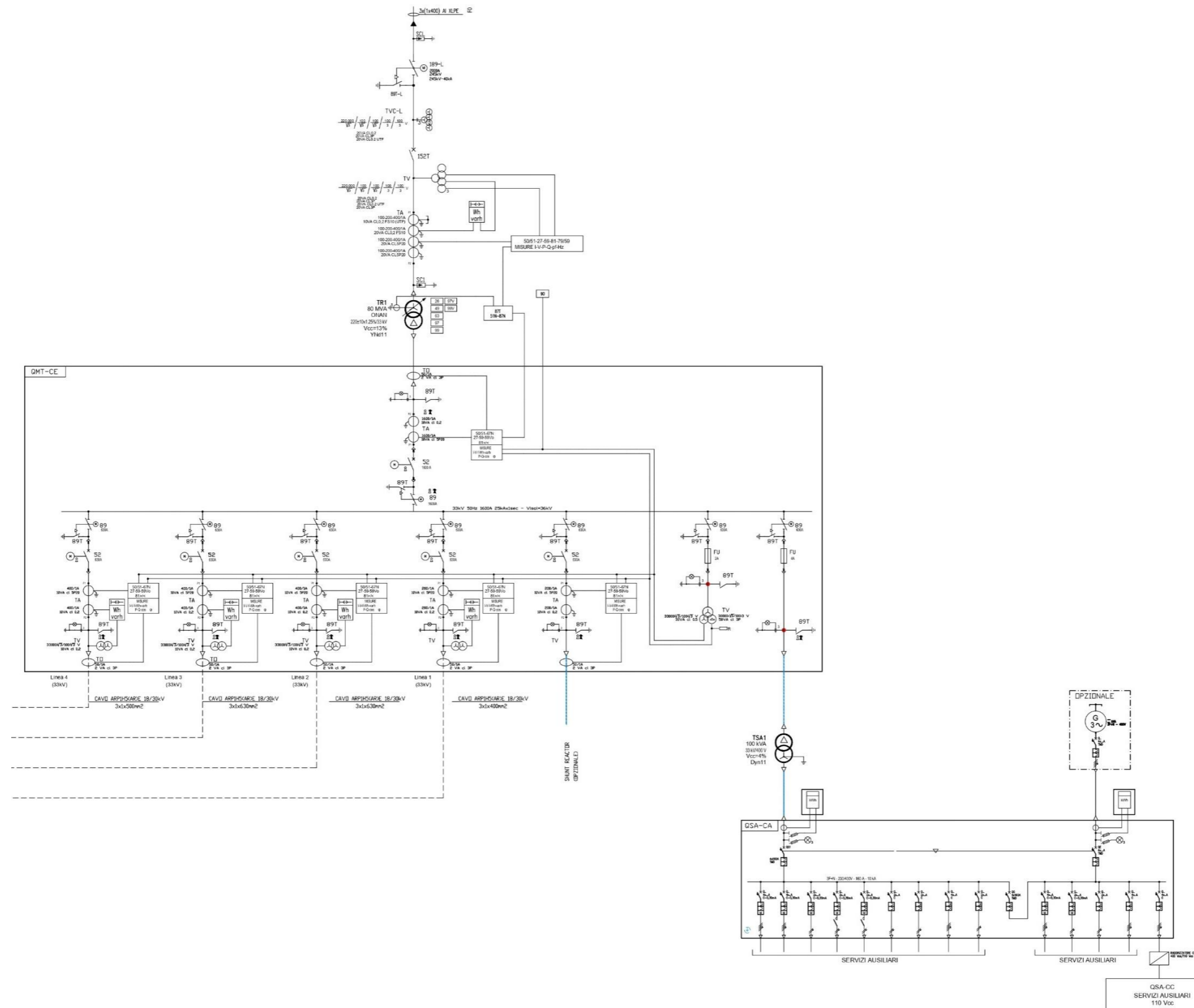


Figura 9 – Schema elettrico unifilare SSE Utente e RT

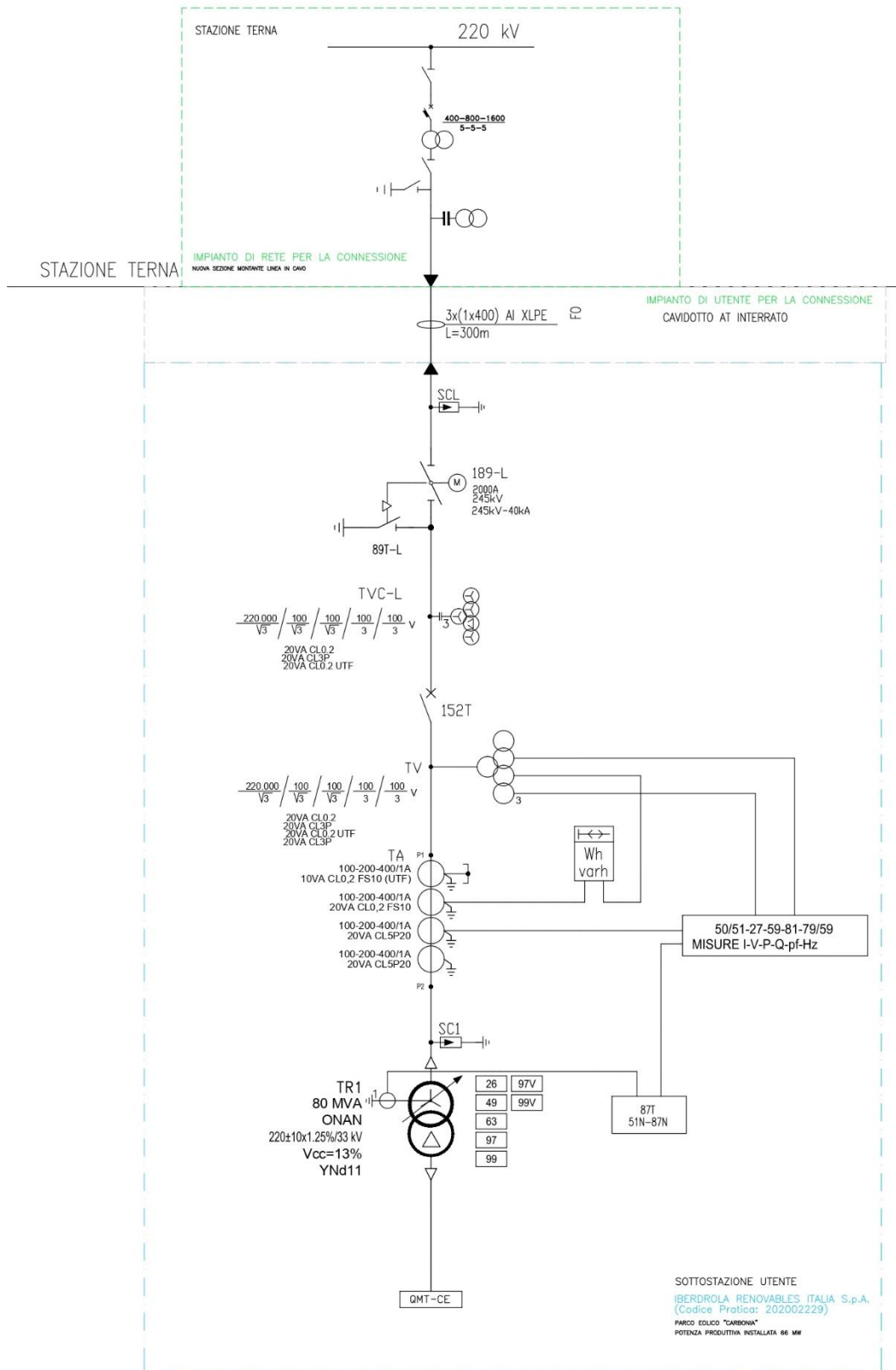


Figura 10 – Schema unifilare parte AT di SSEU e di connessione alla RTN di Terna

6.1.5. Schemi di funzionamento dei componenti dell'impianto

La centrale e tutti i suoi componenti, primi tra tutti gli aerogeneratori, sono progettati per un esercizio completamente automatico dell'impianto senza la necessità di una sorveglianza locale.

Ciascuna macchina è equipaggiata con un suo sistema di controllo e supervisione che rende possibile l'esercizio in automatico della macchina se non intervengono, dall'interno della stessa, segnalazioni di anomalia.

In ogni istante, se tutti i parametri di controllo sono nei limiti predefiniti di funzionamento, l'aerogeneratore può avviarsi automaticamente, ad esempio quando le condizioni di vento consentono di produrre energia, si mantiene in esercizio regolando quando necessario la potenza erogata attraverso il controllo del passo, oppure può comandare la cessazione della produzione in caso di vento troppo elevato, rientrando automaticamente in servizio appena le condizioni tornano sotto le soglie previste per il regolare funzionamento.

Una rilevante quantità di sensori riporta al supervisore di macchina lo stato dei principali organi e in base a questa informazione il supervisore fornisce il consenso al controllore per la regolazione del funzionamento.

Nel caso si presenti un evento riconosciuto dal supervisore come anomalo, ad esempio una sovratemperatura, una vibrazione anomala, una pressione eccessiva o insufficiente nei circuiti idraulici, per citare alcune situazioni molto comuni, viene inviato un segnale al controllo che provvede immediatamente a mettere fuori esercizio l'aerogeneratore, ponendolo nelle condizioni di sicurezza previste.

Poiché sono numerose le cause che possono indurre una situazione di guasto, in cui una o più macchine possono non funzionare correttamente, oppure altri componenti della centrale possono subire guasti o malfunzionamenti, è previsto che la parte di impianto non interessata da guasti non subisca arresti e nello stesso tempo è previsto che debba essere segnalato ad un posto di sorveglianza remoto la necessità di un intervento per ripristinare il funzionamento.

Perciò la centrale è equipaggiata con un sistema di supervisione esterno a ciascuno dei componenti, avente il compito di effettuare un monitoraggio continuo di ciascuna parte sorvegliata.

6.1.6. Potenza Stimata del Parco eolico

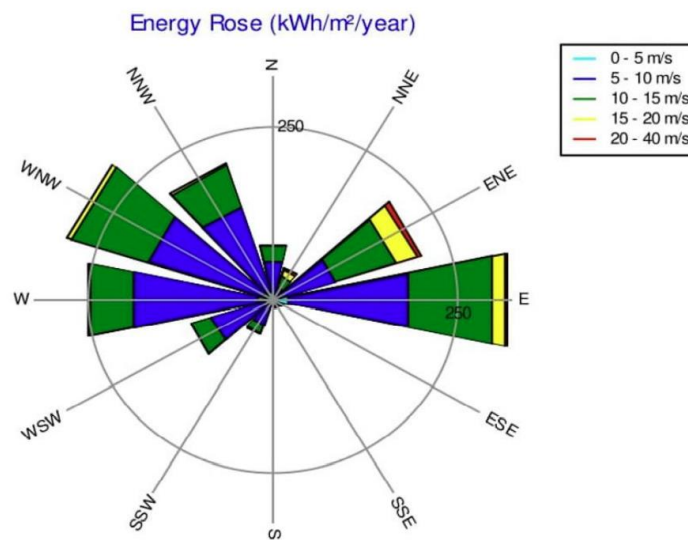
L'impianto in progetto è ubicato nella Regione Sardegna, nel territorio dei Comuni di Carbonia e Iglesias. L'area globale di impianto si presenta nel complesso pianeggiante con rilievi leggeri che non pregiudicano la vena fluida e le intensità relative.

Dal punto di vista anemologico sarà stimata la producibilità attesa dall'impianto, utilizzando, da consuetudine, una distribuzione di frequenze di occorrenza della velocità vento, a diverse altezze rispetto al suolo, elaborata da modelli di flusso mesoscala ed estrapolata su una posizione indicata dal Cliente con il punto di installazione coincidente con la posizione della turbina codice C05 e la TA96m (presentata domanda in data 06/10/2021 per l'autorizzazione al SUAPE del Comune di Carbonia per una Torre Anemometrica di altezza pari a 96 metri, debitamente autorizzata anche da ENAC con Nulla Osta del 11/01/2022, installata per la misurazione del vento).

Si riportano di seguito le distribuzioni, ad altezza h=120 m sls, dei valori associati ai parametri di input anemologici implementati nel codice di simulazione Anemologico, nonché la relativa densità di potenza calcolata per ciascun settore di provenienza del vento.

Directional Analysis

Sector		0 N	1 NNE	2 ENE	3 E	4 ESE	5 SSE	6 S	7 SSW	8 WSW	9 W	10 WNW	11 NNW	Total
Roughness based energy	[MWh]	1 837.7	748.1	3 000.8	3 765.6	126.1	172.6	228.8	1 261.8	2 141.8	3 560.3	3 706.5	3 629.2	24 179.3
+Increase due to hills	[MWh]	-170.5	9.1	460.1	1 683.0	69.3	30.4	-26.6	-56.1	519.5	1 804.0	1 300.0	343.8	5 965.9
-Decrease due to array losses	[MWh]	70.7	41.6	154.2	259.9	2.0	29.5	12.5	108.2	184.1	295.7	39.1	502.9	1 700.3
Resulting energy	[MWh]	1 596.5	715.6	3 306.6	5 188.7	193.4	173.6	189.8	1 097.6	2 477.2	5 068.6	4 967.4	3 470.1	28 444.8
Specific energy	[kWh/m ²]													888
Specific energy	[kWh/kW]													2 370
Increase due to hills	[%]	-9.3	1.2	15.3	44.7	54.9	17.6	-11.6	-4.4	24.3	50.7	35.1	9.5	24.67
Decrease due to array losses	[%]	4.2	5.5	4.5	4.8	1.0	14.5	6.2	9.0	6.9	5.5	0.8	12.7	5.64
Utilization	[%]	39.4	29.4	30.8	37.1	41.9	36.0	42.0	38.3	39.1	40.6	40.4	37.0	37.4
Operational	[Hours/year]	494	281	885	1 648	195	157	146	393	790	1 484	1 148	1 014	8 635
Full Load Equivalent	[Hours/year]	133	60	276	432	16	14	16	91	206	422	414	289	2 370



Come si può constatare dall'osservazione delle distribuzioni dei parametri anemologici, soprariportate sia per classi di velocità con step 1 m/s che per 12 settori di provenienza del vento, la risorsa eolica in sito è sostanzialmente concentrata sulla direzione di provenienza da Ovest-Nordovest, con un vento di Maestrale che alimenta circa il 73% dell'intera risorsa energetica disponibile in sito. Buona parte della quota rimanente è invece attribuibile a venti di Grecale e Levante con componente principale da Est-Nordest.

La stima della resa energetica per le turbine è stata eseguita attraverso il calcolo della producibilità attesa, considerando la nuova dislocazione territoriale e la configurazione per la selezione della turbina d'impianto, come riportato dalla tabella seguente che ne riassume i dati identificativi.

Cfg#	Costruttore	Modello Versione	Potenza Nominale (kW)	Classe di vento IEC	Altezza Mozzo (m)
VES	VESTAS	V162-6.0 MW	6000	S	125

La velocità vento su ogni posizione, estrapolata alla relativa altezza mozzo, è stata calcolata attraverso l'applicazione dell'atlante di vento ottenuto dall'implementazione dei parametri anemologici associati alla stazione anemometrica virtuale Vortex, con posizione di riferimento coincidente con il punto di prevista installazione della turbina C05, e disponibili da modello mesoscala ad altezza h=120 m sls. Dall'elaborazione del dataset si è riscontrata una Velocità media di circa **5,82 m/s**.

Pertanto, l'impianto, composto da 11 turbine, con potenza unitaria fino a 6.0 MW e per un totale di 66 MW, e considerata la velocità sopra citata avrà una producibilità lorda stimata pari a **172.2 GWh/anno P₅₀**.

Ottenuto tale valore, si è stimata la resa energetica per le turbine al netto delle perdite per scia e decurtandola delle perdite fisse aggiuntive legate a fattori indipendenti dalle potenzialità eoliche del sito e dalle caratteristiche di performance del modello di turbina adottato. Tale perdita è stata stimata in circa il 10% (5,8% stima perdite fisse d'impianto e 4,2% perdite effetto scia), pertanto la producibilità media annua è pari a:

Configurazione	Aerogeneratore tipo	Potenza installabile [MW]	AEP netta, LP (P50) [GWh/anno]	Ore Equivalenti [MWh/MW/anno]
n° 11 wtg x 6.0 MW	Vestas V162	66,0	156,454	2.371

Inoltre la dislocazione ottimale delle turbine dovrà seguire, compatibilmente con i vincoli territoriali, schiere direttrici lungo gli assi normali a quelli delle direzioni prevalenti del vento.

Per maggiori dettagli si rimanda allo specifico elaborato "Relazione anemologica e stima di producibilità".



PARCO EOLICO "CARBONIA"

RELAZIONE GENERALE TECNICA DESCRITTIVA



27/05/2022

REV: 1

Pag.31

6.1.7. Analisi acustica

Come riportato nello specifico studio specialistico "Valutazione previsionale di impatto acustico e di clima acustico", al quale si rimanda per maggiori dettagli, le schede tecniche del fornitore riportano che la modalità di funzionamento degli aerogeneratori, Vestas V-162 da 6,0 MW, più gravosa dal punto di vista acustico sia quella caratterizzata da una velocità del vento all'hub (125 metri) pari a 10 m/s, come evidenziato nella seguente tabella a partire da:

*Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.
È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.*

Comm.: C20-033-S05

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



Frequency	Hub height wind speeds [m/s]																	
	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s	13 m/s	14 m/s	15 m/s	16 m/s	17 m/s	18 m/s	19 m/s	20 m/s
6.3 Hz	20.4	22.0	21.6	22.9	26.1	29.2	31.5	32.0	32.5	32.5	31.9	31.0	30.1	29.2	28.1	27.0	25.5	23.9
8 Hz	26.9	28.5	28.2	29.6	32.8	35.8	38.1	38.6	39.0	38.9	38.3	37.5	36.6	35.8	34.8	33.7	32.3	30.7
10 Hz	32.7	34.2	34.1	35.5	38.6	41.7	43.9	44.4	44.8	44.6	44.1	43.3	42.4	41.7	40.6	39.7	38.3	36.9
12.5 Hz	38.2	39.7	39.6	41.1	44.2	47.2	49.5	49.9	50.2	50.0	49.5	48.7	47.9	47.2	46.2	45.3	44.1	42.7
16 Hz	43.9	45.3	45.3	46.9	50.0	52.9	55.2	55.6	55.8	55.6	55.1	54.4	53.6	53.0	52.1	51.2	50.0	48.8
20 Hz	48.8	50.1	50.2	51.8	54.9	57.8	60.0	60.4	60.6	60.4	59.9	59.2	58.5	57.8	57.0	56.2	55.1	53.9
25 Hz	53.3	54.6	54.7	56.4	59.4	62.4	64.6	64.9	65.1	64.8	64.3	63.7	63.0	62.4	61.6	60.9	59.9	58.8
31.5 Hz	57.6	58.9	59.1	60.8	63.8	66.7	68.9	69.2	69.4	69.1	68.6	68.0	67.4	66.9	66.1	65.4	64.5	63.5
40 Hz	61.8	63.0	63.3	65.0	68.0	70.9	73.1	73.3	73.4	73.2	72.7	72.2	71.6	71.1	70.4	69.8	68.9	68.0
50 Hz	65.4	66.5	66.8	68.5	71.6	74.4	76.6	76.9	76.9	76.7	76.2	75.7	75.2	74.7	74.1	73.5	72.8	71.9
63 Hz	68.8	69.8	70.1	71.9	74.9	77.8	79.9	80.2	80.2	80.0	79.6	79.1	78.6	78.2	77.6	77.1	76.4	75.6
80 Hz	71.9	72.9	73.2	75.0	78.0	80.9	83.0	83.2	83.2	83.0	82.6	82.2	81.8	81.4	80.9	80.4	79.8	79.1
100 Hz	74.5	75.4	75.8	77.6	80.6	83.4	85.6	85.8	85.8	85.5	85.2	84.8	84.4	84.1	83.6	83.2	82.7	82.1
125 Hz	76.8	77.6	78.0	79.9	82.9	85.7	87.8	88.0	88.0	87.8	87.5	87.1	86.8	86.5	86.1	85.7	85.2	84.7
160 Hz	79.0	79.7	80.1	82.0	85.0	87.8	89.9	90.1	90.1	89.9	89.6	89.3	89.0	88.8	88.4	88.1	87.7	87.3
200 Hz	80.7	81.3	81.7	83.6	86.6	89.4	91.5	91.7	91.6	91.4	91.2	91.0	90.7	90.5	90.2	90.0	89.6	89.2
250 Hz	82.0	82.6	82.9	84.8	87.8	90.6	92.7	92.9	92.8	92.7	92.5	92.3	92.1	91.9	91.7	91.5	91.2	90.9
315 Hz	83.1	83.6	83.9	85.8	88.8	91.6	93.7	93.9	93.8	93.7	93.5	93.4	93.2	93.1	93.0	92.8	92.6	92.3
400 Hz	83.8	84.2	84.5	86.4	89.4	92.2	94.3	94.5	94.4	94.3	94.3	94.2	94.1	94.0	93.9	93.8	93.6	93.4
500 Hz	84.2	84.5	84.8	86.7	89.7	92.5	94.6	94.7	94.7	94.7	94.6	94.6	94.5	94.5	94.4	94.4	94.3	94.2
630 Hz	84.3	84.5	84.7	86.6	89.6	92.4	94.5	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.6	94.6
800 Hz	84.0	84.1	84.3	86.2	89.2	92.0	94.1	94.3	94.3	94.3	94.4	94.4	94.5	94.5	94.6	94.6	94.7	94.7
1 kHz	83.5	83.4	83.5	85.4	88.4	91.2	93.3	93.5	93.6	93.7	93.8	93.9	94.0	94.1	94.2	94.3	94.4	94.5
1.25 kHz	82.6	82.4	82.5	84.4	87.4	90.2	92.3	92.5	92.6	92.7	92.9	93.0	93.2	93.3	93.5	93.6	93.8	93.9
1.6 kHz	81.2	81.0	80.9	82.8	85.8	88.6	90.8	91.0	91.1	91.3	91.5	91.8	92.0	92.1	92.3	92.5	92.7	93.0
2 kHz	79.7	79.3	79.2	81.1	84.1	86.9	89.0	89.3	89.4	89.7	90.0	90.3	90.5	90.7	91.0	91.2	91.5	91.8
2.5 kHz	77.9	77.4	77.1	79.0	82.0	84.9	87.0	87.2	87.4	87.8	88.1	88.5	88.8	89.0	89.3	89.6	89.9	90.3
3.15 kHz	75.7	75.0	74.7	76.5	79.6	82.4	84.6	84.8	85.0	85.5	85.9	86.3	86.7	87.0	87.3	87.6	88.0	88.4
4 kHz	73.0	72.2	71.8	73.6	76.6	79.5	81.7	82.0	82.2	82.7	83.2	83.7	84.1	84.5	84.9	85.2	85.7	86.1
5 kHz	70.2	69.3	68.7	70.5	73.6	76.5	78.7	79.0	79.3	79.9	80.4	81.0	81.4	81.8	82.3	82.7	83.2	83.7
6.3 kHz	67.0	65.9	65.2	67.0	70.1	73.0	75.2	75.5	75.9	76.6	77.2	77.8	78.3	78.7	79.3	79.7	80.2	80.8
8 kHz	63.3	62.1	61.3	63.0	66.1	69.1	71.3	71.6	72.1	72.8	73.5	74.2	74.8	75.2	75.8	76.3	76.9	77.5
10 kHz	59.6	58.2	57.2	58.9	62.1	65.0	67.3	67.6	68.2	69.0	69.8	70.5	71.1	71.6	72.3	72.8	73.4	74.1
A-wgt	93.9	94.1	94.3	96.2	99.2	102.0	104.1	104.3	104.3	104.3	104.3	104.3	104.3	104.3	104.3	104.3	104.3	104.3

Per sua natura il funzionamento di un parco eolico è possibile solo con presenza di vento nel sito di installazione in tutti giorni dell'anno. La legge stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico.

I valori limite delle emissioni sonore delle sorgenti fisse di cui all'art. 2, comma 1, lettera c) della legge 447 sono indicati nella tabella B del DPCM 14/11/97 e dipendono dalle classi di destinazione d'uso del territorio. È necessario che, per la loro applicabilità, i comuni abbiano provveduto alla zonizzazione acustica del proprio territorio.

I valori assoluti delle immissioni sonore dipendono dalla zonizzazione acustica del territorio e sono indicati nella tabella C del DPCM 14/11/97 e dipendono anch'essi dalle classi di destinazione d'uso del territorio. I valori limite assoluti delle immissioni sonore sono gli stessi definiti in precedenza dal DPCM 1/3/91. I valori limite differenziali di immissione sono mantenuti nella quantità di 5 dB per il periodo diurno e 3 dB per il periodo notturno. Di seguito si riportano le classi e i valori limite assoluti di immissione, riferiti al rumore immesso nell'ambiente esterno dall'insieme di tutte le sorgenti e determinati con riferimento al livello equivalente di rumore ambientale.

Valori limite di emissione LAeq in dB(A)

FASCIA TERRITORIALE	DIURNO (6 ÷ 22)	NOTTURNO (22 ÷ 6)
I - Aree particolarmente protette	45	35
II - Aree prevalentemente residenziali	50	40
III - Aree di tipo misto	55	45
IV - Aree di intensa attività umana	60	50
V - Aree prevalentemente industriali	65	55
VI - Aree esclusivamente industriali	65	65

Valori limite di immissione LAeq in dB(A)

FASCIA TERRITORIALE	DIURNO (6 ÷ 22)	NOTTURNO (22 ÷ 6)
I - Aree particolarmente protette	50	40
II - Aree prevalentemente residenziali	55	45
III - Aree di tipo misto	60	50
IV - Aree di intensa attività umana	65	55
V - Aree prevalentemente industriali	70	60
VI - Aree esclusivamente industriali	70	70

I comuni direttamente o indirettamente interessati dalla realizzazione del parco eolico in fase di esercizio sono i seguenti:

- Comune di Iglesias - aerogeneratori e ricettori;
- Comune di Carbonia – aerogeneratori e ricettori.

Nel caso del Comune di Iglesias l'Amministrazione con Deliberazione del Consiglio Comunale n. 2 del 26/01/2010 ha adottato il Piano di Classificazione Acustica (PCA).

Dalla consultazione del PCA e della Relazione Tecnica emerge che il sito (aerogeneratori e ricettori considerati) in esame ricade nella classe acustica III:

“CLASSE III – Aree di tipo misto”: aree urbane interessate da traffico veicolare di tipo locale e di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, con limitata presenza di attività artigianali e totale assenza di attività industriali. Aree rurali, interessate da attività che impiegano macchine operatrici.

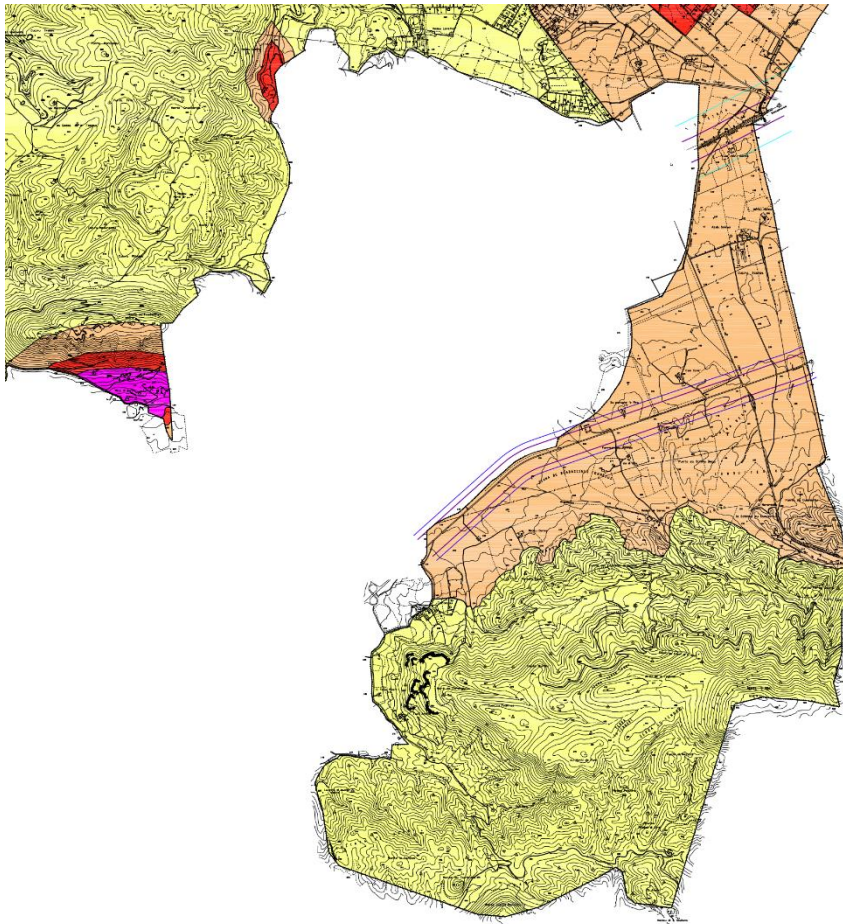


Figura 11 – Piano di Classificazione Acustica del Comune di Iglesias

Pertanto per il Comune di Iglesias, gli aerogeneratori e i ricettori considerati ricadono tutti in

Classificazione acustica del territorio			Limiti di					
Classi di destinazione d'uso del territorio			immissione		emissione		qualità	
	Classe	Tipologia	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo
VERDE	I	aree particolarmente protette	50	40	45	35	47	37
GIALLO	II	aree ad uso prevalentemente residenziale	55	45	50	40	52	42
ARANCIONE	III	aree di tipo misto	60	50	55	45	57	47
ROSSO	IV	aree di intensa attività umana	65	55	60	50	62	52
VIOLA	V	aree prevalentemente industriali	70	60	65	55	67	57
BLU	VI	aree esclusivamente industriali	70	70	65	65	70	70

Per quanto riguarda, invece, il Comune di Carbonia non ha ancora adottato alcun Piano di Classificazione Acustica

Comunale (PCA) pertanto non essendo possibile valutare la classificazione acustica dei siti interessati, si è proceduto con l'applicazione del D.P.C.M. del 01/03/1991 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno", in particolare secondo quanto riportato nel comma 1 dell'art. 6.

In attesa della suddivisione del territorio comunale si applicano per le sorgenti sonore fisse i seguenti limiti di accettabilità:

ZONIZZAZIONE	Limite diurno Leq(A)	Limite notturno Leq(A)
Tutto il territorio nazionale	70	60
Zona A *	65	55
Zona B *	60	50
Zona esclusivamente industriale	70	70

(*) Zone di cui all'art. 2 del Decreto Ministeriale 2 Aprile 1968, n° 1444.

Per l'analisi del calcolo previsionale si è fatto riferimento alle condizioni di potenziale massima criticità delle emissioni sonore per l'attività in esame. Le condizioni più gravose dal punto di vista acustico si avranno quando le sorgenti di rumore saranno in funzione contemporaneamente, di conseguenza prendendo in considerazione il funzionamento contemporaneo dei 11 aerogeneratori in progetto.

Nell'aria di influenza sono presenti fabbricati ad uso agricolo o zootecnico, numerosi edifici rurali non abitabili dedicati al deposito di attrezzi agricoli e scorte per i fondi ed alcuni edifici accatastati come residenziali di cui, sebbene in contesto rurale, non si può escludere a priori la presenza di persone durante le 24 ore.

Entro una distanza di circa 1,2 km dal parco in progetto, sono stati analizzati, in prima istanza, tutti i fabbricati presenti, circa 200. Dalla totalità dei fabbricati si sono esclusi dalla valutazione ovili, depositi e fienili in quanto non presidiati da persone se non saltuariamente e per brevi periodi di tempo. Un'ulteriore selezione è stata in seguito effettuata escludendo i ricettori ubicati a distanza maggiore di 700 metri dal parco eolico e prendendo in considerazione i soli ricettori che catastalmente, e per il loro utilizzo, ricadessero in categorie proprie delle abitazioni (nel caso specifico, tra queste, si sono individuate sull'area di studio le categorie A2 abitazioni civili, A3 abitazioni economiche, A4 abitazioni popolari e A7 abitazioni in villini). Si evidenzia in ogni caso che nell'area in esame non sono presenti ricettori sensibili quali scuole e asili nido, ospedali, case di cura e riposo.

CODICE RECETTORE	COORDINATE WGS84		COMUNE	MAPPALE	PARTICELLA	CATEGORIA CATASTALE	WTG DI INFLUENZA
R-02	462550.00 m E	4344809.00 m N	Carbonia	45	609	A04	C01
R-03	462555.14 m E	4344793.19 m N	Carbonia	45	610	A04	C01
R-04	462548.60 m E	4344781.02 m N	Carbonia	45	611	A04	C01
R-05	462548.15 m E	4344696.10 m N	Carbonia	45	697	A03	C01
R-06	462527.00 m E	4344677.00 m N	Carbonia	45	649	A07	C01
R-07	462537.23 m E	4344645.63 m N	Carbonia	45	698	A03	C01
R-08	462507.35 m E	4344587.57 m N	Carbonia	45	612	A03	C01
R-09	462489.00 m E	4344535.00 m N	Carbonia	45	641	A03	C01
R-13	462849.00 m E	4344249.00 m N	Iglesias	6	47	A02	I04
R-17	463503.09 m E	4344756.68 m N	Iglesias	2	561	A02/D10	C01
R-18	463529.16 m E	4344764.21 m N	Iglesias	2	562	A02/C01/C02/C06/D10/F01	C01
R-19	463662.71 m E	4344353.91 m N	Iglesias	7	94	A02/F01	I04

R-20	463749.63 m E	4344405.11 m N	Iglesias	7	98	A03/F01	I04
R-30	462545.40 m E	4345282.42 m N	Carbonia	46	584	A03	C01
R-31	462517.18 m E	4345262.13 m N	Carbonia	46	583	A03	C01
R-34	462472.41 m E	4345196.23 m N	Carbonia	45	763	A04	C01
R-53	462582.08 m E	436502.38 m N	Carbonia	46	551	A03	C02
R-59	463121.02 m E	4346625.25 m N	Carbonia	46	186	A07	C02
R-147	459781.00 m E	4343350.00 m N	Carbonia	53	250	A03	C05
					251	A04	C05
R-155	460040.54 m E	4342745 m N	Carbonia	54	92	A04	C05
R-163	464208.06 m E	4344722.54 m N	Iglesias	8	81	A04/A07	I01
R-198	462952.15 m E	4343818.90 m N	Iglesias	15	113	A03/C02	I04
R-200	462942.36 m E	4343794.00 m N	Iglesias	15	126	A03/A04	I04
					96		
					107		
R-201	462918.35 m E	4343796.25 m N	Iglesias	15	120	A03	I04
					123		

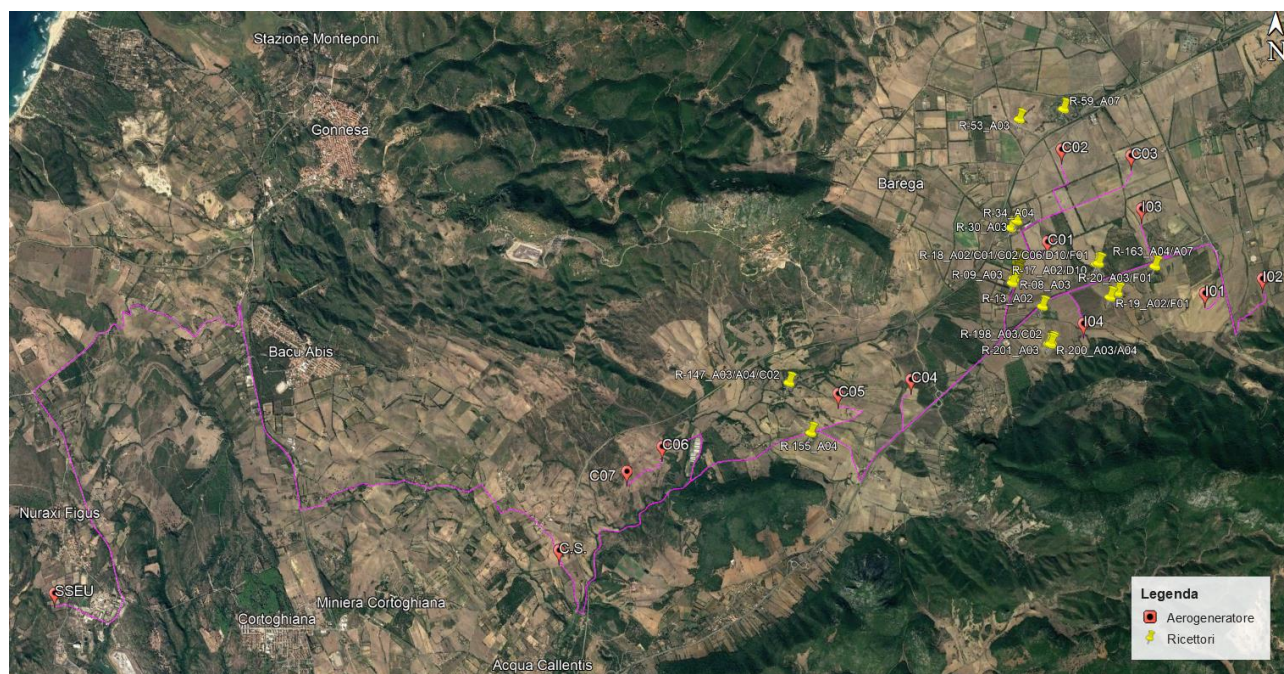


Figura 12 – Collocazione geografica dei ricettori rispetto alle turbine eoliche

La parte di territorio interessata dalla realizzazione del Parco eolico è caratterizzata prevalentemente dalla presenza di una importante arteria stradale, la SP 2, che attraversa l'area di interesse e ne costituisce la principale sorgente sonora. Sono da segnalare anche altre infrastrutture stradali di minore importanza che, però, si sviluppano all'interno dell'area di interesse, in prossimità di molti dei ricettori individuati, contribuendo di fatto al rumore residuo. Ci si riferisce, ad esempio, alla strada interna che collega la SP2 alla frazione di Barega, tra Iglesias e Carbonia, sulla quale sono presenti anche fermate dell'autobus dell'ARST.

Sul confine nord dell'area del parco è presente anche la linea ferroviaria che, nel tratto di interesse, collega il comune di Villamassargia con il comune di Carbonia ed è caratterizzata da circa 15 passaggi al giorno per direzione.

Per il resto si tratta di un territorio costituito prevalentemente da terreni a destinazione agricola, le cui uniche sorgenti sonore sono rappresentate dall'attività delle aziende agricole e zootecniche disseminate nel territorio che fanno uso di

macchinari agricoli e mezzi quali trattori, ecc.

I rilievi sono stati effettuati mediante l'installazione di 4 stazioni fonometriche con lo scopo di caratterizzare il clima acustico "ante-operam" in modo tale da determinare il rumore residuo caratteristico dell'area di studio. In particolare i rilievi hanno interessato un Tempo di riferimento (Tr) diurno (ore 06:00-22:00) e il Tr notturno (ore 22:00-06:00), con tempi di misura in continuo di circa 5 giorni.

Di seguito si riportano la postazione di misura, la posizione del ricettore più prossimi rispetto all'impianto di progetto:

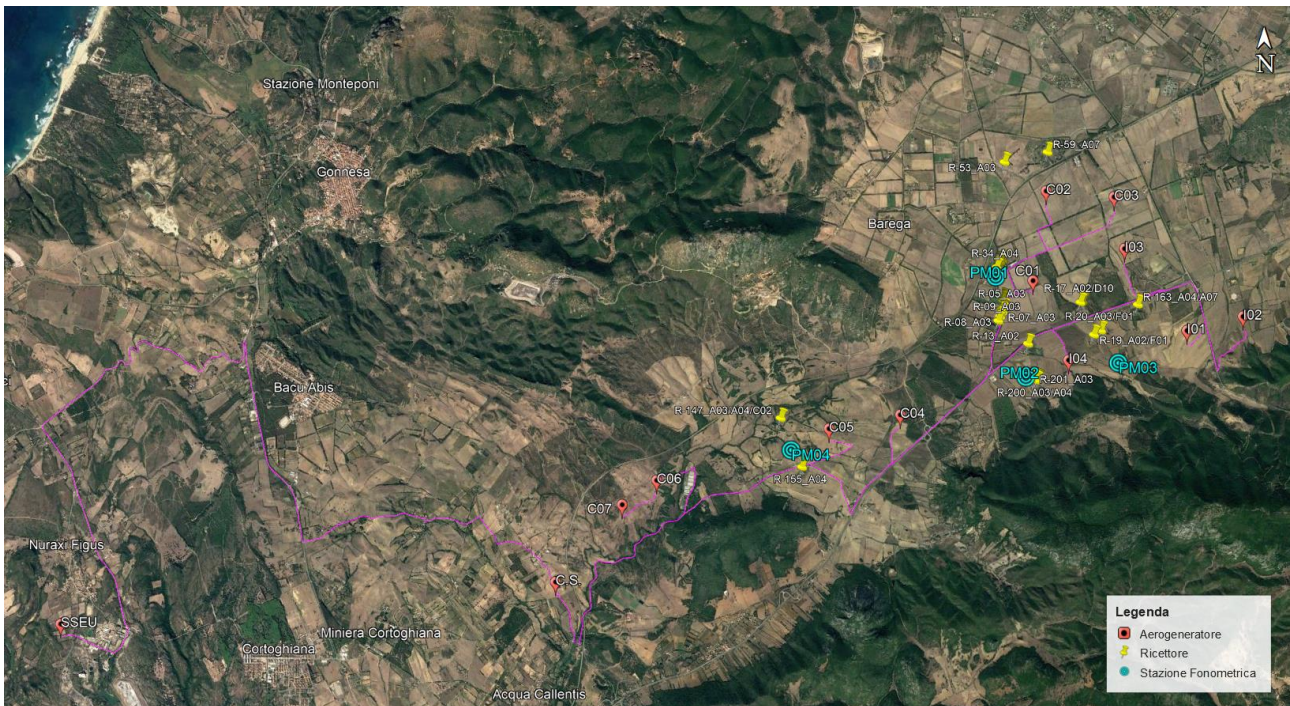


Figura 13 – Collocazione geografica delle stazioni fonometriche

Si riportano di seguito i dati relativi ai rilievi effettuati "ante-operam":

Giorno	V vento media (quota 2 m)	Postazione PM01		Postazione PM02		Postazione PM03		Postazione PM04	
		Diurno	Notturno	Diurno	Notturno	Diurno	Notturno	Diurno	Notturno
18/05/2022	1,6	59,1	51,1	56,5	40,2	53,4	39,3	48,1	37,1
19/05/2022	2,5	60,6	50,8	55,0	41,4	53,0	38,4	51,8	38,4
20/05/2022	3,8	59,2	51,8	60,3	39,6	55,2	39,3	57,1	35,5
21/05/2022	2,1	59,1	52,2	54,8	38,1	53,1	40,8	54,8	35,1
22/05/2022	1,6	58,1	52,5	53,8	38,3	54,7	41,5	31,1	36,7

I valori di rumore residuo rilevati risentono della presenza delle sorgenti di rumore esistenti nell'area, in particolare la SP 2 per i punti di misura PM01 e PM02 nel TR diurno. Su PM01 è presente anche il contributo della strada interna che collega la SP2 alla frazione di Barega.

Nell'area non si riscontra la presenza di siti industriali con attività in continuo nelle 24 ore, ma sono presenti strade sterrate soggette al passaggio di mezzi agricoli o di automobili di proprietà dei residenti o dei proprietari di poderi, non frequentati in periodo notturno.

Ottenuti tali valori si è proceduto con il calcolo previsionale dell'impatto acustico nelle condizioni più gravose dal punto di vista acustico che risulteranno essere quando le sorgenti di rumore saranno in funzione contemporaneamente, di conseguenza prendendo in considerazione il funzionamento contemporaneo dei 11 aerogeneratori in progetto.

Mediante l'utilizzo del software *Cadna Versione 4.4.145*, © *DataKustik GmbH* si è simulato l'impatto acustico che le sorgenti del parco eolico avranno sui ricettori presenti nell'area. La valutazione previsionale ha tenuto conto, oltre che del contributo di rumore immesso dai soli aerogeneratori sui ricettori, anche del clima acustico caratteristico delle aree interessate dalla presenza del parco eolico, determinato sulla base dei rilievi fonometrici effettuati.

Dalla simulazione si ottengono i seguenti valori di emissione sui ricettori:

Ricettori	DIURNO	NOTTURNO	Comune	Class. Acustica	Limiti emissione	
	Emissione	Emissione			D	N
R-02	39,8	39,8	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91.	70	60
R-03	39,8	39,8	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91.	70	60
R-04	39,7	39,7	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91.	70	60
R-05	39	39	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91.	70	60
R-06	38,5	38,5	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91.	70	60
R-07	38,4	38,4	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91.	70	60
R-08	37,4	37,4	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91.	70	60
R-09	37	37	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91.	70	60
R-13	38,2	38,2	Iglesias	III	55	45
R-17	39,3	39,3	Iglesias	III	55	45
R-18	39,2	39,2	Iglesias	III	55	45
R-19	40	40	Iglesias	III	55	45
R-20	39	39	Iglesias	III	55	45
R-30	38,7	38,7	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91.	70	60
R-31	38,5	38,5	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91.	70	60
R-34	38,6	38,6	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91.	70	60
R-53	36,1	36,1	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91.	70	60
R-59	38,2	38,2	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91.	70	60
R-147	36	36	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91.	70	60
R-155	37,7	37,7	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91.	70	60
R-163	38,9	38,9	Iglesias	III	55	45
R-198	38,8	38,8	Iglesias	III	55	45
R-200	38,6	38,6	Iglesias	III	55	45
R-201	38,1	38,1	Iglesias	III	55	45

Dal confronto dei dati ottenuti si evince il rispetto dei limiti di emissione per tutti i ricettori sia nel tempo di riferimento diurno che notturno.

Sulla base dei valori di rumore residuo e di emissione delle sorgenti ricavati si sono determinati i valori assoluti di immissione sui ricettori nel tempo di riferimento considerando come velocità del vento 5,4 m/s che corrisponde alla velocità di massima emissione degli aerogeneratori.

Ricettori	DIURNO	NOTTURNO	Comune	Class. Acustica	Limiti immissione	
	Immissione	Immissione			D	N
R-02	59,3	52,0	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91	70	60
R-03	59,2	52,0	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91	70	60
R-04	59,2	52,0	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91	70	60
R-05	59,3	52,0	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91	70	60
R-06	59,2	52,0	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91	70	60
R-07	59,2	52,0	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91	70	60
R-08	59,3	52,0	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91	70	60
R-09	59,2	52,0	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91	70	60
R-13	62,9	50,2	Iglesias	III	60	50
R-17	62,0	52,4	Iglesias	III	60	50
R-18	62,0	52,4	Iglesias	III	60	50
R-19	54,1	45,3	Iglesias	III	60	50
R-20	54,3	45,1	Iglesias	III	60	50
R-30	59,2	51,9	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91	70	60
R-31	59,2	51,9	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91	70	60
R-34	59,2	51,9	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91	70	60
R-53	59,2	51,8	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91	70	60
R-59	59,2	51,9	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91	70	60
R-147	53,1	44,4	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91	70	60
R-155	53,1	44,7	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91	70	60
R-163	57,7	46,7	Iglesias	III	60	50
R-198	56,2	45,0	Iglesias	III	60	50
R-200	56,2	44,9	Iglesias	III	60	50
R-201	56,2	44,8	Iglesias	III	60	50

Dal confronto dei dati ottenuti dai calcoli si evince il rispetto dei limiti di immissione per tutti i ricettori sia nel tempo di riferimento diurno che notturno. Per i ricettori R-13, R-17, R-18, i valori di immissione risultano essere superiori ai limiti della classe acustica a causa del fatto che il rumore residuo risulta essere già superiore ai limiti per effetto della prossimità alla SP2.

Per un'ulteriore verifica si sono stimati i limiti differenziali d'immissione, all'interno degli ambienti abitativi che da normativa risultano essere pari a:

- 5 dB per il periodo diurno;
- 3 dB per il periodo notturno.

I limiti differenziali non si applicano nei seguenti casi, poiché ogni effetto del rumore è da ritenersi trascurabile:

- se il rumore misurato a finestre aperte sia inferiore a 50 dB(A) durante il periodo diurno e 40 dB(A) durante il periodo notturno;
- se il livello del rumore ambientale misurato a finestre chiuse sia inferiore a 35 dB(A) durante il periodo diurno e 25 dB(A) durante il periodo notturno.

Il Livello differenziale di rumore (LD) è dato dalla differenza tra il livello di rumore ambientale (LA) e quello di rumore residuo (LR), $LD = (LA - LR)$.

Si ottiene, per il caso in esame:

Differenziale in orario diurno (< 5dB)

Ricettori	Ambientale diurno dB(A)	Residuo diurno dB(A)	Differenziale diurno dB(A)
R-02	59,3	59,2	0,1
R-03	59,2	59,2	0,0
R-04	59,2	59,2	0,0
R-05	59,3	59,2	0,1
R-06	59,2	59,2	0,0
R-07	59,2	59,2	0,0
R-08	59,3	59,2	0,1
R-09	59,2	59,2	0,0
R-13	62,9	62,9	0,0
R-17	62,0	62,0	0,0
R-18	62,0	62,0	0,0
R-19	54,1	53,9	0,2
R-20	54,3	53,9	0,4
R-30	59,2	59,2	0,0
R-31	59,2	59,2	0,0
R-34	59,2	59,2	0,0
R-53	59,2	59,2	0,0
R-59	59,2	59,2	0,0
R-147	53,1	53,0	0,1
R-155	53,1	53,0	0,1
R-163	57,7	57,6	0,1
R-198	56,2	56,1	0,1
R-200	56,2	56,1	0,1
R-201	56,2	56,1	0,1

Differenziale in orario diurno (< 3 dB)

Ricettori	Ambientale notturno dB(A)	Residuo notturno dB(A)	Differenziale notturno dB(A)
R-02	52,0	51,7	0,3
R-03	52,0	51,7	0,3
R-04	52,0	51,7	0,3
R-05	52,0	51,7	0,3
R-06	52,0	51,7	0,3
R-07	52,0	51,7	0,3
R-08	52,0	51,7	0,3
R-09	52,0	51,7	0,3
R-13	50,2	49,9	0,3
R-17	52,4	52,2	0,2
R-18	52,4	52,2	0,2
R-19	45,3	43,8	1,5
R-20	45,1	43,8	1,3
R-30	51,9	51,7	0,2
R-31	51,9	51,7	0,2
R-34	51,9	51,7	0,2
R-53	51,8	51,7	0,1
R-59	51,9	51,7	0,2
R-147	44,4	43,8	0,6
R-155	44,7	43,8	0,9
R-163	46,7	45,9	0,8
R-198	45,0	43,8	1,2
R-200	44,9	43,8	1,1
R-201	44,8	43,8	1,0

L'analisi dei risultati delle misure e dei calcoli di previsione, sopra riportati, induce a valutare che non ci saranno incrementi dei livelli sonori della zona e pertanto la realizzazione dell'opera rispetterà i limiti di immissione della classe acustica dell'area di studio.

L'alterazione acustica dell'area durante la costruzione dell'opera è riconducibile alle fasi di approntamento e di esercizio del cantiere, con la presenza di emissioni acustiche che in relazione alle varie attività di cantiere, possono essere di tipo continuo o discontinuo.

Tenuto conto delle caratteristiche costruttive delle opere da realizzare, le fasi cantieristiche caratterizzate dalle emissioni più rilevanti sono quelle relative ai movimenti terra e alla realizzazione delle opere civili, mentre la fase di montaggio delle apparecchiature elettromeccaniche determinerà emissioni sonore certamente più contenute.

La rumorosità delle attività di cantiere sarà strettamente connessa alle tipologie di macchinari che verranno impiegati e alle scelte operative dell'Impresa Appaltatrice che realizzerà l'opera. Si riporta la suddivisione dei mezzi utilizzati per le differenti attività svolte:

Attività lavorativa	Mezzi impiegati	Livello potenza sonora L _w
Scenario 1	N.1 escavatore	102,5 dB
Esecuzione plinti di fondazione e loro rinterro, scavi e rinterri cavidotti, sistemazioni stradali, lavori edili sottostazione	N.2 autocarro	108,5 dB
	N.1 trench	117,4 dB
	N.1 camion gru	99,6 dB
	N.1 bobcat	112,9 dB
Scenario 2	N.1 escavatore	102,5 dB
Montaggio apparecchiature elettromeccaniche, stesa delle linee MT entro scavo.	N.1 camion gru	99,6 dB

Mediante l'utilizzo del software *Cadna Versione 4.4.145*, © *DataKustik GmbH* si è verificato il rispetto del limite assoluto di immissione delle fasi di cantiere. La verifica fa riferimento alle condizioni di massima criticità delle emissioni sonore associate all'attività. In questo caso, le condizioni più gravose dal punto di vista acustico si hanno considerando tutte le sorgenti del cantiere in funzione. Inserendo i valori si ottiene:

Ricettori	Immissione cantiere		Comune	Class. Acustica	Limiti di accettabilità	
	attività 1	attività 2			D	N
R-02	42,8	36	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91	70	60
R-03	42,8	36	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91	70	60
R-04	42,7	35,9	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91	70	60
R-05	41,7	34,9	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91	70	60
R-06	41,1	34,3	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91	70	60
R-07	40,9	34,1	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91	70	60
R-08	39,7	32,9	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91	70	60
R-09	39	32,3	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/91	70	60
R-30	42,6	35,5	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/92	70	60
R-31	42,1	35,2	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/93	70	60
R-34	42,3	35,7	Carbonia	art. 6 DPCM 01/03/94	70	60

Tali valori rispettano i limiti di accettabilità per il periodo di riferimento diurno (70 dB(A)) previsti dall'art. 6 del DPCM 01/03/91. Si fa riferimento a tali limiti in quanto l'amministrazione Comunale di Carbonia, territori in cui ricadono i ricettori considerati, non ha ancora approvato e adottato il Piano di Classificazione Acustica.

Ricettori	Immissione cantiere		Comune	Class. Acustica	Limiti di immissione	
	attività 1	attività 2			D	N
R-198	41,8	36,7	Iglesias	III	60	50
R-200	42,5	36,5	Iglesias	III	60	50
R-201	42,2	36,4	Iglesias	III	60	50

Tali valori rispettano i limiti di immissione per il periodo di riferimento diurno previsti dal piano di Classificazione Acustica Comunale.

Per quanto riguarda la costruzione SSEU, questa ricade all'interno del Comune di Gonnese, e dalla consultazione del PCA emerge che l'area in esame ricade nelle vicinanze della Zona Industriale alla quale è assegnata la classe IV, inoltre all'interno di essa ricade l'unico ricettore con codifica "Ricettore 1". Analizzando gli scenari riportati nel cronoprogramma, si è ipotizzato che la fase più rumorosa durante l'attività del cantiere di realizzazione della SSEU sarà rappresentata dall'attività di scavo. Pertanto dalla verifica si ottenuti valori massimi di $L_{Aeq, TR, R1} = 57,8 \text{ dB(A)}$ che sono al di sotto dei valori limiti di legge previsti dal piano di classificazione acustica di appartenenza (65 dB(A)).

6.2. Cavidotti

6.2.1. Generalità

Coerentemente con la suddivisione in sottocampi di cui si è già parlato, l'intero sistema di raccolta dell'energia dagli aerogeneratori verso le SSEU 33/220 kW è articolato su n.4 distinte linee elettriche a 33 kV. Dall'aerogeneratore capofila di ciascun sottocampo, infatti, si diparte una linea elettrica di vettoriamento in cavo interrato MT 33 kV, di sezione pari al massimo a 630 mm².

Analogamente, gli aerogeneratori di ciascun sottocampo sono collegati fra loro in entra-esce con una linea elettrica in cavo interrato MT 33 kV, di sezione pari a crescente dal primo all'ultimo aerogeneratore.

Linea MT 1 - in cavo unipolare posato a trifoglio (Impianto Utente)									
N° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	I02>>I01	116,64	1750	185	60,8	0,184	9,1	0,000	ST - Trifoglio
2	I01>>CSEZ	233,27	12060	400	513,4	1,556	125,6	0,001	ST - Trifoglio
2	CSEZ>>SSEU	233,27	14090	400	599,9	1,818	146,8	0,001	ST - Trifoglio
	TOTALE		27900		1174	3,56	281,50	0,002	
Linea MT 2 - in cavo unipolare posato a trifoglio (Impianto Utente)									
N° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	I03>>I04	116,64	2930	185	101,7	0,308	15,3	0,000	ST - Trifoglio
2	I04>>C04	233,27	3810	400	162,2	0,492	39,7	0,000	ST - Trifoglio
3	C04>>CSEZ	349,91	7185	630	356,4	1,080	112,2	0,001	ST - Trifoglio
3	CSEZ>>SSEU	349,91	14090	630	698,9	2,118	220,0	0,001	ST - Trifoglio
	TOTALE		28015		1319	4,00	387,10	0,002	
Linea MT 3 - in cavo unipolare posato a trifoglio (Impianto Utente)									
N° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	C03>>C02	116,64	1810	185	62,8	0,190	9,5	0,000	ST - Trifoglio
2	C02>>C01	233,27	1905	400	81,1	0,246	19,8	0,000	ST - Trifoglio
3	C01>>CSEZ	349,91	9710	630	481,6	1,459	151,6	0,001	ST - Trifoglio
3	CSEZ>>SSEU	349,91	14090	630	698,9	2,118	220,0	0,001	ST - Trifoglio
	TOTALE		27515		1324	4,01	400,83	0,002	
Linea MT 4 - in cavo unipolare posato a trifoglio (Impianto Utente)									
N° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	C05>>C07	116,64	4460	185	154,9	0,469	23,3	0,000	ST - Trifoglio
2	C07>>C06	233,27	610	300	30,6	0,093	7,9	0,000	ST - Trifoglio
3	C06>>CSEZ	349,91	4575	500	262,0	0,794	86,9	0,000	ST - Trifoglio
3	CSEZ>>SSEU	349,91	14090	500	806,8	2,445	267,6	0,001	ST - Trifoglio
	TOTALE		23735		1254	3,80	385,68	0,002	

In generale, per tutte le linee elettriche, si prevede la posa direttamente interrata dei cavi, con protezioni meccaniche ove necessario, ad una profondità che prevede l'estradosso del cavo maggiore o uguale a 1 m. In caso di particolari attraversamenti o di risoluzione puntuale di interferenze, le modalità di posa saranno modificate in conformità a quanto previsto dalla norma CEI 11-17 e dagli eventuali regolamenti vigenti relativi alle opere interferite, mantenendo comunque un grado di protezione delle linee non inferiore a quanto garantito dalle normali condizioni di posa.

Per il dettaglio dei tipologici di posa, si rimanda all'elaborato dedicato a tale scopo.

6.2.2. Dati tecnici del cavo utilizzato

Sono stati adottati cavi in alluminio **ARP1H5(AR) - 18/30KV - Umax 36KV**. La Norma CEI 20-13 "Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV" definisce le principali regole costruttive per i cavi isolati con gomme di qualità G5 e G7 a base di elastomeri etilenpropilenici e stabilisce le prescrizioni di prova a cui devono rispondere nel collaudo. Il paragrafo "Portate di corrente" afferma che per le portate in regime permanente si deve fare

riferimento alla Norma CEI 20-21 "Calcolo delle portate dei cavi elettrici in regime permanente (fattore di carico 100%)" e alle tabelle CEI-UNEL 35027 (nel nostro caso). La Norma CEI-UNEL 35027 è ricavata dalla serie di Norme CEI 20-21 (recepimento della Norma IEC 60287 - serie) ed incorpora la revisione dei valori delle portate in corrente citate nelle Norme CEI. Poiché la sezione massima dei conduttori citata in questa Norma è di 300 mm² (cavi in Cu e Al), per i valori di portata in corrente in regime permanente di cavi di dimensioni superiori rimanda alle specifiche tecniche rilasciate dai costruttori per i cavi costruiti in conformità alla CEI 20-13. I cavi utilizzati saranno strutturati nel seguente modo, dall'interno verso l'esterno:

- conduttore a corda compatta di alluminio; semiconduttore interno estruso;
- isolante in elastomero termoplastico (qualità HPTE);
- semiconduttore esterno estruso;
- rivestimento protettivo con nastro semiconduttore igroespandente;
- schermatura con nastro in alluminio avvolto a cilindro longitudinale;
- protezione meccanica in materiale polimerico (Air Bag);
- guaina in polietilene, qualità DMP2 di colore rosso.

ARP1H5(AR)E Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV
ARP1H5(AR)EX Elica visibile 12/20 kV e 18/30 kV



ARP1H5(AR)E *P-Laser* **AIR BAG™**
CABLE SYSTEM

 Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV
Single core 12/20 kV and 18/30 kV

Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARP1H5(AR)E

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	peso del cavo	raggio minimo di curvatura
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	weight	minimum bending radius
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)

Dati costruttivi / Construction charact. - 12/20 kV

50	8,2	18,0	31	720	440
70	9,7	19,1	32	810	450
95	11,4	20,6	34	920	480
120	12,9	22,1	35	1040	490
150	14,0	23,4	37	1150	520
185	15,8	25,6	39	1330	550
240	18,2	27,8	41	1570	580
300	20,8	31,0	45	1840	630
400	23,8	34,9	49	2310	690
500	26,7	37,1	52	2720	730
630	30,5	41,5	57	3300	800

Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV

50	8,2	24,8	38	1060	540
70	9,7	25,1	38	1110	550
95	11,4	26,0	39	1200	560
120	12,9	26,9	40	1300	580
150	14,0	27,6	41	1390	580
185	15,8	29,0	42	1540	610
240	18,2	31,4	45	1790	630
300	20,8	34,6	49	2160	690
400	23,8	37,8	53	2570	750
500	26,7	40,9	56	3020	790
630	30,5	45,5	61	3640	860

ARP1H5(AR)EX *P-Laser* **AIR BAG™**
CABLE SYSTEM

 Elica visibile 12/20 kV e 18/30 kV
Triplex 12/20 kV and 18/30 kV

Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARP1H5(AR)EX

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	peso del cavo	raggio minimo di curvatura
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	weight	minimum bending radius
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)

Dati costruttivi / Construction charact. - 12/20 kV

50	8,2	18,0	31	2150	660
70	9,7	19,1	32	2420	680
95	11,4	20,6	34	2760	720
120	12,9	22,1	35	3130	740
150	14,0	23,4	37	3460	780
185	15,8	25,6	39	3990	820
240	18,2	27,8	41	4700	870
300	20,8	31,0	45	5520	950

Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV

50	8,2	24,8	38	3180	800
70	9,7	25,1	38	3340	800
95	11,4	26,0	39	3610	820
120	12,9	26,9	40	3900	840
150	14,0	27,6	41	4180	870
185	15,8	29,0	42	4620	890
240	18,2	31,4	45	5380	950
300	20,8	34,6	49	6500	1030

Figura 14 – Caratteristiche tecniche ed elettriche dei cavi MT utilizzati
6.2.3. Profondità e sistema di posa cavi

In generale, per tutte le linee elettriche, si prevede la posa direttamente interrata dei cavi, senza ulteriori protezioni meccaniche, ad una profondità di 1 m dal piano di calpestio.

In caso di particolari attraversamenti o di risoluzione puntuale di interferenze, le modalità di posa saranno modificate in conformità a quanto previsto dalla norma CEI 11-17 e dagli eventuali regolamenti vigenti relativi alle opere interferite, mantenendo comunque un grado di protezione delle linee non inferiore a quanto garantito dalle normali condizioni di posa.

Le modalità di esecuzione dei cavidotti su strade di parco, nell'ipotesi in cui vengano realizzati contestualmente, saranno le seguenti:

- **FASE 1** (apertura delle piste laddove necessario):
 - o apertura delle piste e stesura della fondazione stradale per uno spessore di cm 40;
- **FASE 2** (posa);

- Scavo a sezione obbligata fino alla profondità relativa di -1,10/-1,20 m dalla quota di progetto stradale finale;
 - collocazione della corda di rame sul fondo dello scavo e costipazione della stessa con terreno vagliato proveniente dagli scavi;
 - collocazione delle terne di cavo MT, nel numero previsto come da schemi di collegamento;
 - collocazione in tubo della fibra ottica;
 - rinterro con materiale granulare classifica A1 secondo la UNI CNR 10001 e s.m.i.
 - rinterro con materiale proveniente dagli scavi compattato, per uno spessore di 25 cm;
 - collocazione di nastro segnalatore della presenza di cavi di media tensione;
 - rinterro con materiale proveniente dagli scavi del pacchetto stradale precedentemente steso (in genere 40 cm);
- **FASE 3** (finitura del pacchetto stradale):
- Stesura dello strato di finitura stradale pari a 20 cm fino al piano stradale di progetto finale con materiale proveniente da cava o da riutilizzo del materiale estratto in situ (vedi piano di utilizzo in situ delle terre e rocce da scavo).

Le modalità di esecuzione dei cavidotti su strade di parco, qualora questi vengano posati precedentemente alla realizzazione della viabilità, saranno suddivise nelle seguenti fasi.

- **FASE 1** (posa cavidotti):
- Scavo a sezione obbligata fino alla profondità relativa di -1,10/-1,20 m dalla quota di progetto stradale finale;
 - collocazione della corda di rame sul fondo dello scavo e costipazione della stessa con terreno vagliato proveniente dagli scavi;
 - collocazione delle terne di cavo MT, nel numero previsto come da schemi di collegamento;
 - collocazione in tubo della fibra ottica;
 - rinterro con rinterro con materiale da scavo vagliato;
 - collocazione di nastro segnalatore della presenza di cavi di media tensione;
 - collocazione di fondazione stradale con materiale proveniente dagli scavi se idoneo (Classe A1 UNICNR10006) fino al raggiungimento della quota della strada esistente.
- **FASE 2** (finitura del pacchetto stradale):
- Collocazione di fondazione stradale con materiale proveniente dagli scavi se idoneo (Classe A1 UNICNR10006) fino alla profondità relativa di -0,20 m dalla quota di progetto stradale finale;
 - stesura dello strato di finitura stradale pari a 20 cm fino al piano stradale di progetto finale con materiale proveniente da cava o da riutilizzo del materiale estratto in situ (vedi piano di utilizzo in situ delle terre e rocce da scavo);

Per conoscere tutte le sezioni tipo e maggiori particolari, si rimanda alla relativa tavola di progetto.

6.2.4. Fibra ottica di collegamento

Per permettere il monitoraggio e controllo dei singoli aerogeneratori, il presente progetto prevede la realizzazione di un nuovo sistema di telecontrollo, il quale sovrintenderà al funzionamento del parco eolico in esame.

Per la realizzazione del sistema si farà uso di un collegamento in fibra ottica, in configurazione entra-esce da ciascun aerogeneratore.

Lo schema di collegamento del sistema di monitoraggio segue la stessa logica dello schema di collegamento elettrico riportato nel capitolo precedente.

In particolare, si farà uso di un cavo in fibra ottica mono-modale da 12 fibre 9/125/250, in tubo interrato, di caratteristiche prestazionali tali da garantire una attenuazione del segnale minima, così da permettere la migliore qualità nella trasmissione delle informazioni.

Le fibre devono essere corredate di tutti gli accessori necessari alla loro giunzione ed attestazione.

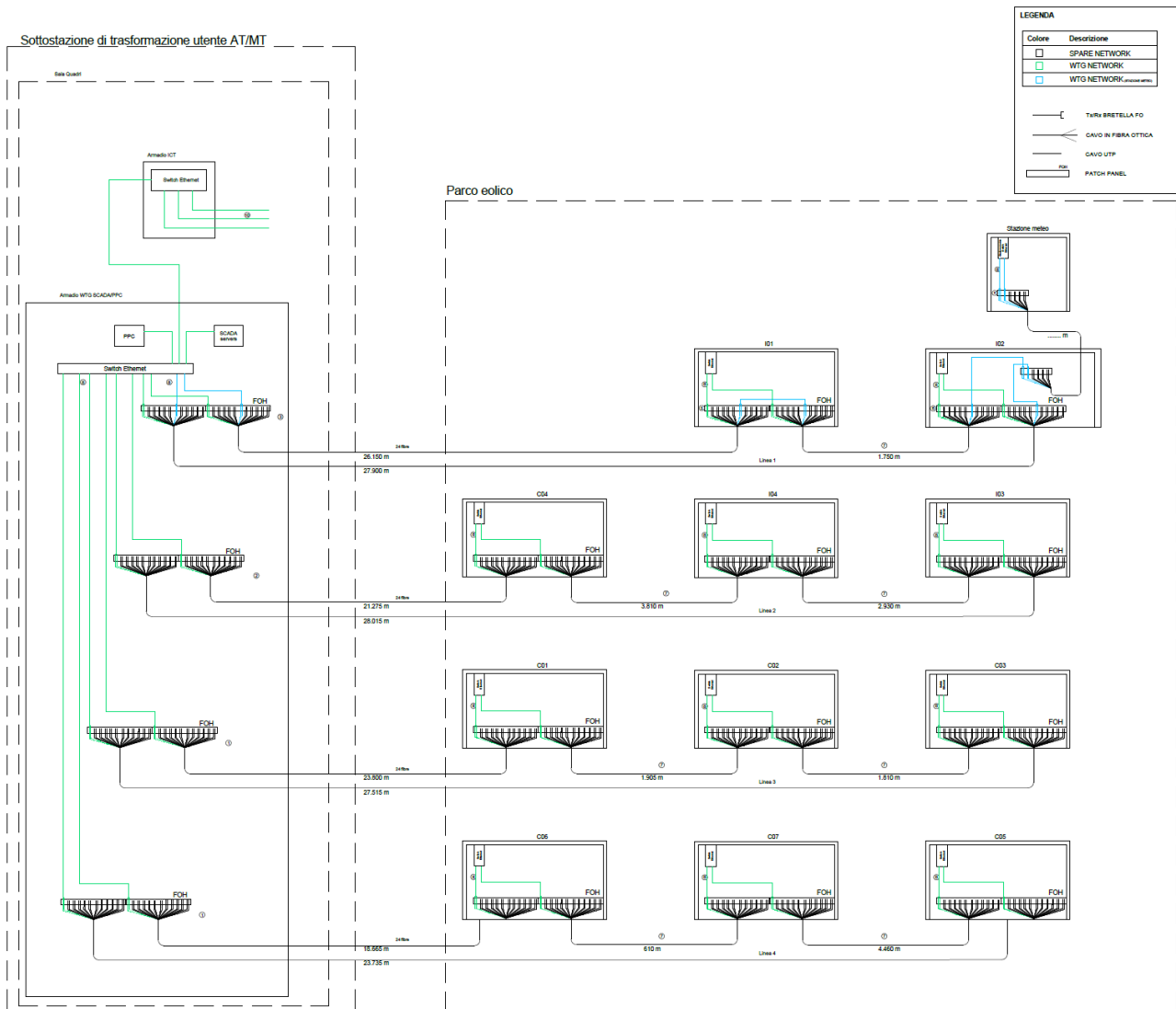


Figura 15 – Schema rete fibra ottica

6.2.5. Sistema di terra

Il sistema di terra del parco eolico è costituito da una maglia di terra formata dai sistemi di dispersori dei singoli aerogeneratori e dal conduttore di corda nuda che li collega. La maglia complessiva che si viene così a creare consente di ottenere un valore di resistenza di terra tale da garantire un sufficiente margine di sicurezza, adeguato alla normativa vigente.

Il sistema di terra di ciascun aerogeneratore consisterà in più anelli dispersori concentrici, collegati radialmente fra loro, e collegati in più punti anche all'armatura del plinto di fondazione.

Il conduttore di terra di collegamento tra i vari aerogeneratori consiste invece in una corda di rame nudo da 50 mm², posta in intimo contatto con il terreno.

Particolare attenzione va posta agli attraversamenti lungo il tracciato dell'cavidotto. Per evitare infatti che in caso di guasto si possa verificare il trasferimento di potenziali dannosi agli elementi sensibili circostanti, quali altri sotto-servizi, acquedotti, tubazioni metalliche, ecc. ecc., verrà utilizzato in corrispondenza di tutti gli attraversamenti, da 5 m prima e fino a 5 m dopo il punto di interferenza, un cavo Giallo/Verde di diametro 95mm² del tipo FG7(O)R, opportunamente giuntato al conduttore di rame nudo, tale da garantire una resistenza pari a quella della corda di rame nudo di 50 mm².

6.2.6. Opere civili cavidotti

I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligata che in funzione al numero di terne, avranno larghezza e profondità diverse, come riportato nelle immagini seguenti (*Fig.16 e Fig. 17*).

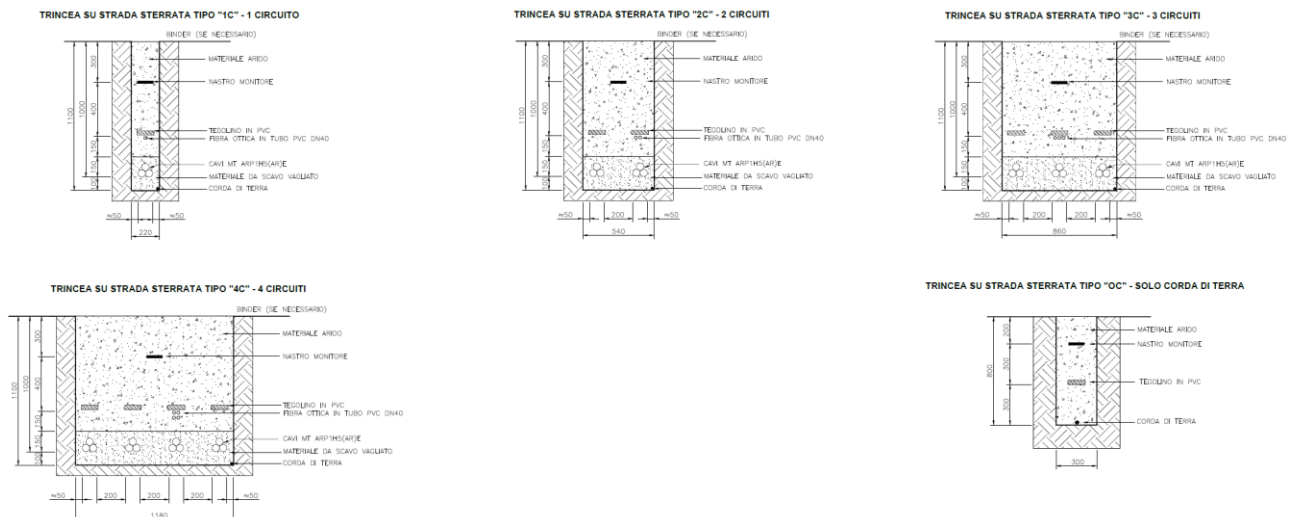


Figura 16 – Sezioni trincee per posa cavidotti MT su strada sterrata

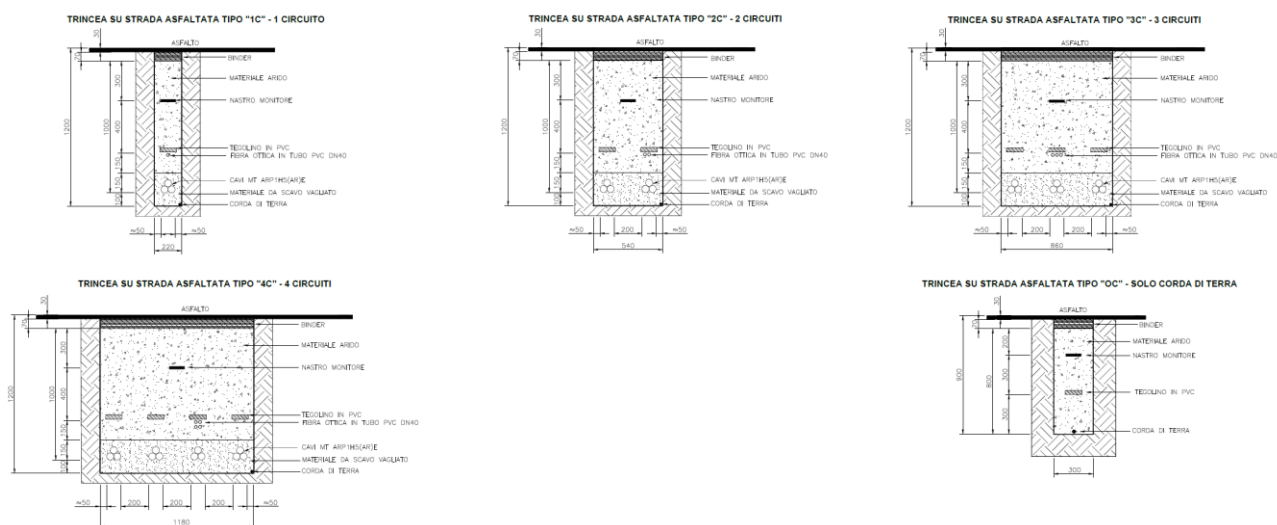


Figura 17 – Sezioni trincee per posa cavidotti MT su strada asfaltata

Nella stessa trincea verranno posati i cavi di energia, la fibra ottica necessaria per la comunicazione e la corda di terra.

Le macchine saranno suddivise in due sottocampi composti rispettivamente da tre e due macchine, a seconda della viabilità esistente, collegate tra loro attraverso uno degli scomparti di media tensione della macchina più vicina al punto di raccolta.

6.3. Stazione di Utenza

La stazione di trasformazione utente, (di seguito SSEU), riceve l'energia proveniente dall'impianto eolico e la eleva alla tensione di 220 kV. La stazione utente sarà costituita da due sezioni, in funzione dei livelli di tensione: la parte di media tensione, contenuta all'interno della cabina di stazione e dalla parte di alta tensione costituita dalle apparecchiature elettriche con isolamento in aria, ubicate nell'area esterna della stazione utente. La cabina di stazione sarà costituita dai locali contenenti i quadri di MT con gli scomparti di arrivo/partenza linee dall'impianto eolico, dagli scomparti per alimentare il trasformatore BT/MT dei servizi ausiliari di cabina, dagli scomparti misure e protezioni MT e dallo scomparto MT per il collegamento al trasformatore MT/AT, necessario per il collegamento RTN.

La stazione di trasformazione è costituita da uno stallo trasformatore elevatore, questo costituito dalle seguenti apparecchiature:

- Trasformatore elevatore 33/220 kV da 85 MVA ONAN;
- Scaricatori di sovratensione per reti a 220 kV con sostegno;
- Trasformatori di corrente e di tensione con sostegni, per misure e protezioni,
- Armadio di smistamento in prossimità dei TA e TV;
- Interruttore tripolare 245 kV;
- Sezionatore tripolare orizzontale 220-245 kV con lame di terra;
- Sbarre AT.

L'impianto viene completato dalla sezione MT/BT, la quale risulterà composta da:

- Quadri MT a 33 kV, completi di:
 - Scomparti di sezionamento linee di campo;
 - Scomparti per reattanze;
 - Scomparti misure;
 - Scomparti protezione generale;
 - Scomparto trafo ausiliari;
- Trasformatore MT/BT servizi ausiliari 33/0,4 kV da 100 kVA;
- Quadri servizi ausiliari;
- Quadri misuratori fiscali;
- Sistema di monitoraggio e controllo.

All'interno della Stazione di Trasformazione sarà presente la cabina di stazione avente le seguenti caratteristiche generali. Essa è destinata a contenere i quadri di comando e controllo della stazione, gli apparati di tele-operazione e i vettori, gli uffici ed i servizi per il personale di manutenzione, sarà formato da un corpo di dimensioni in pianta 29,50 m x 6,50 m ed altezza fuori terra di 3,50 m.

La costruzione dell'edificio è di tipo tradizionale con struttura in c.a. e tamponature in muratura di laterizio rivestite con intonaco di tipo civile. La copertura a tetto piano, opportunamente coibentata ed impermeabilizzata. Gli infissi realizzati in alluminio anodizzato naturale.

Particolare cura è osservata ai fini dell'isolamento termico impiegando materiali isolanti idonei in funzione della zona climatica e dei valori minimi e massimi dei coefficienti volumici globali di dispersione termica, nel rispetto delle norme di cui alla Legge n. 373 del 04/04/1975 e successivi aggiornamenti nonché alla Legge n. 10 del 09/01/1991 e successivi regolamenti di attuazione.

Tale edificio conterrà seguenti locali:

- locale magazzino;
- ufficio;
- locale gruppo elettrogeno;
- locale controllo e protezione;
- locale quadri MT;
- sala server;
- locale contatori.

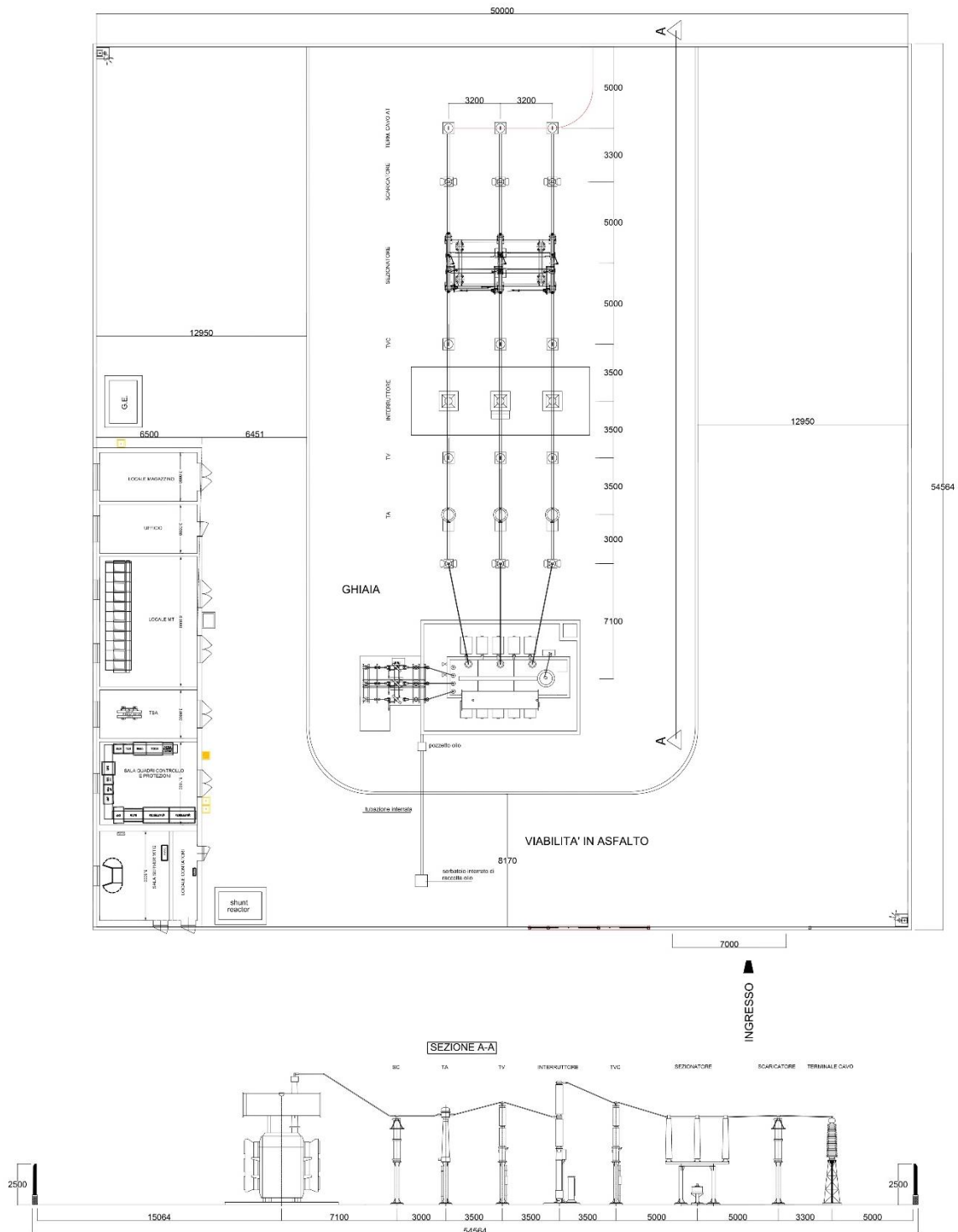
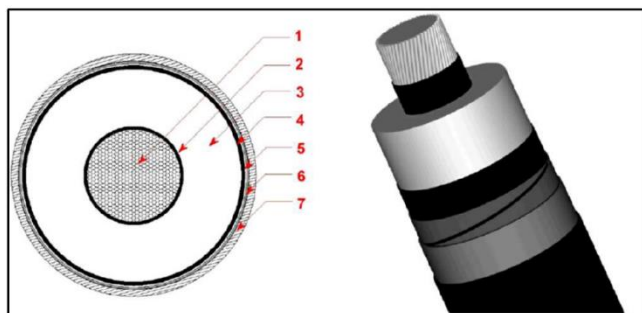


Figura 18 – Planimetria Elettromeccanica SSEU

6.4. Opere di rete per la connessione alla RTN

La soluzione di connessione alla RTN rilasciata dal Gestore di Rete Terna S.p.A. (di seguito, Terna) e accettata dal proponente (CODICE PRATICA: 202002229), prevede che l'impianto di produzione venga collegato in antenna a 220 kV sulla futura Stazione Elettrica (SE) di Smistamento 220 kV della RTN da inserire in entra – esce alla linea RTN a 220 kV "Sulcis - Oristano".

Il cavo impiegato, per i collegamenti della nuova linea in AT, sarà del tipo con isolamento estruso; ciascun cavidotto sarà costituito da tre cavi unipolari posti in un unico scavo. Nello stesso scavo sarà pure posato un tubo per il successivo passaggio del cavo di teletrasmissione e/o di un tritubo per cavo ottico dielettrico. secondo le indicazioni che saranno fornite in sede di progetto esecutivo. Nel seguito si riportano le caratteristiche tecniche principali dei cavi AT utilizzati. Tali dati potranno subire adattamenti comunque non essenziali dovuti alla successiva fase di progettazione esecutiva e di cantierizzazione, anche in funzione delle soluzioni tecnologiche adottate dai fornitori e/o appaltatori. Ciascun cavo d'energia a 220 kV sarà costituito da un conduttore in alluminio compatto di sezione indicativa pari a circa 400 mm² tamponato, schermo semiconduttivo sul conduttore, isolamento in polietilene reticolato (XLPE), schermo semiconduttivo sull'isolamento, nastri in materiale igrospandente, guaina in rame longitudinalmente saldata, rivestimento in polietilene con grafitatura esterna.



1. Conduttore compatto di Alluminio
2. Schermo del conduttore (Strato semiconduttivo interno)
3. Isolante
4. Schermo dell'isolante (Strato semiconduttivo esterno)
5. Barriera igroscopica
6. Schermo metallico
7. Guaina esterna termoplastica

Il cavidotto sarà costituito da tre cavi unipolari, con isolamento in XLPE, costituiti da un conduttore in alluminio di sezione pari a 400 mm² per i cavi.

7. INFRASTRUTTURE ED OPERE CIVILI

7.1. Fondazione Aerogeneratore

Il dimensionamento effettuato in questa fase tiene conto del modello di aerogeneratore, scelto dalla committenza, con diametro rotore pari a 162 m e altezza al mozzo pari a 125 m, con relativa aria spazzata pari a 20.612 mq.

Inoltre in tale fase si prevede la realizzazione di opere di fondazione del tipo dirette in relazione alla stratigrafia locale del terreno.

La fondazione diretta avrà una forma troncoconica con diametro alla base pari a 23,10 m e un'altezza complessiva di 4,30 m. All'interno del plinto di fondazione sarà annegata una gabbia metallica di forma cilindrica per l'ancoraggio della torre.

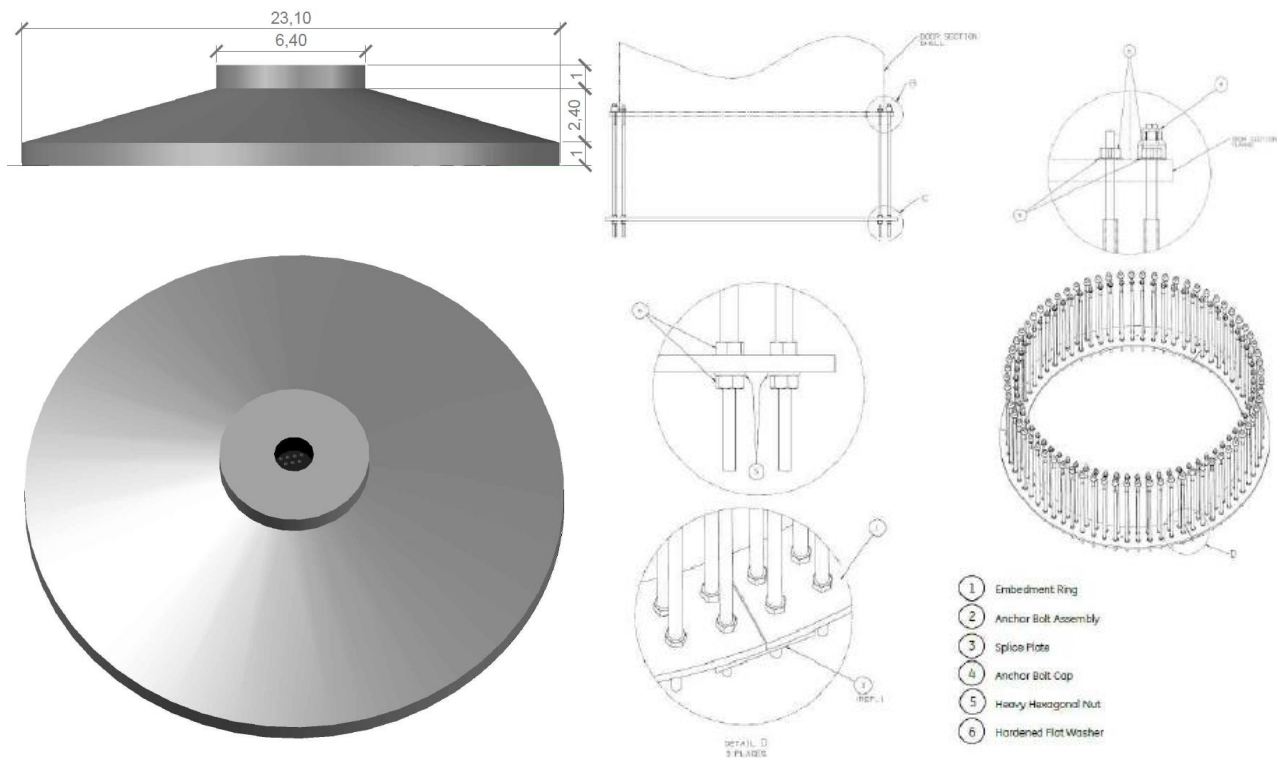


Figura 19 – Fondazione tipo studiata per l'aerogeneratore e con particolare dell'anello di ancoraggio

Nella fondazione, oltre al sistema di ancoraggio della torre, saranno posizionate le tubazioni passacavo in PVC corrugato, nonché gli idonei collegamenti alla rete di terra e successivamente, alla fine della realizzazione della fondazione, si provvederà al rinterro della stessa.

7.2. Piazzole Aerogeneratori

Per consentire il montaggio degli aerogeneratori dovrà predisporci, nelle aree subito attorno alla fondazione, lo scotico superficiale, la spianatura, il riporto di materiale vagliato e compattazione di una superficie di circa 40x27 m per quanto riguarda l'area della piazzola definitiva che servirà al posizionamento della gru principale e allo stoccaggio di alcune componenti della navicella e alcuni conci di torre in attesa di essere montate. Invece per quanto riguarda le aree

temporanee, necessarie solo per il tempo sufficiente al montaggio della macchina, saranno predisposte un'area temporanea di circa 15x90 m, subito adiacente a quella definitiva, per lo stoccaggio temporaneo delle pale, una delle dimensioni di circa 40x20 m per lo stoccaggio del resto delle componenti della navicella, dei conchi di torre e di ulteriori componenti e attrezzature necessari al montaggio, infine sarà necessaria un'ulteriore area di circa 117,6÷112x15 m, a prolungamento di quella definitiva, per il montaggio del braccio della gru (main crane) e spazi di manovra e posizionamento delle gru di assistenza alla principale, le quali prevedono uno scotico superficiale e un livellamento solo se necessario. A montaggio ultimato queste aree, ad eccezione della piazzola definitiva, verranno riportate allo stato ante operam prevedendo il riporto di terreno vegetale per favorire la crescita di vegetazione spontanea. Verrà invece mantenuta la piazzola definitiva, per la quale bisognerà provvedere a tenerla sgombra da piantumazioni allo scopo di consentire le operazioni di controllo e/o manutenzione delle macchine.

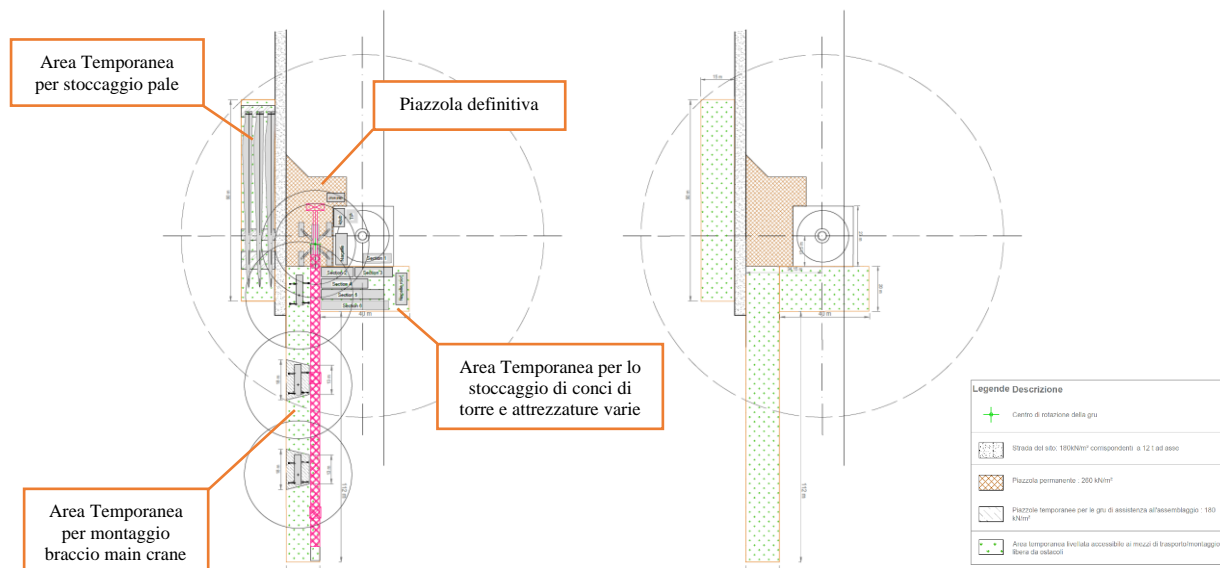


Figura 20 – Tipico piazzola aerogeneratore durante la fase di montaggio con indicazione delle aree definitive (in marrone) e temporanee (in verde) e posizionamento indicativo delle componenti necessarie al montaggio (a sinistra)

7.3. Strade di Accesso e Viabilità di Servizio

7.3.1. Viabilità di accesso al Sito

I mezzi utilizzati per il trasporto delle componenti gli aerogeneratori, come precedentemente descritto, saranno di tipo eccezionale e di considerevoli dimensioni. Per tale motivo lo studio della viabilità e dei trasporti, in un progetto come quello in oggetto, riveste particolare importanza sia per la fattibilità sia per la valutazione economica dello stesso. Le componenti più voluminose e pesanti degli aerogeneratori arriveranno in Sardegna via nave, presumibilmente al porto di Oristano. Dal porto si procederà alla consegna a destinazione, in agro dei Comuni di Carbonia e Iglesias, con trasporto gommato.

Data la configurazione orografica del territorio e le particolari condizioni di percorribilità degli assi viari coinvolti, si è deciso di suddividere l'intero percorso in due parti la cui differenza principale sta nell'utilizzo di differenti tipologie di

mezzi di trasporto: viabilità esterna e viabilità interna.

1. **VIABILITA' ESTERNA** – dal Porto di Oristano e attraverserà, in ordine di percorrenza, Oristano (Porto), SP49, SS131, uscita S.Sperate-Sestu percorrendo la SP2 fino ad arrivare agli accessi al sito
2. **VIABILITA' INTERNA** – dall'ingresso sito attraverso le SP2, SP85.

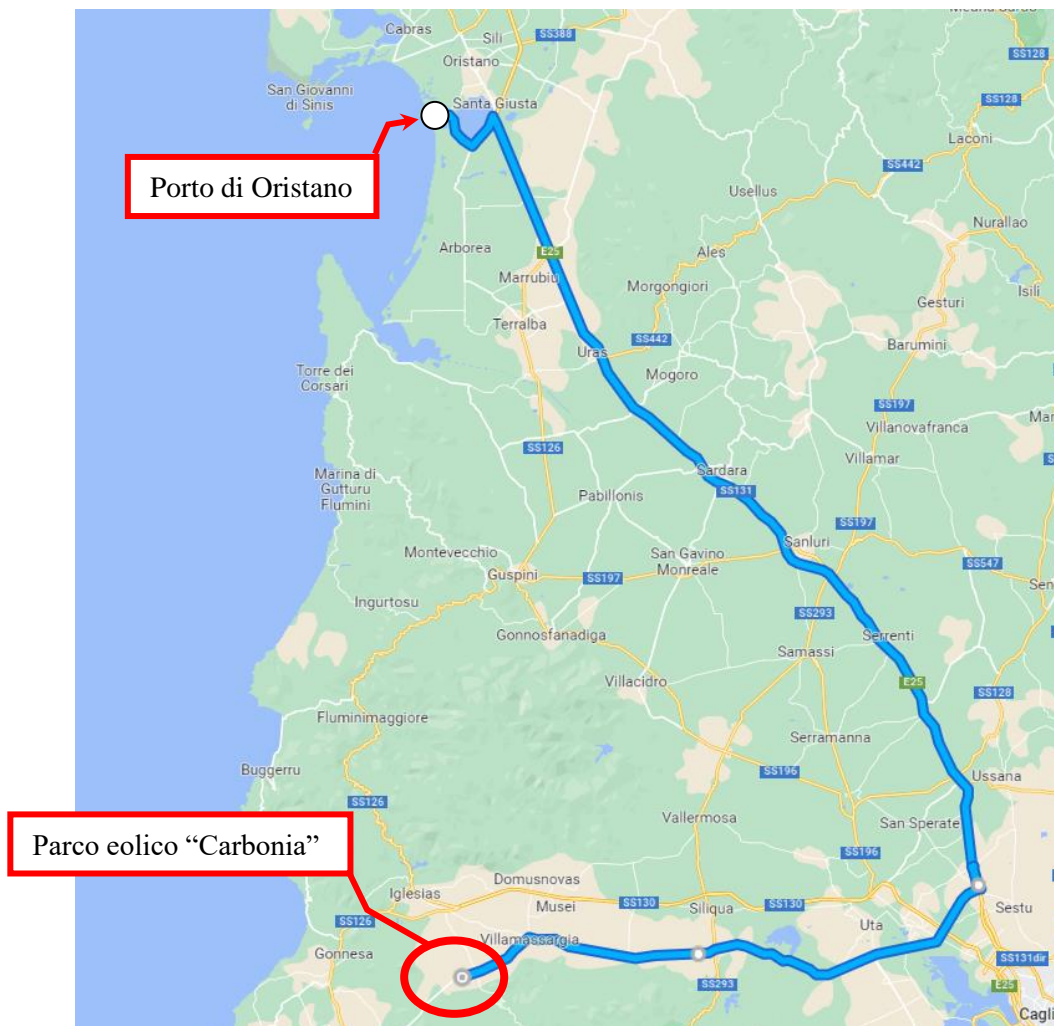


Figura 21 Inquadramento viabilità dal porto di Oristano al sito.

Il percorso ipotizzato è stato suddiviso in due tratte per questioni logistiche e compatibilità dimensionale tra viabilità e trasporti utilizzati. La prima parte di viabilità, quella esterna, caratterizzata da ampi raggi di curvatura e spazi necessari alle varie manovre di cambio direzione con una sufficiente larghezza di carreggiata, potrà essere percorsa con mezzi con carrelli ribassati così da poter superare senza particolari difficoltà eventuali ostacoli che necessitano di mezzi di trasporto con altezze regolamentari previste dal codice della strada, come ad esempio il sottopassaggio di ponti stradali, ma di contro caratterizzati da notevoli dimensioni in lunghezza. La seconda parte di viabilità, quella interna, invece a differenza

di quella esterna, è caratterizzata da punti con raggi di curvatura risicati e pochi spazi di manovra.

In ogni caso le componenti che presentano le maggiori difficoltà nel trasporto sono senza alcun dubbio le pale. Le scelte di viabilità precedentemente descritte sono state calibrate anche per queste ultime: infatti nel primo tratto di viabilità, proprio per le sue caratteristiche, si opterà per il trasporto fisso in orizzontale con i sistemi "SWC" ("Super Wing Carrier", Fig.22) o "RBTS" ("Rotor Blade Transport System" o più conosciuto come "DOLL System, Fig.23), nel secondo tratto si utilizzerà invece il sistema carrello con "Blade Lifter Trailer" (Fig. 24), un sistema di aggancio e sollevamento che permette l'innalzamento della pala per il trasporto in verticale diminuendo sensibilmente l'ingombro orizzontale permettendo l'ingresso in curve con raggi di curvatura quasi comparabili a mezzi di trasporto convenzionali. Quest'ultimo sistema di trasporto ha di contro l'essere estremamente lento e instabile in quanto tutto il carico scarica su un unico punto di ancoraggio ed il trasporto, a causa della natura stessa dell'elemento trasportato, deve avvenire in condizioni di assenza, o quasi, di vento. Inoltre, proprio perché il carico in curva viene sollevato per diverse decine di metri in altezza, non ci deve essere presenza di ostacoli aerei che attraversano la carreggiata.



Figura 22 – Esempio di trasporto con SWC (Super Wing Carrier)



Figura 23 – Esempio di trasporto con "RBTS" (Rotor Blade Transport System)



Figura 24 – Esempio di trasporto con Blade Lifter Trailer

Inoltre per il trasporto delle altre componenti si utilizzeranno convogli modulari con pianale allungabile per quanto riguarda i conchi di torre, Nacelle e DT/Hub.



Figura 25 – Esempio di trasporto con convogli a pianale allungabile per conchi di torre



Figura 26 – Esempio di trasporto Nacelle

Naturalmente, visto l'utilizzo di mezzi diversi per percorrere le due tratte, è necessario prevedere una "Transhipment

Area". Questa è un'apposita area di trasbordo, appunto, in cui approdano i mezzi a carrellone ribassato che hanno già percorso la prima tratta proveniente dal porto e dai quali verranno scaricate le componenti per essere poi ricaricate su mezzi a carrellone modulare che da qui inizieranno la seconda tratta fino a raggiungere la destinazione finale di montaggio dell'aerogeneratore. La posizione dell'area di transshipment, al pari della viabilità esterna, sarà decisa insieme al trasportatore e al fornitore in una fase successiva della progettazione ma, sicuramente, dovrà essere collocata lungo la parte finale della viabilità esterna in prossimità dell'ingresso al sito.

7.3.2. Viabilità di Servizio

All'interno del sito è già presente una rete di viabilità a servizio dei fondi agricoli presenti. Essa sarà adeguata alle nuove necessità e solo dove necessario ne verrà creata di nuova e utilizzata per accedere ad ognuna delle piattaforme degli aerogeneratori, sia durante la fase di esecuzione delle opere sia nella successiva manutenzione del parco eolico e costituiranno peraltro una utile viabilità aperta a tutti per la fruizione del territorio.

Nella definizione del layout del nuovo impianto, quindi, è stata sfruttata la viabilità esistente sul sito (strade comunali, provinciali e vicinali, carrarecce, sterrate, piste, sentieri, ecc.), onde contenere gli interventi. Inoltre, in fase di esecuzione dei tracciati stradali sarà ottimizzato in particolar modo il deflusso delle acque onde evitare innesco di fenomeni erosivi, perdita di stabilità e turbamento del regime delle acque.

Complessivamente gli assi stradali interni al sito sommano a 22.814 m di cui oggetto di intervento circa 13.764 m, a loro volta suddivisi in 9.137 m riguardanti la viabilità esistente da adeguare e solamente 4.627 m riguardanti nuova viabilità da realizzare; dunque nel complesso per una potenza di 66,0 MW di nuovo impianto occorrerà realizzare solamente 4.627,00 m di nuove strade sterrate pari a circa il 20% di tutta la viabilità presente di progetto. Queste ultime, ove possibile, saranno realizzate in modo tale da interessare marginalmente i fondi agricoli; essi avranno lunghezze e pendenze delle livellette tali da seguire la morfologia propria del territorio evitando eccessive opere di scavo e riporto.

La carreggiata avrà un'ampiezza di 5,00 m per il rettifilo, mentre si arriverà ai 6,00 m circa per curve dai 10° ad oltre i 50° considerando un raggio di curvatura interno che, a seconda della curva, varia tra i 70 e gli 80 m.

Le pendenze raggiungibili dagli assi stradali saranno del 10% circa in condizioni non legate, del 12-14% con accorgimenti (utilizzo di materiali leganti) mentre per pendenze maggiori si dovrà ricorrere al traino ed in ogni caso bisognerà valutare in accordo con il trasportista.

La sezione stradale sarà realizzata in massiciata composta da uno strato di fondazione in misto calcareo di 40 cm, eventualmente steso su geotessile disteso alla base del cassonetto stradale a diretto contatto con il terreno, allo scopo di limitare al massimo le deformazioni e i cedimenti localizzati; superiormente sarà previsto uno strato di finitura/usura in misto stabilizzato, dello spessore di 20 cm. Il carico assiale sul piano stradale dovrà essere di circa 12 t/asse.

Si riportano di seguito le sezioni tipo adottate per la viabilità, rinviando gli approfondimenti allo specifico elaborato grafico:

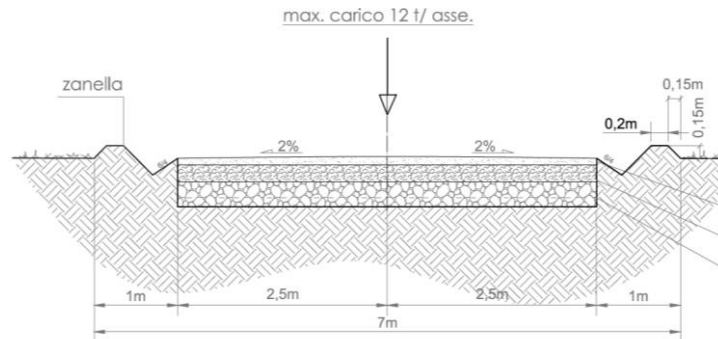


Figura 27 – Sezione stradale tipo in piano

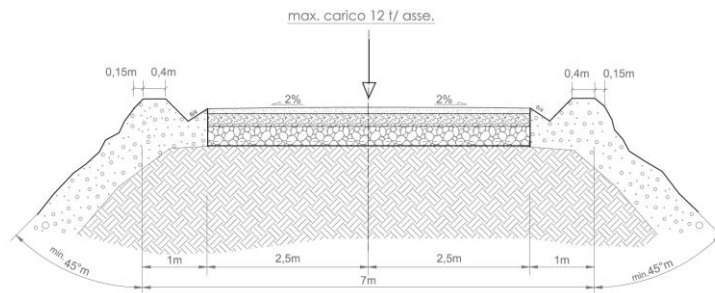


Figura 28 – Sezione stradale tipo in rilevato

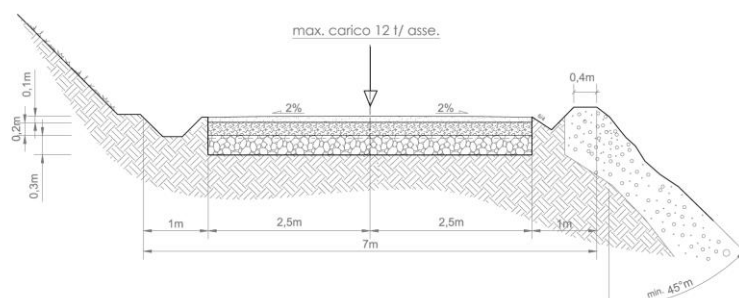


Figura 29 – Sezione stradale tipo a mezza costa

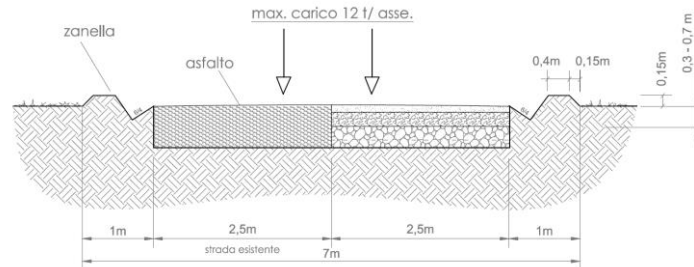


Figura 30 – Adeguatezza della carreggiata in presenza di carreggiata esistente in asfalto

7.4. Rilevati e Sovrastrutture – Bonifiche e Sottofondi

7.4.1. Rilevati aridi e soprastrutture per piazzole e strade

L'esecuzione dei corpi di rilevato e delle soprastrutture (ossatura di sottofondo) per le strade e per le piazzole degli aerogeneratori deve avvenire coerentemente ai disegni ed alle prescrizioni di progetto. A seconda della geologia o di altre condizioni progettuali a contorno, potrebbe non essere sufficiente la preventiva gradonatura degli scavi per l'esecuzione dei rilevati. Potrebbero essere necessarie specifiche opere di contenimento che dovrebbero essere in primis, laddove possibile, opere di ingegneria naturalistica e dove non possibile opere tradizionali. Ove queste ultime si posano su sottofondo ottenuto mediante scavo di sbancamento, allorché la compattazione del terreno in sito non raggiunge il valore prefissato si deve provvedere alla bonifica del sottofondo stesso mediante sostituzione di materiale, come previsto al successivo punto "Bonifica dei piani di posa".

I materiali da utilizzare per la formazione dei rilevati delle strade e, o delle piazzole dovranno appartenere alle categorie A1, A2.1, A2.2, A2.3, A2.4, A.2.5, A3 secondo la classificazione della norma UNI CNR 10006:2002 di seguito riportata:

Tabella 1.1 Classificazione delle terre secondo la norma UNI-CNR 10006.

Classificazione Generale	Terre ghiaio-sabbiose						Terre limo-argillose				Torbe e terre organiche pelustri
	Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%						Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 > 35%				
Gruppo	A1		A3	A2			A4	A5	A6	A7	A8
Sottogruppo	A 1-a	A 1-b		A 2-4	A 2-5	A 2-6	A 2-7			A 7-5	A 7-6
Analisi granulometrica											
Frazione passante allo Staccio											
2 UNI 2332 %	≤ 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,4 UNI 2332 %	≤ 30	≤ 50	> 50	-	-	-	-	-	-	-	-
0,075 UNI 2332 %	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	> 35	> 35	> 35	> 35
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI 2332											
Limite liquido	-	-	≤ 40	> 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40
Indice di plasticità	≤ 6	N.P.	≤ 10	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10
										P<10	P<10
Indice di gruppo	0	0	0	0	0	0	0	≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 16
											≤ 20

L'esecuzione del rilevato può iniziare solo quando il terreno in sito risulta scoticato, gradonato e costipato con uso di rullo compressore adatto alle caratteristiche del terreno;

Un parametro per caratterizzare la portanza del sottofondo è il "modulo resiliente" MR di progetto, valutabile sulla base

di prove sperimentali; la scelta di tale parametro è dettata, come riportato dal Bollettino CNR n. 178, dal fatto che esso meglio rappresenta il comportamento del sottofondo, in quanto consente di tener conto anche della componente viscosa reversibile della deformazione. Tale valore può ricavarsi da prove sperimentali o da correlazioni teorico-sperimentali tra l'indice di portanza CBR ed il modulo di reazione k. Il metodo di dimensionamento, ed in questo caso di verifica delle pavimentazioni stradali utilizzato, prevede tre categorie di terreno di sottofondo di buona, media e scarsa portanza rappresentate dai valori del modulo resiliente MR riportati nella tabella seguente:

modulo resiliente del sottofondo	Indice CBR	Modulo di reazione
$M_R = 150 \text{ N/mm}^2$	CBR = 15%	$k = 100 \text{ [kPa/mm]}$
$M_R = 90 \text{ N/mm}^2$	CBR = 9%	$k = 60 \text{ [kPa/mm]}$
$M_R = 30 \text{ N/mm}^2$	CBR = 3%	$k = 20 \text{ [kPa/mm]}$

Il costipamento può ritenersi sufficiente quando viene raggiunto il valore di M_r di almeno 30 N/mm^2 , da determinarsi mediante prove di carico su piastra, con le modalità riportate nel seguito, e con frequenza di una prova ogni 200 m di area trattata o frazione di essa.

In fase di realizzazione delle prove, viene tenuta in considerazione solamente quella che ottiene un valore di k ammissibile; nel caso in cui i valori siano tutti inferiori al minimo, l'impresa dovrà procedere con la bonifica del sottofondo. Il valore finale si ottiene per interpolazione tra i valori di prova.

7.4.2. Sovrastrutture per piazzole e strade

Per la formazione della sovrastruttura per piazzole e strade si deve utilizzare esclusivamente il misto granulare di cava classificato A1 secondo la classificazione della norma UNI CNR 10006:2002.

L'esecuzione della soprastruttura può avvenire solo quando il relativo piano di posa risulta regolarizzato, privo di qualsiasi materiale estraneo, costipato fino ai previsti valori di capacità portante (pari ad un "Mr" di almeno 30 N/mm^2 per piani di sbancamento o bonifica, e pari ad un "Mr" di almeno 80 N/mm^2 per piani ottenuti con rilevato) da determinarsi mediante prove di carico su piastra con la frequenza sopra definita.

Sia nell'esecuzione dei rilevati che delle soprastrutture il materiale deve essere steso a strati di 20-30 cm d'altezza, secondo quanto stabilito nei disegni di progetto, compattati, fino al raggiungimento del 95% della densità AASHO modificata, inclusi tutti i magisteri per portare il materiale all'umidità ottima, tenendo presente che l'ultimo strato costipato consenta il deflusso delle acque meteoriche verso le zone di compluvio, e rifilato secondo progetto.

Il costipamento di ogni strato di materiale deve essere eseguito con adeguato rullo compressore previo eventuale innaffiamento o ventilazione fino all'ottimo di umidità.

Il corpo di materiale può dirsi costipato al raggiungimento del 95% della densità AASHO modificata e comunque quando ai vari livelli viene raggiunto il valore di "Mr" pari almeno a quello richiesto, da determinarsi mediante prova di carico su piastra con le modalità di seguito descritte.

Per l'eventuale primo strato della soprastruttura è richiesto un M_r di almeno 80 N/mm^2 mentre per lo strato finale della soprastruttura è richiesto un M_r di almeno 100 N/mm^2 .

Il controllo delle compattazioni in genere viene eseguito su ogni strato, mediante una prova di carico su piastra ogni 200 m di area trattata o frazione di essa, e comunque con almeno n. 4 prove per strato di materiale.

A costipamento avvenuto, se i controlli risultano favorevoli, si dà luogo a procedere allo stendimento ed alla compattazione dello strato successivo.

7.4.3. Sistemazione del piano di posa

Il piano di posa è costituito dall'intera area di appoggio dell'opera in terra ed è rappresentato da un piano ideale al disotto del piano di campagna ad una quota non inferiore a cm 30, che viene raggiunto mediante un opportuno scavo di sbancamento che allontani tutto il terreno vegetale superficiale; lo spessore dello sbancamento dipenderà dalla natura e consistenza dell'ammasso che dovrà rappresentare il sito d'impianto dell'opera.

Qualora, al disotto della coltre vegetale, si rinvenga un ammasso costituito da terreni A1, A3, A2

(secondo la classificazione C.N.R.) sarà sufficiente eseguire la semplice compattazione del piano di posa così che il peso del secco in sito (massa volumica apparente secca nelle unità S.I.) risulti pari al 90% del valore massimo ottenuto in laboratorio nella prova A.A.S.H.T.O. Mod. su un campione del terreno.

Per raggiungere tale grado di addensamento si potrà intervenire, prima dell'operazione di compattazione, modificando l'umidità in sito per modo che questa risulti prossima al valore ottimo rilevabile dalla prova A.A.S.H.T.O. Mod.

Se, invece, tolto il terreno superficiale (50 cm di spessore minimo) l'ammasso risulta costituito da terreni dei gruppi A4, A5, A6, A7 sarà opportuno svolgere una attenta indagine che consenta di proporre la soluzione più idonea alla luce delle risultanze dei rilevamenti geognostici che occorrerà estendere in profondità.

I provvedimenti da prendere possono risultare i seguenti:

- approfondimento dello scavo di sbancamento, fino a profondità non superiori a 1,50 - 2,00 m dal piano di campagna, e sostituzione del terreno in sito con materiale granulare A1 (Ala od Alb), A3 od A2, sistemato a strati e compattato così che il peso secco di volume risulti non inferiore al 90% del valore massimo della prova A.A.S.H.T.O. Mod. di laboratorio; si renderà necessario compattare anche il fondo dello scavo mediante rulli a piedi di montone;
- approfondimento dello scavo come sopra indicato completato, dove sono da temere risalite di acque di falda per capillarità, da drenaggi longitudinali con canalette di scolo o tubi drenanti che allontanino le acque raccolte dalla sede stradale;
- sistemazione di fossi di guardia, soprattutto per raccogliere le acque superficiali lato monte, di tombini ed acquedotti in modo che la costruzione della sede stradale non modifichi il regime idrogeologico della zona.

Per i terreni granulari di apporto (tipo A1, A3, A2) saranno sufficienti le analisi di caratterizzazione e la prova di costipamento.

I controlli della massa volumica in sito negli strati ricostituiti con materiale granulare idoneo dovranno essere eseguiti ai vari livelli (ciascuno strato non dovrà avere spessore superiore a 30 cm a costipamento avvenuto) ed estesi a tutta la larghezza della fascia interessata.

Ad operazioni di sistemazione ultimate potranno essere ulteriormente controllate la portanza del piano di posa mediante

la valutazione del modulo di compressibilità M_e , secondo le norme CNR, eventualmente a doppio ciclo:

- per rilevati fino a 4 m di altezza, il campo delle pressioni si farà variare da 0,5 a 1,5 daN/cm²;
- per rilevati da 4 a 10 m, si adotterà il campo delle pressioni compreso fra 1,5 e 2,5 daN/cm².

Durante le operazioni di costipamento dovrà accertarsi l'umidità propria del materiale; non potrà procedersi alla stesa e perciò dovrà attendersi la naturale deumidificazione se il contenuto d'acqua è elevato; si eseguirà, invece, il costipamento previo innaffiamento se il terreno è secco, in modo da ottenere, in ogni caso, una umidità prossima a quella ottima predeterminata in laboratorio (prova A.A.S.H.T.O. Mod.), la quale dovrà risultare sempre inferiore al limite di ritiro.

Prima dell'esecuzione dell'opera dovrà essere predisposto un tratto sperimentale così da accertare, con il materiale che si intende utilizzare e con le macchine disponibili in cantiere, i risultati che si raggiungono in relazione all'umidità, allo spessore ed al numero dei passaggi dei costipatori.

Durante la costruzione ci si dovrà attenere alle esatte forme e dimensioni indicate nei disegni di progetto, e ciascuno strato dovrà presentare una superficie superiore conforme alla sagoma dell'opera finita.

Le scarpate saranno perfettamente profilate e, ove richiesto, saranno rivestite con uno spessore (circa 20 cm) di terra vegetale per favorire l'inerbimento.

Il volume compreso fra il piano di campagna ed il piano di posa del rilevato (definito come il piano posto a 30 cm al disotto del precedente) sarà eseguito con lo stesso materiale con cui si completerà il rilevato stesso.

I piani di posa in corrispondenza di piazzole o sedi stradali ottenuti per sbancamento ed atti a ricevere la soprastruttura, allorché il terreno di imposta non raggiunge nella costipazione il valore di M_r pari a 30 N/mm², o i piani di posa dei plinti di fondazione il cui terreno costituente è ritenuto non idoneo a seguito di una prova di carico su piastra, devono essere oggetti di trattamento di "bonifica", mediante sostituzione di uno strato di terreno con equivalente in misto granulare arido proveniente da cava di prestito.

Detto materiale deve avere granulometria "B" (pezzatura max 30 mm) come risulta dalla norma CNR-UNI 10006 e deve essere steso a strati e compattato con criteri e modalità già definiti al precedente punto "Rilevati aridi e soprastrutture per piazzole e strade".

Nel caso di piazzole e strade, la bonifica può ritenersi accettabile quando a costipamento avvenuto viene raggiunto il valore di capacità portante corrispondente ad un M_r di almeno 30 N/mm², da determinarsi mediante prove di carico su piastra - con le modalità già definite in precedenza - con la frequenza di una prova ogni 500 m² di area bonificata, o frazione di essa. Nel caso di plinti di fondazione, per l'accettazione della bonifica devono essere raggiunti i valori di capacità portante corrispondenti ad un M_r di almeno 30 N/mm².

7.4.4. Pavimentazione con materiale arido

Il pacchetto stradale avrà uno spessore complessivo di circa 60 cm e dovrà essere realizzata con materiale classificato come A1. I primi 30 cm. a contatto con il terreno naturale, saranno realizzati con materiali provenienti dagli scavi, previa classificazione tipo A1 secondo la classificazione UNI 10006 mentre i rimanenti 30 cm saranno realizzati con misto granulometrico, proveniente da cava, tipo A1 avente dimensioni massima degli inerti pari a 30 mm, rullato fino all'ottenimento di un $M_d > 100$ N/mm².

7.5. Verifica Geotecnica della Fondazione Stradale

7.5.1. Caratteristiche geometriche delle strade e delle piazzole

Nel seguente capitolo si riportano le metodologie di calcolo ed i risultati ottenuti per il dimensionamento di massima del pacchetto stradale sia della viabilità che delle piazzole. Le caratteristiche geometriche delle strade sterrate progettate sono state dettate da esigenze derivanti dall'ingombro dei mezzi eccezionali di trasporto dei componenti gli aerogeneratori che, quindi, hanno vincolato sia dal punto di vista altimetrico che planimetrico il tracciamento degli assi e delle piazzole di montaggio.

7.5.2. Dimensionamento di massima della pavimentazione delle strade e delle piazzole

Per il dimensionamento di massima della pavimentazione si è fatto riferimento al metodo empirico inglese "Road note 29". È un metodo diretto che consente il dimensionamento in funzione del CBR del sottofondo e del numero di passaggi standard di un asse standard da 8,2 t sulla corsia di progetto durante la vita utile impiegando l'abaco seguente per il calcolo dello spessore della fondazione.

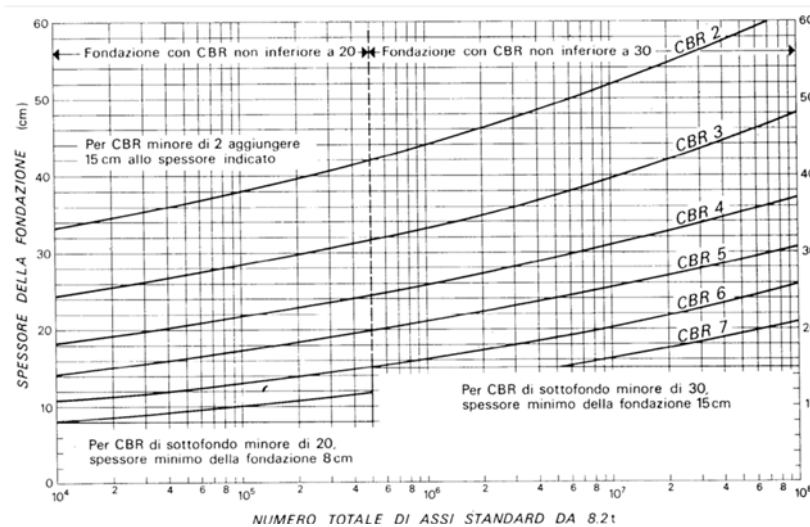


Figura 31 – Diagramma per la determinazione dello spessore dello strato di fondazione

Nota la portanza del sottofondo (CBR di progetto) si può calcolare lo spessore della fondazione in funzione del numero di passaggi di assi da 8,2 t.

Il numero di passaggi normalizzati considerato è di 105. La determinazione dello spessore degli strati della pavimentazione flessibile si ottiene utilizzando il numero di passaggi di un asse standard da 8,2 t sulla corsia di progetto durante la vita utile. Si determina il valore dello spessore della fondazione in funzione del numero dei passaggi e del parametro caratteristico del CBR.

Dall'esame del grafico si evince che, anche nel caso di valori CBR bassi, lo spessore della pavimentazione non supera i

60 cm, valore preso a riferimento dalla progettazione stradale.

In fase di esecuzione si faranno apposite prove su piastra per verificare la validità dello spessore di 60 cm preso a riferimento.

8. OPERE DI INGEGNERIA AMBIENTALE

8.1. Generalità

Nei dettami del progetto definitivo e nelle varie proposte progettuali, incluse le indicazioni riportate nei documenti contabili, assume notevole importanza la volontà di preservare l'“habitus naturale” mediante l'adozione di tutte le possibili tecniche di bioingegneria ambientale.

Gli interventi di ingegneria naturalistica, intrapresi per la salvaguardia del territorio, dovranno avere lo scopo di:

- intercettare i fenomeni di ruscellamento incontrollato che si verificano sui versanti per mancata regimazione delle acque;
- ridurre i fenomeni di erosione e di instabilità dei versanti;
- regimare in modo corretto le acque su strade, piste e sentieri;
- ridurre il più possibile l'impermeabilizzazione dei suoli creando e mantenendo spazi verdi e diffondendo l'impiego della vegetazione nella sistemazione del territorio.

Pertanto, si prevede l'utilizzo del materiale vegetale vivo e del legname come materiale da costruzione, in abbinamento con materiali inerti come pietrame.

L'area, dal punto di vista geomorfologico, è definita da dossi collinari di entità variabile. I deflussi sono comunque assenti per gran parte dell'anno, anche perché strettamente connessi all'intensità e persistenza delle precipitazioni meteoriche e fortemente condizionati dall'elevata permeabilità dei termini litologici affioranti.

Vista la natura dell'area in oggetto, si può affermare che per la tipologia intrinseca del terreno non sono necessari

importanti interventi di salvaguardia, o ancora più precisamente, non sono necessari costruzioni e opere particolari per il contenimento del terreno.

La viabilità interna è, quasi nella sua totalità, ripresa dall'esistente e quindi già consolidata. I nuovi tratti proposti da realizzare sono di accesso alle nuove turbine ed il contesto geomorfologico è sempre della stessa natura.

Gli interventi di ingegneria ambientale, all'interno dell'area del parco, sono minimi e serviranno per la regimentazione delle acque meteoriche, non si presentano condizioni di rischio frana o eccessiva erosione, anche e soprattutto per la natura del terreno. Dalla documentazione fotografica seguente, riferita alla viabilità interna esistente, si può osservare la condizione stabile e ottimale della viabilità esistente in gran parte, oltretutto, asfaltata.



Larghezza e fondo inadeguati (accesso I02)

Fondo inadeguato (accesso I04)



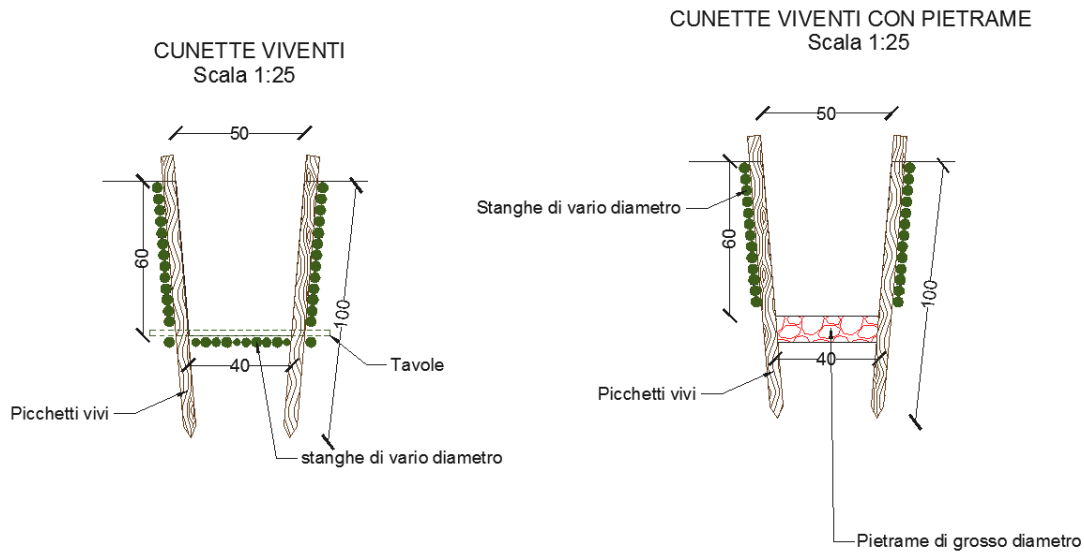
Figura 32 – Alcune foto rappresentative della viabilità interna al parco eolico. In alto: viabilità esistente che può essere utilizzata così com'è; al centro: viabilità esistente da adeguare per essere percorsa dai mezzi; in basso: viabilità di nuova realizzazione.

8.2. Specifiche tecniche degli interventi

Di seguito si elencano alcuni interventi che possono trovare riscontro nei lavori di consolidamento e regimentazione delle acque meteoriche all'interno del parco e lungo la viabilità esterna di accesso.

8.2.1. Cunetta vivente

Le cunette, di norma realizzate in terra, nel progetto in esame sono state previste per tutta la lunghezza della viabilità interna e in alcuni punti si suggerisce l'adozione delle cosiddette cunette viventi. Di fatti è importante sottolineare che nei tratti di maggior pendenza, le semplici cunette potrebbero essere destabilizzate dall'acqua e con esse la strada. Sarà la fase cantieristica ad indicare i tratti ove è opportuno realizzare le cunette "vive" al posto delle cunette in terra.

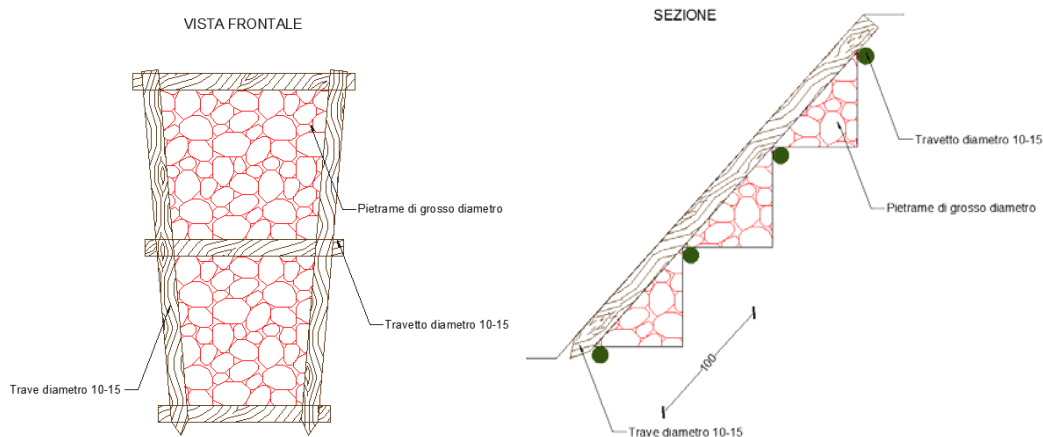


Descrizione dell'attività:

In un fosso a sezione trapezoidale vengono sistemati sul letto e sulle pareti, uno accanto all'altro, dei rami o delle stanghe vive in modo serrato, tenendoli fermi con pali vivi infissi nel terreno, ad intervalli da 2 a 4 m per mezzo di sagome in legno preparate in precedenza, oppure ad intervalli da 0,5 fino ad 1 m (uno dall'altro) posti lungo le pareti del fosso. Nel caso di portata idrica permanente si può consolidare il letto e la parte inferiore della parete del fosso con tavoloni.

8.2.2. Canalizzazioni in pietrame e legno

Nei casi di piccoli impluvi naturali che intercettano la viabilità di progetto causando spesso solchi ed erosione puntuale, si può prevedere la costruzione di canalizzazioni in legname e pietrame, di sezione trapezoidale avente lo scopo di convogliare le acque nei punti di recapito.



8.2.3. Idrosemina e rivestimenti antierosivi

Le tecniche con idrosemina sono impiegate soprattutto nelle situazioni in cui il terreno si trova completamente denudato e privo di copertura organica. Questa tecnica consente di generare in tempi brevi un manto vegetale di protezione. L'inerbimento ed il consolidamento mediante idrosemina che consiste nello spruzzare ad alta pressione, sul terreno preventivamente preparato, una soluzione di acqua, semi, collante ed altri eventuali componenti. La possibilità di variare in molti modi la composizione delle miscele, rende l'idrosemina adatta alla soluzione di quasi tutti i problemi di rinverdimento. L'efficacia di questo sistema è assicurata solo se viene utilizzato in abbinamento ad altre tecniche di protezione e regimentazione delle acque meteoriche.

L'intervento è adatto a coprire grandi e medie superfici anche a elevata pendenza. Un componente spesso presente nelle idrosemine è il mulch, termine con cui ci si riferisce a tutti quei materiali che, aggiunti alla miscela, conferiscono una maggiore resistenza meccanica e capacità di ritenzione idrica. In relazione alla composizione della miscela si distingue tra idrosemina di base e idrosemina con mulch.

Le modalità operative dell'idrosemina di base sono così sintetizzabili:

- Preparazione del letto di semina con eventuale eliminazione dei ciottoli presenti tramite rastrellatura.
- Distribuzione mediante l'impiego di motopompe volumetriche (non devono danneggiare i semi), dotate di agitatore meccanico che garantisca l'omogeneità della miscela, montate su mezzi mobili di una particolare miscela base costituita da rapporti variabili di: acqua, miscuglio di sementi di specie erbacee e facoltativamente arbustive idonee alla stazione (35-40 g/mq), fertilizzante organo-minerale bilanciato (150 g/mq), leganti o collanti, sostanze ammendanti, fitoregolatori atti a stimolare la radicazione delle sementi e lo sviluppo della microflora del suolo.

È adatta su terreni in cui è presente un'abbondante frazione fine e colloidale, ma con inclinazioni non superiori a 20°.

Per quanto riguarda l'idrosemina con mulch, alla miscela base si devono aggiungere fibre di legno o paglia in ragione di non meno di 180 g/mq. Le fibre devono essere per il 20% almeno lunghe 10 mm; nelle situazioni meno gravose il 50% del mulch potrà essere costituito da pasta di cellulosa. Il mulch deve avere caratteristiche chimiche che non siano sfavorevoli alla crescita della vegetazione. Il collante sarà a base naturale ed in quantità non inferiore a 5,5 g/mq. È un'idrosemina particolarmente adatta su terreni con le stesse caratteristiche della prima ma con inclinazioni fino a 35° e con presenza di fenomeni erosivi intensi.

In presenza di diffusi fenomeni di erosione superficiale su pendii e/o scarpate naturali o artificiali vengono comunemente applicati rivestimenti antierosivi sintetici o naturali.

Queste tecniche si possono realizzare con dei prodotti prefabbricati che svolgono una o più funzioni od altrimenti abbinando materiali diversi posti in tempi successivi. Di seguito si riportano alcuni dei materiali e delle tecniche più comunemente usati:

- Geostuoie tridimensionali
- Geocompositi
- Geocelle

L'impiego di prodotti formati da materiali di sintesi e/o naturali, offre la possibilità di realizzare opere d'ingegneria limitandone notevolmente l'impatto negativo sull'ambiente circostante. Nelle applicazioni antierosive oltre all'azione di protezione meccanica superficiale, possono svolgere funzioni di contenimento e di stabilizzazione corticale; in tal modo questi materiali consentono e favoriscono lo sviluppo di una copertura vegetale stabile in grado di svolgere un'efficace ruolo autonomo di consolidamento superficiale e di rinaturalizzare contesti degradati dalla costruzione di opere di ingegneria.

Le geostuoie sono costituite da filamenti di materiali sintetici (polietilene ad alta densità, poliammide, polipropilene od altro), aggrovigliati in modo da formare un materassino molto flessibile dello spessore di 10-20 mm. La forma tipica di una geostuoia consiste in una struttura tridimensionale con un indice dei vuoti molto elevato, mediamente superiore al 90% (idonea al contenimento di terreno vegetale o dell'idrosemina).

Le geostuoie sono principalmente impiegate con funzione antierosiva negli interventi di sistemazione idraulico-forestale e di consolidamento di pendii instabili. Sono sempre abbinate a sistemi di raccolta delle acque superficiali ed a materiali vivi; quando è necessario vengono utilizzate come un complemento delle opere di sostegno nell'ambito di sistemazioni più complesse.

Dato l'elevato indice dei vuoti, le geostuoie si prestano molto bene ad essere intasate con miscele di idrosemina piuttosto dense quali quelle dell'"idrosemina a spessore", in tal modo svolgono sia una protezione antierosiva nei confronti del terreno che una funzione di "armatura dell'idrosemina" impedendone il dilavamento anche in situazioni difficili.





Figura 33 – *Tecniche di idrosemina*

Le geocelle sono dei geosintetici a struttura alveolare flessibili, resistenti e leggeri; vengono utilizzate come sistemi di stabilizzazione corticale per impedire lo scivolamento e l'erosione di strati di terreno di riporto su forti pendenze. La struttura a "nido d'ape" o "alveolare" viene ottenuta per assemblaggio e saldatura di strisce di materiali sintetici con spessori maggiore o uguale a 1,2 mm ed altezza compresa tra 70 e 100 mm. Sono strutture facilmente trasportabili, caratterizzate da un ingombro molto contenuto, rapidità di applicazione ed adatte a diverse situazioni ambientali. Dopo la posa delle geocelle ed il fissaggio con picchetti si effettua il riempimento con terreno vegetale e successivamente un'idrosemina. Se necessario si deve abbinare una biostuoia od un biotessile qualora vi sia il pericolo di dilavamento da parte delle acque meteoriche; le geocelle hanno aperture piuttosto ampie e sono efficaci nell' impedire lo scivolamento superficiale del terreno di riporto mentre non contrastano sufficientemente il ruscellamento e soprattutto l'impatto delle gocce di pioggia. Quando possibile, è sempre opportuno abbinare alle geocelle la messa a dimora di piantine o talee. I rivestimenti antiersivi biodegradabili sono usati, quasi sempre in associazione con idrosemina o con l'impianto di talee e piantine, negli interventi di sistemazione e consolidamento di pendii o scarpate o di altre opere di ingegneria. La loro realizzazione assicura al terreno trattato un controllo dei fenomeni erosivi per il tempo necessario all'attecchimento ed allo sviluppo di un efficace copertura vegetale. I rivestimenti biodegradabili sono prodotti costituiti in genere da fibre di paglia, cocco, juta, sisal (fibra tessile ricavata dalle foglie di una specie di Agave), trucioli di legno o altre fibre vegetali, caratterizzati da una biodegradabilità pressoché totale che si realizza in un arco di tempo di 1/5 anni, da permeabilità e capacità di ritenzione idrica elevate e da spiccata azione protettiva superficiale del terreno. In funzione del materiale, della struttura e delle tecniche costruttive, possono essere classificati in:

- Biotessili
- Bioreti
- Biofeltri
- Biostuoie

I rivestimenti antierosivi rappresentano una soluzione ideale sia dal punto di vista tecnico-funzionale che dal punto di vista dell'inserimento estetico-paesaggistico ed ecologico dell'intervento. La biodegradabilità e la non tossicità dei materiali utilizzati e la capacità di favorire una rapida copertura vegetale, garantiscono il loro inserimento completo e naturale nell'ambiente circostante. Questi prodotti hanno trovato recentemente una vasta applicazione in numerosi interventi di sistemazione idraulico-forestale, di consolidamento dei pendii instabili ed in numerose opere di ingegneria tra i quali si menzionano:

- rivestimento di pendii o scarpate naturali ed artificiali per il controllo dell'erosione e la protezione delle sementi dal dilavamento e creazione di condizioni microclimatiche più favorevoli all'attecchimento ed alla crescita della vegetazione;
- rivestimento e protezione delle scarpate e delle sponde fluviali dall'erosione;
- protezione, sostegno e contenimento del terreno seminato per favorire il rinverdimento di opere in terre rinforzate o di altro tipo.



9. OPERE IDRAULICHE

La durabilità delle strade e delle piazzole di un parco eolico è garantita da un efficace sistema idraulico di allontanamento e drenaggio delle acque meteoriche.

La viabilità esistente sarà interessata da un'analisi dello stato di consistenza delle opere idrauliche già presenti: laddove necessario, tali opere idrauliche verranno ripristinate e/o riprogettate per garantire la corretta raccolta ed allontanamento delle acque defluenti dalla sede stradale, dalle piazzole o dalle superfici circostanti.

Le acque defluenti dalla sede stradale, dalle piazzole o dalle superfici circostanti potranno essere raccolte ed allontanate dalle seguenti opere idrauliche:

- Fossi di guardia in terra, eventualmente con fondo rivestito in pietrame (per pendenze $\geq 7,00\%$) e con briglie

filtranti in legname (per pendenze $\geq 12,00\%$);

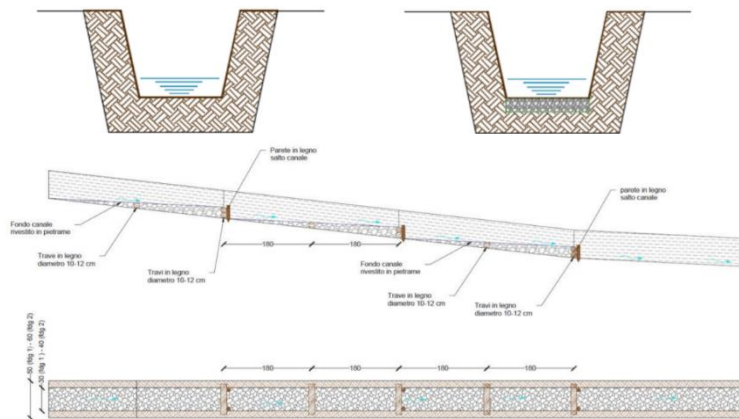


Figura 34 – Fosso di guardia tipo con o senza fondo rivestito in pietrame

- Opere di dissipazione in pietrame;
- Pozzetti in cls prefabbricato;
- Arginello in terra;
- Canalette in legname per tagli trasversali alla viabilità (per pendenze $\geq 15\%$).
- In fase di esecuzione, così come per le opere di bioingegneria, saranno scelte le opere migliori per il drenaggio delle acque meteoriche valutate caso per caso e a seconda dei risultati elaborati dalle relative indagini.

Le opere idrauliche di parco nascono dall'analisi dell'interazione tra le opere di progetto di parco ed il reticolo idrografico esistente. Le scelte progettuali saranno condotte secondo principi di invarianza idraulica così da avere opere ad "impatto zero" sull'esistente reticolo idrografico, rispettando il regime idraulico ante operam e recapitando le acque superficiali presso gli impluvi ove naturalmente, oggi, sono convogliate. Il sistema di opere idrauliche, in uno con le caratteristiche della viabilità e delle piazzole del parco, non modificheranno né il reticolo di drenaggio esistente, né la risposta dei bacini per tutti gli aspetti che riguardano i meccanismi di formazione dei deflussi, di conseguenza non varieranno le caratteristiche di permeabilità e non si avranno praticamente variazioni della portata da scaricare.