

# REGIONE SARDEGNA

Provincia della Città Metropolitana di Cagliari (CA)

## COMUNE DI VILLASOR



REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.
1	EMISSIONE PER ENTI ESTERNI	24/09/21	FURNO C.	FURNO C.	NASTASI A.
0	EMISSIONE PER COMMENTI	30/07/21	FURNO C.	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:		Progettista/Resp. Tecnico			
<b>PARCO EOLICO DI "VILLASOR"</b>		Dott. Ing. Cesare Furno Ordine degli Ingegneri della Provincia di Catania n° 6130 sez. A			
Elaborato:					
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA GENERALE					
Scala:	Nome DIS/FILE:	Allegato:	F.to:	Livello:	
NA	C20018S05-PD-RT-01-01	1/1	A4	<b>DEFINITIVO</b>	

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	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
3	IL SITO.....	8
3.1	Riferimenti cartografici e posizioni wtg.....	8
3.2	Descrizione generale.....	10
4	L'IMPIANTO EOLICO.....	12
4.1	Layout impianto.....	13
4.2	Aerogeneratori.....	14
4.3	Potenza installata e producibilita' stimata.....	17
4.4	Analisi acustica.....	20
4.5	Lista anagrafica dei componenti l'impianto.....	28
4.6	Descrizione tecnica dei componenti l'impianto.....	28
4.6.1	Specifiche tecniche Aerogeneratori.....	28
4.6.2	Sistemi elettrici e di controllo interni.....	31
4.6.3	Sistemi elettrici e di controllo esterni.....	32
4.6.4	Descrizione dei componenti principali.....	32
4.6.5	Stazione di trasformazione utente.....	37
4.6.6	Impianto di rete per la connessione della SSEU.....	38
4.7	Schemi di funzionamento dei componenti dell'impianto.....	38
5	INFRASTRUTTURE ED OPERE CIVILI.....	39
5.1	Inquadramento geologico generale.....	39
5.2	Fondazione Aerogeneratore.....	40
5.3	Piazzole aerogeneratori.....	42
5.4	Strade di accesso e viabilità di servizio.....	43
5.4.1	Viabilità di accesso al Sito.....	43
5.4.2	Viabilità di Servizio.....	46
5.5	RILEVATI E SOVRASTRUTTURE – BONIFICHE E SOTTOFONDI.....	48
5.5.1	Rilevati aridi e soprastrutture per piazzole e strade.....	48
5.5.2	Sovrastrutture per piazzole e strade.....	50
5.5.3	Sistemazione del piano di posa.....	50
5.5.4	Pavimentazione con materiale arido.....	52
5.6	Verifica geotecnica della fondazione stradale.....	52
5.6.1	Caratteristiche geometriche delle strade e delle piazzole.....	52
5.6.2	Dimensionamento di massima della pavimentazione delle strade e delle piazzole.....	52

6	OPERE DI INGEGNERIA AMBIENTALE.....	53
6.1	Generalita' .....	53
6.2	Specifiche tecniche degli interventi.....	56
6.2.1	Cunetta vivente .....	56
6.2.2	Canalizzazioni in pietrame e legno .....	57
6.2.3	Idrosemina e rivestimenti antirosivi .....	58
7	OPERE IDRAULICHE.....	61
8	CAVIDOTTI.....	62
8.1	Generalita' .....	62
8.2	Dati tecnici del cavo utilizzato .....	63
8.3	Dimensionamento dei cavi in funzione delle condizioni di posa.....	66
8.4	Profondita' e sistema di posa cavi .....	68
8.5	Fibra ottica di collegamento .....	69
8.6	Sistema di terra .....	70
8.7	Opere civili cavidotti.....	70
9	SOTTOSTAZIONE ELETTRICA .....	73

## 1 PREMESSA

Su incarico di IBERDROLA Renovables Italia S.p.A., la società Antex Group Srl ha redatto il progetto definitivo relativo alla realizzazione di un impianto eolico nei comuni di Villasor e Decimoputzu, nella provincia della Città Metropolitana di Cagliari.

Il progetto prevede l'installazione di n. 10 nuovi aerogeneratori con potenza unitaria di 5,6 MW, per una potenza complessiva di impianto di 56 MW.

Nel dettaglio il progetto prevede l'installazione di n.8 aerogeneratori nei terreni del Comune di Villasor e di n.2 aerogeneratori nei terreni del Comune di Decimoputzu.

Gli aerogeneratori saranno collegati alla nuova Stazione di trasformazione Utente, posta nel comune di Villasor (CA), tramite cavidotti interrati con tensione nominale pari a 30 kV.

La stazione di trasformazione utente riceverà l'energia proveniente dall'impianto eolico a 30 kV e la eleverà alla tensione di 150 kV.

Tutta l'energia elettrica prodotta verrà ceduta alla rete tramite collegamento in antenna a 150 kV, previa condivisione dello stallo in stazione con altri produttori, su un nuovo stallo a 150 kV da realizzare presso la Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione a 220/150 kV della RTN, denominata "Villasor", la cui autorizzazione è oggetto di altra iniziativa (benessere requisiti tecnici richiesto da altro produttore nominato capofila in sede di tavolo tecnico con Terna).

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 e gestionali.

Sia Antex che Iberdrola pongono a fondamento delle attività e delle proprie iniziative, i principi della qualità, dell'ambiente e della sicurezza come espressi dalle norme ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001 nelle loro ultime edizioni.

Difatti, in un'ottica di sviluppo sostenibile proprio e per i propri clienti e fornitori, le Aziende citate posseggono un proprio Sistema di Gestione Integrato Qualità-Sicurezza-Ambiente.

## 2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

### **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".

### **Elettrodotti, 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 elettrodotti 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 elettrodotti".

- 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 Uo/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 IL SITO

### 3.1 Riferimenti cartografici e posizioni wtg

Il progetto si colloca all'interno delle seguenti cartografie:

- Fogli IGMI in scala 1:25.000 di cui alle seguenti codifiche IGM Serie 556-I "Villasor", 556-IV Siliqua e 547-III "Villacidro";
- CTR in scala 1:10.000, di cui alle seguenti codifiche: 556020 e 556030 per quanto riguarda l'impianto eolico e l'area della Stazione utente e cavidotti MT;

I fogli di mappa catastali interessati dalle macchine, dalla viabilità di nuova realizzazione/adeguamento e dal cavidotto sono:

- Fogli di mappa n. 3, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 44 del Comune di Villasor;
- Foglio di mappa n. 1 del Comune di Decimoputzu.

Il foglio di mappa interessato dalla sottostazione elettrica è:

- Foglio di mappa n. 22 del Comune di Villasor;

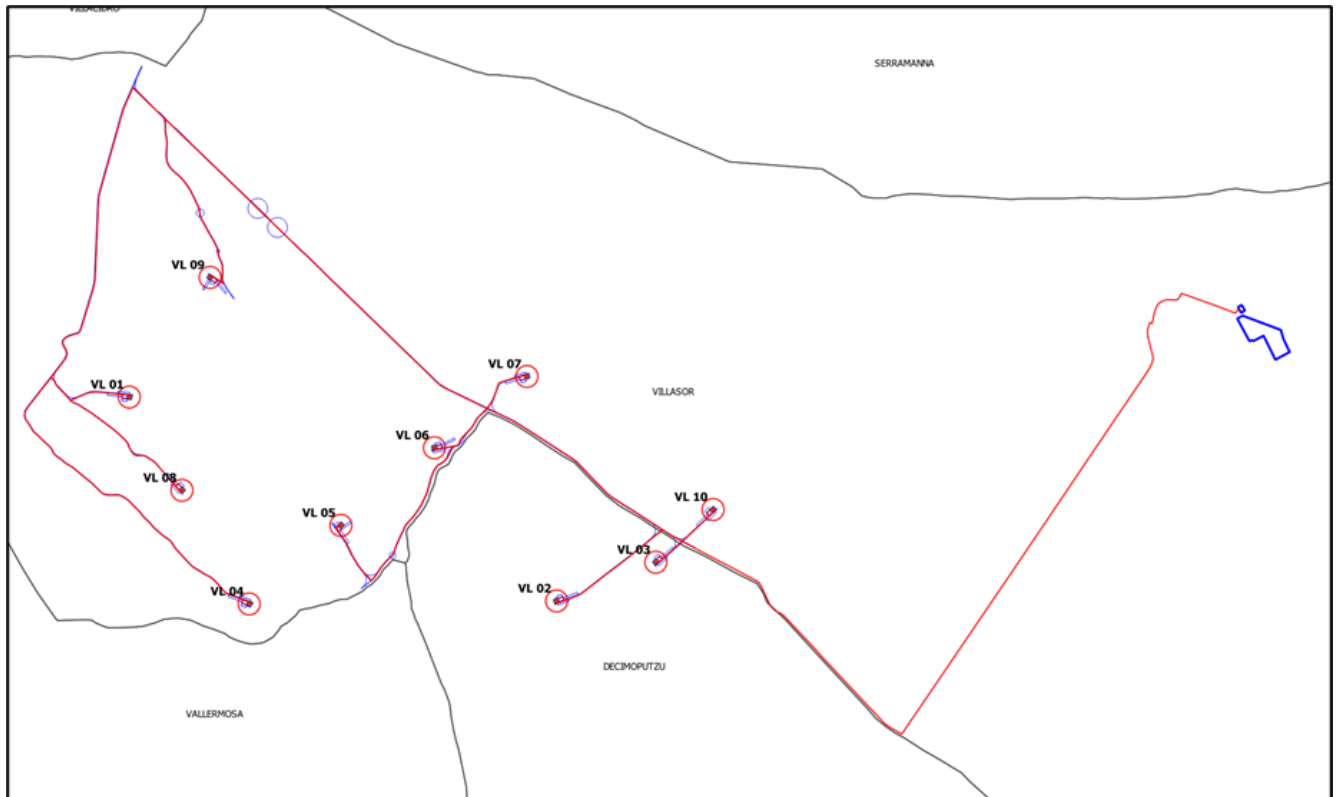
Il foglio di mappa interessato dal solo passaggio del cavidotto in MT, peraltro su strade comunali o provinciali, sono:

- Fogli di mappa n. 21, 33 del Comune di Villasor;
- Fogli di mappa n. 2 del comune di Decimoputzu;
- Fogli di mappa n. 401 del comune di Vallermosa.

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



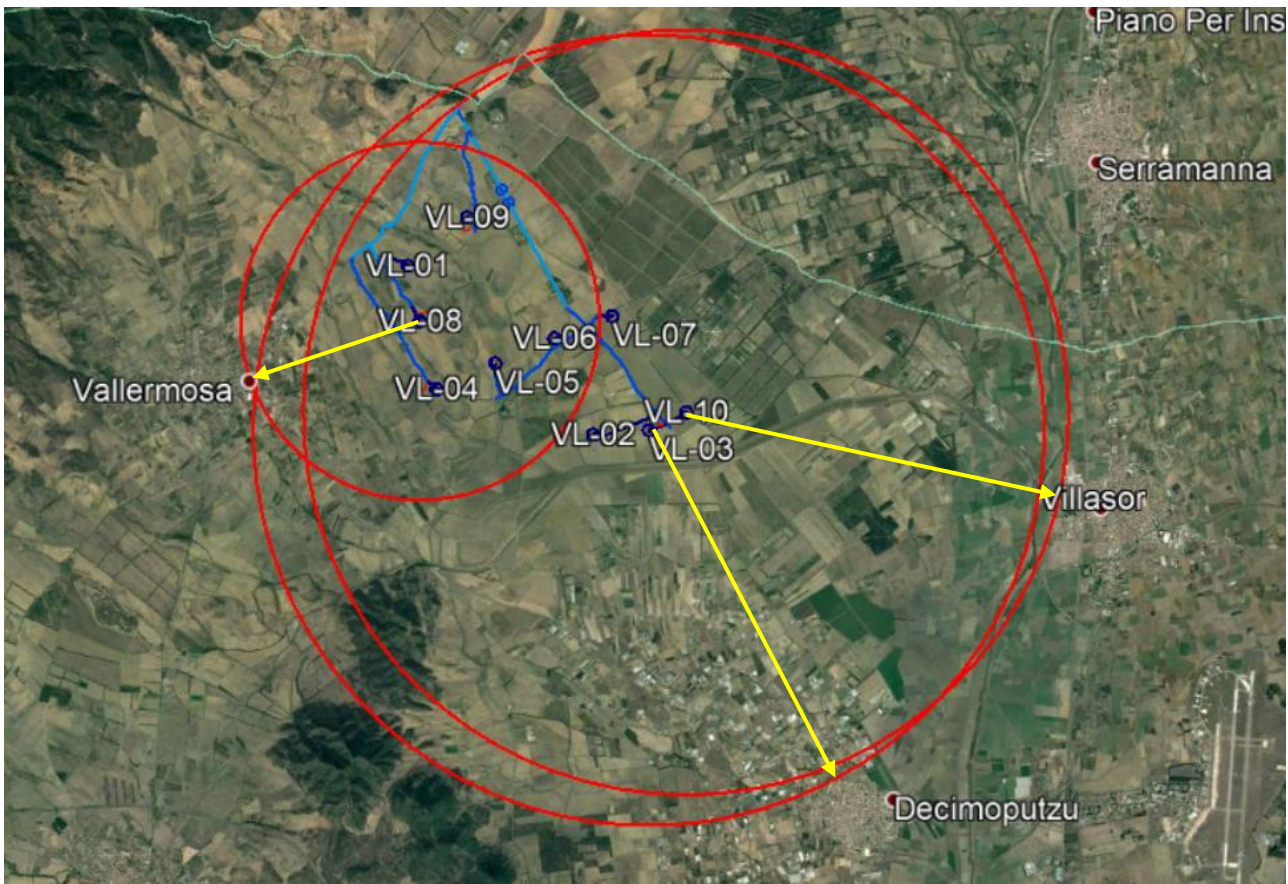
ID WTG	Est	Nord	Quota slm	Comune
<b>VL-01</b>	484371.00	4359534.00	77	VILLASOR
<b>VL-02</b>	487608.00	4358000.00	33	DECIMOPUTZU
<b>VL-03</b>	488342.00	4358286.00	33	DECIMOPUTZU
<b>VL-04</b>	485331.42	4357977.81	58	VILLASOR
<b>VL-05</b>	486010.40	4358558.43	48	VILLASOR
<b>VL-06</b>	486703.09	4359132.02	44	VILLASOR
<b>VL-07</b>	487387.72	4359659.05	41	VILLASOR
<b>VL-08</b>	484833.66	4358817.92	70	VILLASOR
<b>VL-09</b>	485042.26	4360391.30	74	VILLASOR
<b>VL-10</b>	488766.34	4358675.91	33	VILLASOR
<b>SSE-UTENTE</b>	492649.29	4360195.95	24	VILLASOR



**Figura 1** Inquadramento territoriale dell'impianto rispetto ai territori comunali interessati

### 3.2 Descrizione generale

Il sito eolico di progetto è ubicato in agro ai Comuni di Villador e Decimoputzu, entrambi facenti parte della Provincia della Città Metropolitana di Cagliari. La sottostazione, invece insiste esclusivamente sul territorio del comune di Villador. I centri Urbani di Villador e Decimoputzu si trovano a più di 5 km dall'aera di intervento (circa 5,3 km il primo e 5,5 km il secondo), mentre quello di Vallermosa si trova a circa 2,5 km. Le aree della sottostazione di collegamento si trovano a circa 1,7 km da Villador che è il comune più vicino. Le quote relative all'impianto eolico variano dai 35 m.s.l.m ai 75 m.s.l.m.



**Figura 2** Distanze delle aree di impianto dai centri abitati limitrofi

Dall'analisi geologica si evincono le seguenti caratterizzazioni del territorio in esame.

**Geomorfologicamente** il sito presenta un andamento degradante verso SE con pendenze intorno al 4-5%, e con una zona leggermente collinare a W-NW.

Per quanto riguarda l'aspetto **idrogeologico**, la falda rilevata nell'escavazione di pozzi nelle vicinanze si attesta intorno ai 40-50 m. La permeabilità è variabile a seconda del litotipo attraversato ma tutte le WTG ricadono all'interno di terreni ad alta permeabilità per porosità.

Idraulicamente la zona è caratterizzata da diverse incisioni tra i quali il canale Riu Nou ed il Riu Mannu a SO dell'impianto, altri canali sono presenti all'interno dell'area come il Gora Perdas Mortas ed il Gora piscina Manna, canale artificiale per l'irrigazione di un terreno.

L'assetto **geologico - strutturale** dell'area è contraddistinto da sedimenti di ambiente fluviale e da depositi di flusso piroclastico, con i primi decimetri caratterizzati da terreno agrario, da verificare in fase esecutiva con l'esecuzione di sondaggi geognostici e analisi di laboratorio su campioni prelevati in situ.

**Sismicamente** ci troviamo in zone a sismicità molto bassa, per i quali l'INGV ha dato una *valutazione standard (10%, 475 anni) di amax (16mo, 50mo e 84mo percentile) per le isole rimaste escluse nella fase di redazione di MPS04.*

Dai dati di letteratura ci dovremmo trovare di fronte a suoli di categoria B, da confermare con le indagini sismiche da eseguire in fase esecutiva.

Per ottemperare alle NTC 2018 questi dati verranno implementati con indagini sismiche mirate in fase di esecutiva, nel quale non dovranno mancare le indagini MASW, Dohn Hole e RSL per ogni turbina in modo da misurare la risonanza del suolo ed evitare che vi sia il fenomeno della doppia risonanza che causerebbe seri problemi strutturali alle turbine.

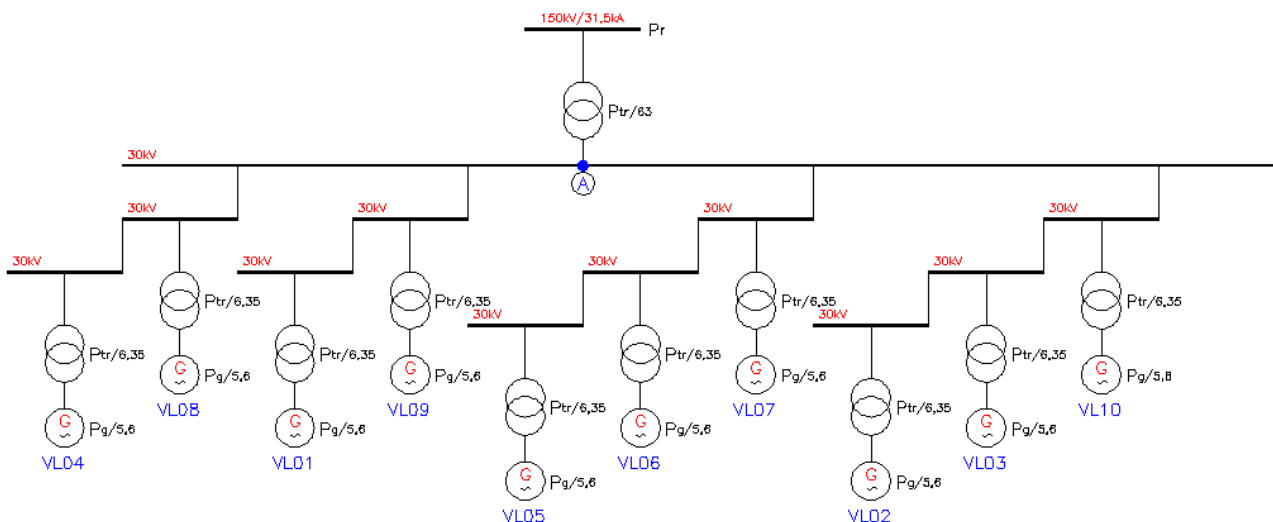
Il numero di suddette indagini sarà definito in fase di esecuzione, in modo da avere un quadro sicuro e completo.

#### 4 L'IMPIANTO EOLICO

La centrale eolica è composta da aerogeneratori indipendenti, anche dal punto di vista delle funzioni di controllo e protezione, opportunamente disposti e collegati in relazione alla disposizione dell'impianto.

L'impianto Eolico sarà costituito da n°10 aerogeneratori, ciascuno di potenza massima fino a 5,6 MW, corrispondenti ad una potenza massima di nuova installazione di 56,0 MW.

Dal punto di vista elettrico, gli aerogeneratori sono collegati fra di loro in quattro gruppi rispettivamente di 3 e 2 turbine, costituendo così n.4 distinti sottocampi e collegati alla sottostazione elettrica di smistamento come mostrato nel seguente schema di rete di distribuzione dell'impianto:



**Figura 3** Schema di rete distribuzione impianto

Nelle stesse sottostazioni sarà ubicato il sistema di monitoraggio, comando, misura e supervisione (MCM) dell'impianto eolico che consente di valutare in remoto il funzionamento complessivo e le prestazioni dell'impianto ai fini della sua gestione.

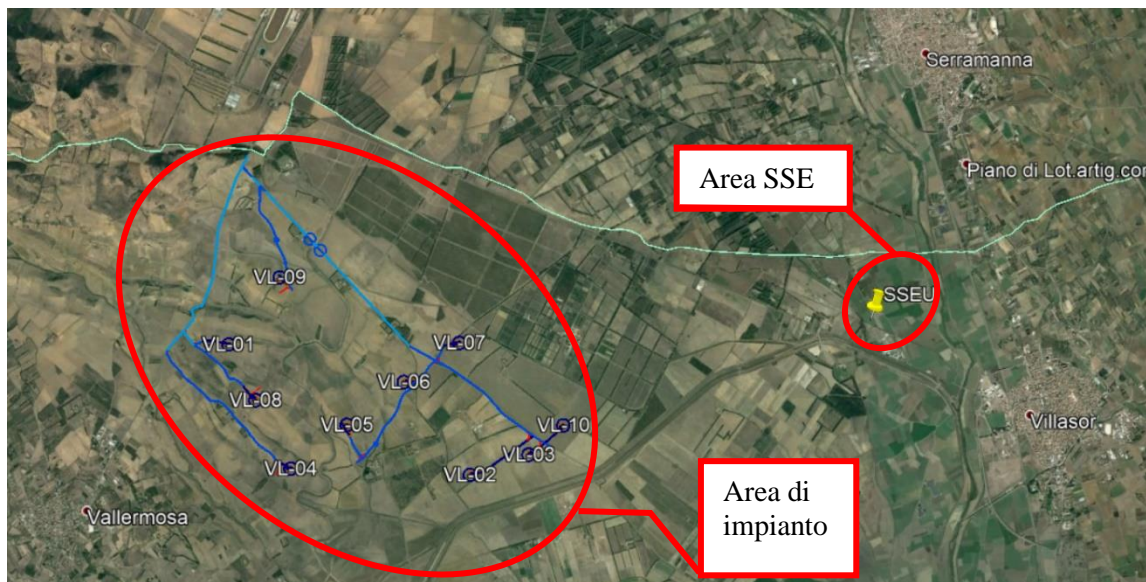
Le opere civili previste comprendono l'esecuzione dei plinti di fondazione delle macchine eoliche, la realizzazione delle piazzole degli aerogeneratori, l'adeguamento/ampliamento della rete viaria esistente nel sito e la realizzazione della

viabilità di servizio interna all'impianto. Inoltre, sono altresì previste opere impiantistiche comprendenti l'installazione degli aerogeneratori e l'esecuzione dei collegamenti elettrici in cavidotti interrati tra i singoli aerogeneratori, tra gli aerogeneratori e la sottostazione di consegna esistente.

Tutte le opere in conglomerato cementizio armato e quelle a struttura metallica sono state progettate e saranno realizzate secondo quanto prescritto dalle Norme Tecniche vigenti relative alle leggi sopraccitate, così pure gli impianti elettrici.

#### 4.1 Layout impianto

Le postazioni degli aerogeneratori sono costituite da piazzole collegate da una viabilità d'impianto. I dispositivi elettrici di trasformazione BT/MT degli aerogeneratori saranno alloggiati all'interno delle navicelle delle macchine stesse. Pertanto, non sono previste costruzioni di cabine di macchina alla base delle torri eoliche.



**Figura 4** Area d'impianto e SSE

Le quattro diverse linee MT che collegheranno gli aerogeneratori alla RTN mediante collegamento in antenna a 150 kV su un nuovo stallo a 150 kV della Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) della RTN 220/150 kV di Villasor. Inoltre, al fine di razionalizzare l'utilizzo delle strutture di rete, sarà necessario condividere lo stallo in stazione con altri impianti di produzione.

La stazione di trasformazione utente riceve l'energia proveniente dall'impianto eolico e la eleva alla tensione di 150kV. Sarà costituita da due sezioni, in funzione dei livelli di tensione: la parte di media tensione, contenuta all'interno della cabina di stazione e la 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.

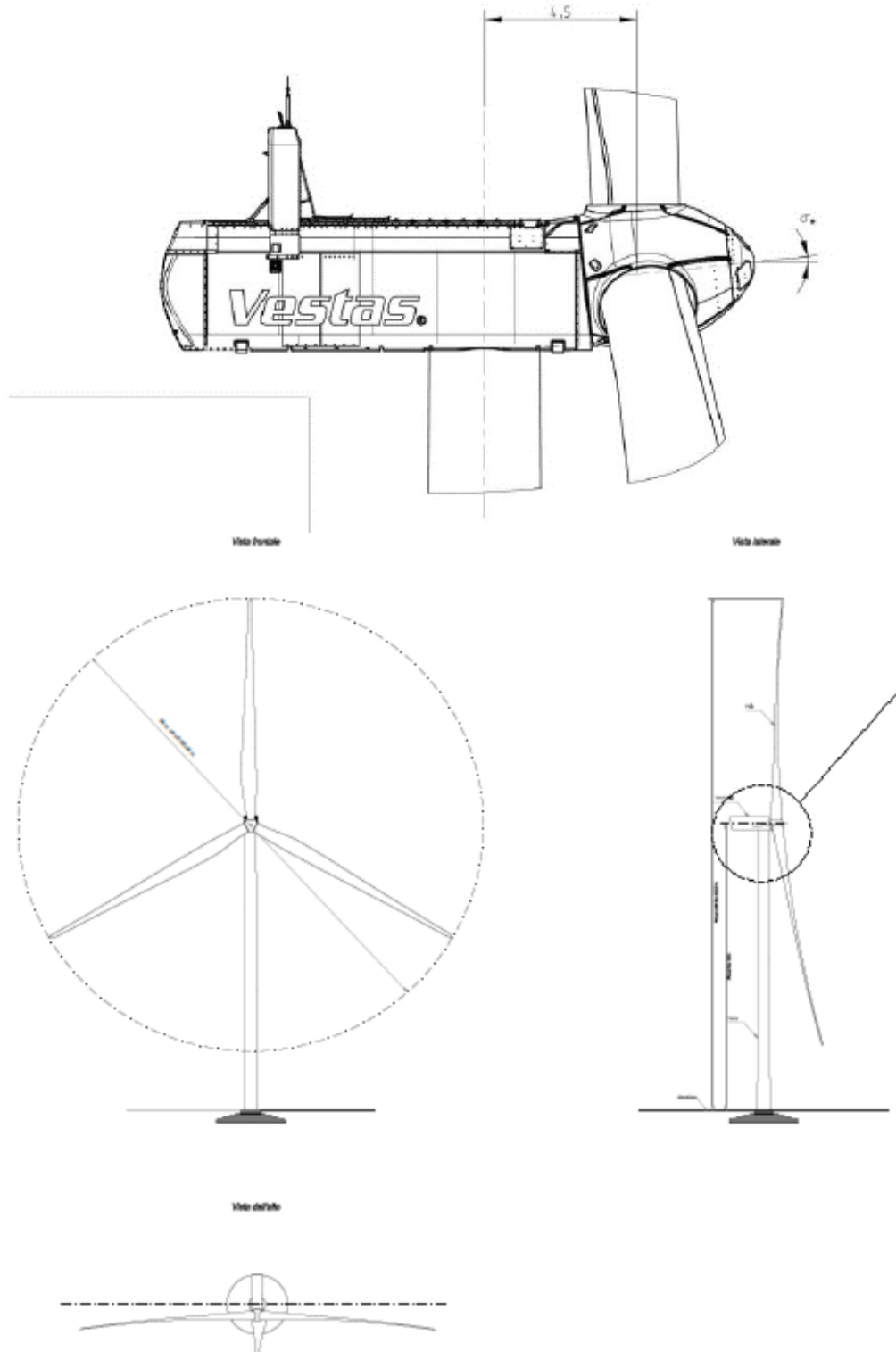
#### 4.2 Aerogeneratori

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 V162-5.6\_HH125, un aerogeneratore ad asse orizzontale con rotore tripala e potenza massima di 5600 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.



**Figura 5** Aerogeneratore tipo

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 tre bande di colore rosso ciascuna di 6 m per un totale di 18 m.

La navicella è dotata di un sistema antincendio, che consiste di rilevatori di fumo e CO<sub>2</sub>, 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, 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/m<sup>3</sup>. 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.



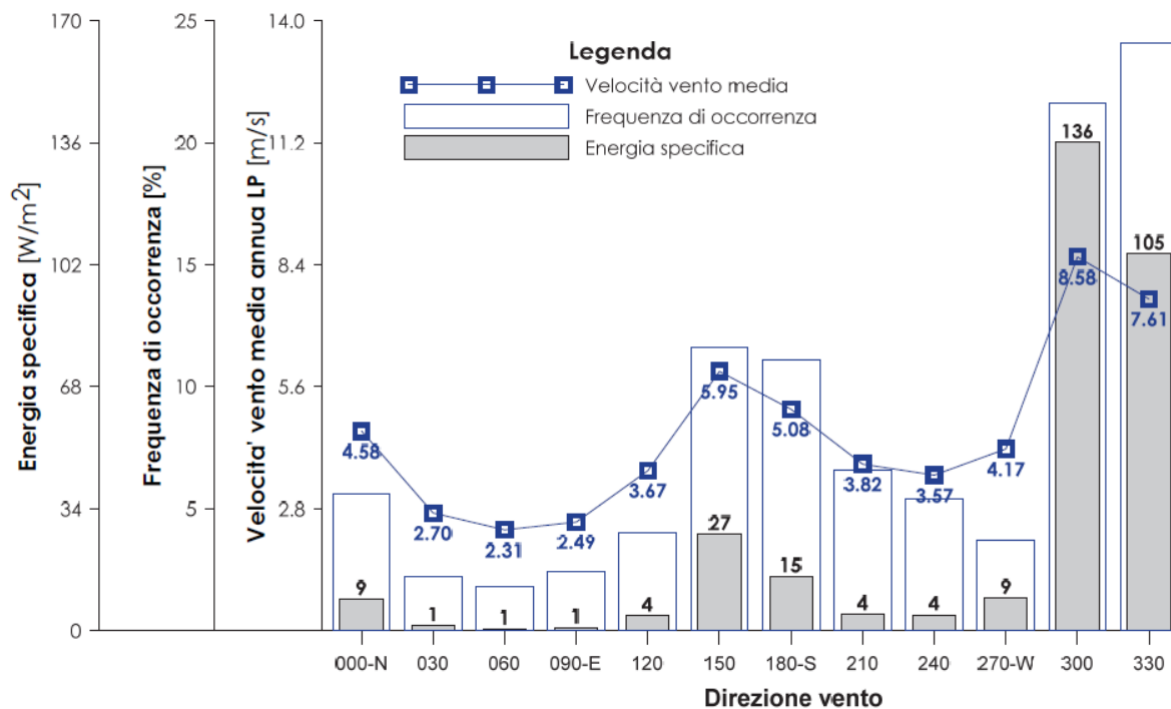
I sistemi frenanti sono progettati in modo che, se uno qualunque dei componenti del sistema frenante non funziona correttamente o è guasto, immediatamente l'aerogeneratore si porta in condizioni di sicurezza.

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.

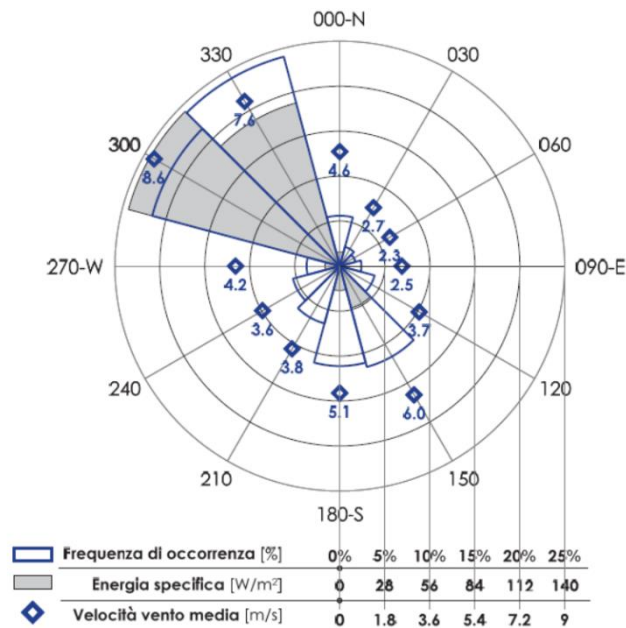
La fase di decommissioning avverrà con modalità analoghe a quanto descritto per la fase di installazione. Le componenti elettriche (trasformatore, quadri elettrici, ecc) verranno quindi smaltite, in accordo con la direttiva europea (WEEE - Waste of Electrical and Electronic Equipment); le parti in metallo (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".

### 4.3 Potenza installata e producibilità stimata

Il regime anemologico del sito prevede una distribuzione secondo schiere orientate lungo una direttrice all'incirca normale all'asse NordOvest/SudEst e preponderanza del vento di Maestrale, che contribuisce con una quota superiore a 2/3 dell'intera risorsa eolica disponibile sull'area di progetto.

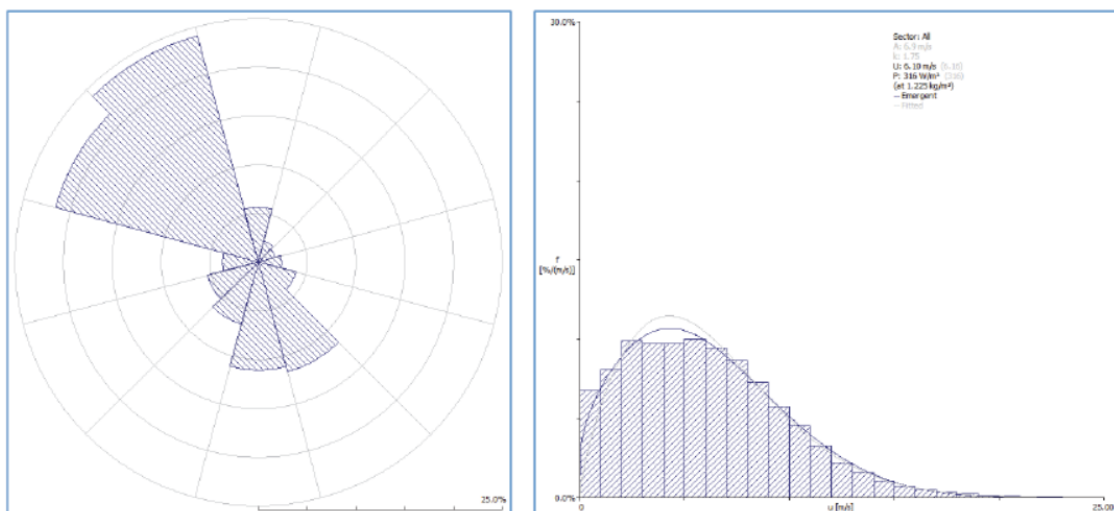


**Figura 6** Regime anemologico di LP ad h=127.5 m sls implementato in WAsP



**Figura 7** Regime anemologico di LP ad h=127.5 m sls implementato in WASP

Sector	number	angle [°]	Wind climate				Power (at 1.225 kg/m <sup>3</sup> )	
			frequency [%]	Weibull-A [m/s]	Weibull-k	mean speed [m/s]	power density [W/m <sup>2</sup> ]	
	1	0	5.6	5.1	1.53	4.58	156	
	2	30	2.2	2.8	1.07	2.70	61	
	3	60	1.8	2.4	1.19	2.31	30	
	4	90	2.4	2.7	1.32	2.49	32	
	5	120	4.0	4.0	1.31	3.67	102	
	6	150	11.6	6.7	2.13	5.95	232	
	7	180	11.1	5.7	2.28	5.08	136	
	8	210	6.6	4.3	1.92	3.82	68	
	9	240	5.4	3.9	1.44	3.57	81	
	10	270	3.7	4.2	1.03	4.17	248	
	11	300	21.6	9.7	2.40	8.58	630	
	12	330	24.1	8.6	2.42	7.61	436	
All (emergent)						6.10	316	
Source data						n/a	n/a	



**Figura 8** Caratteristiche anemologiche stazione "Enna Seddus" estrapolate ad altezza h=127.5 m sls

La stima della resa energetica per le dieci turbine è stata eseguita attraverso il calcolo della producibilità attesa per ciascuna delle turbine analizzate, al netto delle perdite per scia (che si attestano su un valore medio/basso di poco superiore al 4%) 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 (circa il 6.5 %).

L'impianto, composto da 10 turbine, con potenza unitaria fino a 5.6 MW e per un totale di 56.0 MW, avrà una producibilità netta stimata pari a 142.99 GWh/y P<sub>50</sub> a cui corrispondono 2.553 Ore Equivalenti.

Configurazione impianto	Resa energetica annua d'impianto di lungo periodo				
	Lorda	Al netto delle scie	Al netto di tutte le perdite ( Incertezza = 13% P50 = 18.59 GWh/anno )		
			P50	P75 (10 anni)	P90 (10 anni)
n°10 wtg x 5.6 MW = 56.0 MW Modello: Vestas V162-5.6 MW	159.56 [GWh]	153.01 [GWh]	142.99 [GWh]	130.46 [GWh]	119.17 [GWh]
	2849 [MWh/MW]	2732 [MWh/MW]	2553 [MWh/MW]	2330 [MWh/MW]	2128 [MWh/MW]

Per maggiori dettagli si rimanda allo specifico elaborato "Analisi preliminare di producibilità attesa".

#### 4.4 Analisi acustica

Come riportato nello specifico studio specialistico "Studio di Impatto Acustico", al quale si rimanda per maggiori dettagli, le schede tecniche del fornitore riportano che la modalità di funzionamento degli aerogeneratori più gravosa dal punto di vista acustico sia quella caratterizzata da una velocità del vento all'hub (125 metri) pari a 9 m/s, come evidenziato nella seguente tabella a partire da:

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	21.3	21.2	19.7	22.7	25.9	29.7	29.2	29.4	31.3	32.1	32.3	32.2	31.9	31.3	31.0	30.6	30.3	28.5
8 Hz	27.8	27.8	26.5	29.5	32.7	36.4	36.0	36.2	37.9	38.6	38.8	38.6	38.3	37.8	37.5	37.1	36.8	35.1
10 Hz	33.6	33.6	32.5	35.6	38.7	41.4	42.0	42.2	43.7	44.4	44.5	44.4	44.0	43.5	43.2	42.8	42.6	41.0
12.5 Hz	39.0	39.1	38.2	41.2	44.3	47.1	47.7	47.9	49.2	49.8	49.9	49.8	49.4	48.9	48.6	48.3	48.1	46.5
16 Hz	44.7	44.8	44.1	47.2	50.2	52.9	53.7	53.8	55.0	55.5	55.5	55.4	55.1	54.6	54.3	53.9	53.8	52.3
20 Hz	49.5	49.7	49.1	52.2	55.2	57.9	58.7	58.8	59.8	60.3	60.3	60.1	59.8	59.4	59.1	58.8	58.6	57.2
25 Hz	54.0	54.2	53.8	56.8	59.8	62.6	63.4	63.4	64.4	64.7	64.7	64.6	64.3	63.8	63.6	63.3	63.1	61.9
31.5 Hz	58.3	58.6	58.3	61.3	64.3	67.0	67.9	67.9	68.7	69.0	69.0	68.8	68.6	68.1	67.9	67.6	67.5	66.3
40 Hz	62.4	62.7	62.6	65.6	68.6	71.3	72.1	72.2	72.9	73.1	73.1	72.9	72.6	72.3	72.0	71.8	71.6	70.6
50 Hz	65.9	66.2	66.3	69.2	72.2	74.9	75.8	75.9	76.5	76.6	76.6	76.4	76.1	75.8	75.6	75.3	75.2	74.2
63 Hz	69.2	69.6	69.7	72.7	75.6	78.3	79.3	79.3	79.8	79.9	79.8	79.7	79.4	79.1	78.9	78.7	78.6	77.7
80 Hz	72.3	72.7	72.9	75.9	78.8	81.5	82.5	82.5	82.9	83.0	82.9	82.7	82.5	82.2	82.0	81.8	81.7	80.9
100 Hz	74.8	75.2	75.5	78.5	81.4	84.1	85.1	85.1	85.4	85.5	85.4	85.2	85.0	84.8	84.6	84.4	84.3	83.6
125 Hz	77.0	77.4	77.8	80.8	83.7	86.4	87.4	87.4	87.7	87.7	87.6	87.5	87.3	87.0	86.9	86.7	86.7	86.0
160 Hz	79.1	79.5	80.0	83.0	85.9	88.6	89.6	89.6	89.8	89.8	89.7	89.6	89.4	89.2	89.1	88.9	88.9	88.4
200 Hz	80.7	81.1	81.6	84.6	87.5	90.2	91.2	91.3	91.4	91.3	91.2	91.1	91.0	90.8	90.7	90.6	90.6	90.1
250 Hz	82.0	82.3	82.9	85.9	88.8	91.5	92.5	92.6	92.6	92.6	92.5	92.4	92.3	92.1	92.1	92.0	91.9	91.6
315 Hz	82.9	83.3	83.9	86.9	89.8	92.5	93.6	93.6	93.6	93.5	93.5	93.4	93.3	93.2	93.1	93.1	93.0	92.8
400 Hz	83.6	83.9	84.6	87.5	90.4	93.1	94.2	94.2	94.2	94.2	94.1	94.1	94.0	93.9	93.9	93.8	93.8	93.7
500 Hz	83.9	84.2	84.8	87.8	90.7	93.4	94.5	94.5	94.5	94.4	94.4	94.4	94.3	94.3	94.3	94.3	94.3	94.2
630 Hz	83.9	84.1	84.8	87.8	90.6	93.3	94.5	94.5	94.4	94.4	94.4	94.4	94.4	94.4	94.4	94.4	94.4	94.4
800 Hz	83.5	83.7	84.3	87.3	90.2	92.9	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	94.1	94.1	94.1	94.2
1 kHz	82.8	82.9	83.6	86.6	89.5	92.2	93.3	93.3	93.2	93.2	93.3	93.4	93.4	93.5	93.6	93.6	93.6	93.8
1.25 kHz	81.8	81.9	82.5	85.5	88.4	91.1	92.3	92.2	92.2	92.2	92.3	92.4	92.5	92.6	92.7	92.8	92.8	93.1
1.6 kHz	80.4	80.3	80.9	83.9	86.9	89.6	90.7	90.7	90.7	90.7	90.8	91.0	91.1	91.3	91.4	91.5	91.5	91.9
2 kHz	78.7	78.6	79.1	82.2	85.1	87.8	89.0	89.0	88.9	89.0	89.2	89.4	89.6	89.8	89.9	90.0	90.1	90.5
2.5 kHz	76.8	76.6	77.0	80.1	83.0	85.8	86.9	86.9	86.9	87.1	87.3	87.5	87.7	87.9	88.1	88.2	88.3	88.8
3.15 kHz	74.4	74.1	74.5	77.6	80.5	83.3	84.4	84.4	84.5	84.7	84.9	85.1	85.4	85.7	85.9	86.1	86.2	86.8
4 kHz	71.6	71.2	71.6	74.6	77.6	80.3	81.4	81.4	81.6	81.8	82.1	82.4	82.7	83.1	83.3	83.5	83.6	84.3
5 kHz	68.7	68.2	68.4	71.5	74.5	77.3	78.4	78.4	78.5	78.9	79.2	79.5	79.9	80.3	80.5	80.8	80.9	81.6
6.3 kHz	65.4	64.7	64.9	68.0	71.0	73.7	74.8	74.8	75.1	75.5	75.9	76.2	76.7	77.1	77.3	77.6	77.7	78.6
8 kHz	61.5	60.8	60.8	63.9	66.9	69.7	70.8	70.8	71.1	71.6	72.1	72.5	72.9	73.5	73.7	74.0	74.1	75.1
10 kHz	57.6	56.7	56.7	59.8	62.8	65.6	66.7	66.7	67.1	67.6	68.2	68.7	69.2	69.7	70.0	70.3	70.5	71.5
A-wgt	93.5	93.7	94.3	97.3	100.2	102.9	104.0	104.0	104.0	104.0	104.0	104.0	104.0	104.0	104.0	104.0	104.0	104.0

Table 1: V162-5.6MW Mode 0, expected 1/3 octave band performance  
 (Blades with serrated trailing edges)

Per sua natura il funzionamento di un parco eolico è possibile solo con presenza di vento nel sito di installazione in tutti i 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.

Valori limite di emissione LAeq in dB(A)

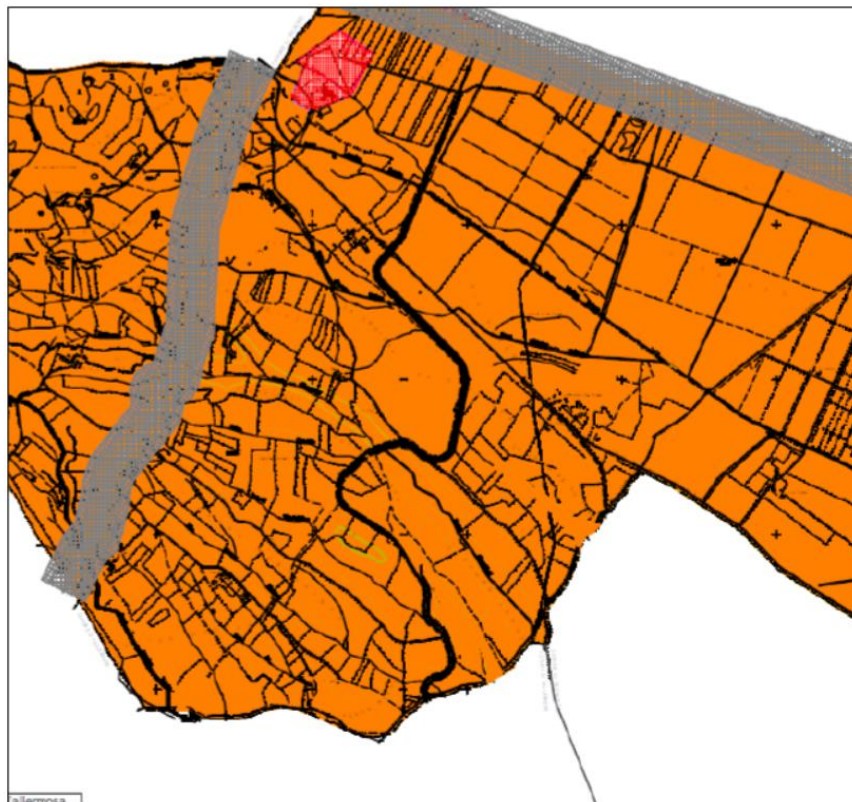
FASCIA TERRITORIALE	DIURNO (6 ÷ 22)	NOTTURNO (22 ÷ 6)
I - Aree particolarmente protette	45	35
II - Aree prevalentemente residenziali	50	40
III - Aree di tipo misto	55	45
IV - Aree di intensa attività umana	60	50
V - Aree prevalentemente industriali	65	55
VI - Aree esclusivamente industriali	65	65

Valori limite di immissione LAeq in dB(A)

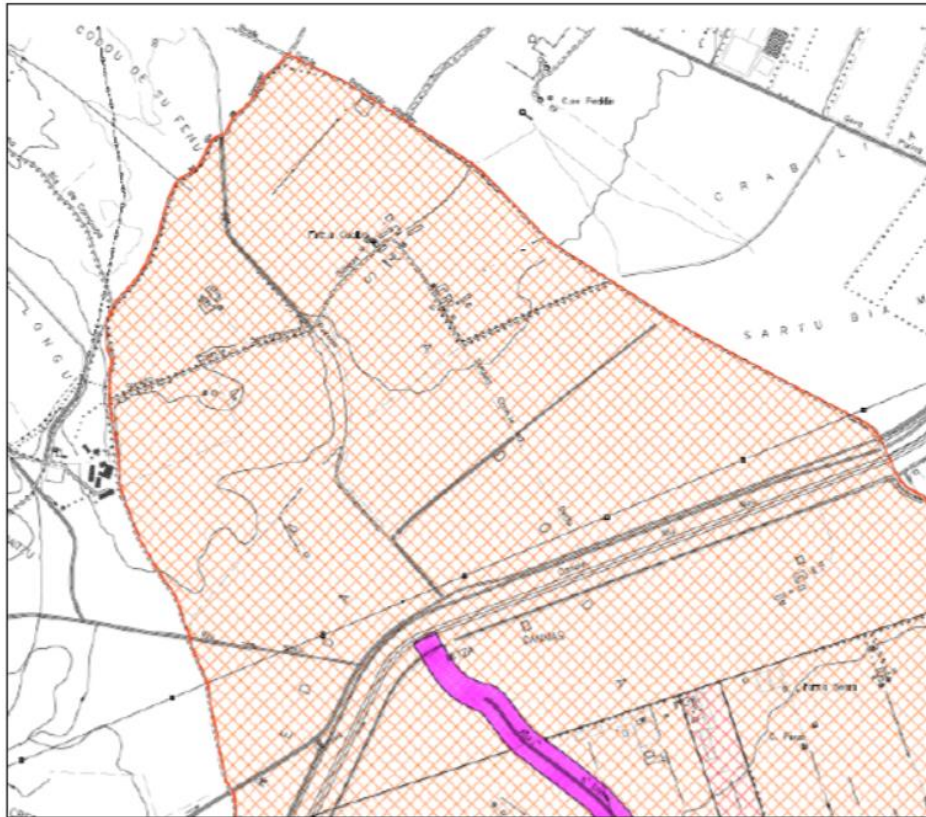
FASCIA TERRITORIALE	DIURNO (6 ÷ 22)	NOTTURNO (22 ÷ 6)
I - Aree particolarmente protette	50	40
II - Aree prevalentemente residenziali	55	45
III - Aree di tipo misto	60	50
IV - Aree di intensa attività umana	65	55
V - Aree prevalentemente industriali	70	60
VI - Aree esclusivamente industriali	70	70

Sia il Comune di Villasor sia il Comune di Decimoputzu hanno adottato un proprio Piano di Classificazione Acustica (PCA) dai quali emerge che i territori di entrambi i comuni interessati dall'impianto eolico in progetto ricadono all'interno della 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.

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



**Figura 9** Stralcio tav. 2 territorio extraurbano Comune di Villasor



**Figura 10** Stralcio tav. 1 Zonizzazione del territorio Comunale di Decimoputzu

Ai fini dello studio previsionale di impatto acustico, per la verifica del rispetto dei limiti normativi, si è fatto principalmente riferimento all'individuazione di ricettori accatastrati come categoria A/2, A/3, A/4 e D/10, che hanno una distanza dalle sorgenti in progetto, minore dal resto di tutti i ricettori e che hanno evidenziato un valore di emissione sonora stimato tramite software previsionale maggiore rispetto agli altri.

Inoltre, si evidenzia che nell'area in esame non sono presenti ricettori sensibili quali scuole e asili nido, ospedali, case di cura e riposo.

I Ricettori scelti per l'analisi sono di seguito elencati

Codifica Ricettore	Comune di appartenenza	Riferimenti catastali	Categoria catastale	Codifica Aerogeneratore sorgente	Distanza [m]
<b>R8_S2</b> (REC_10)	Decimoputzu	Foglio -, mappale -	A/2	VL02	530

Codifica Ricettore	Comune di appartenenza	Riferimenti catastali	Categoria catastale	Codifica Aerogeneratore sorgente	Distanza [m]
<b>R3_S6</b> (REC26)	Decimoputzu	Foglio -, mappale -	A/3 - D/10	VL06	570

Codifica Ricettore	Comune di appartenenza	Riferimenti catastali	Categoria catastale	Codifica Aerogeneratore sorgente	Distanza [m]
<b>R9_S9</b> (REC_42)	Villasor	Foglio -, mappale -	A/2	VL09	557

Codifica Ricettore	Comune di appartenenza	Riferimenti catastali	Categoria catastale	Codifica Aerogeneratore sorgente	Distanza [m]
R14_S9 (REC_48)	Samassi	Foglio -, mappale -	A/4 - D/10	VL09	593



**Figura 11** Collocazione geografica dei Ricettori rispetto alle turbine di impianto

La parte di territorio interessata dalla realizzazione del Parco eolico è caratterizzata prevalentemente dalla presenza di due importanti arterie stradali, la SS 196 e la SS 293 che costituiscono le principali sorgenti sonore dell'area. Per il resto si tratta di un territorio costituito quasi esclusivamente 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 strumentali per i 4 ricettori, in due diverse postazioni di misura, hanno riportato i valori indicate nella seguente tabella:

Postazione di misura	Ricettore	Giorni di misura	Ventosità media giornaliera a 29 metri [m/s]	Ventosità media giornaliera a 2 metri [m/s]	Tempo di riferimento diurno (06:00 – 22:00)	Tempo di riferimento notturno (22:00 – 06:00)
					dB(A)	dB(A)
1	R9_S9	12/07/2021	4,4	3,0	60	44,7
	R14_S9	13/07/2021				
2	R8_S2	11/07/2021	5,3	3,6	56,4	40,9
	R3_S6	12/07/2021				



Con riferimento alla precedente tabella, la postazione n. 1 è indicativa per i ricettori R9\_S9 e R14\_S9, mentre la postazione n. 2 lo è per i ricettori R8\_S2 e R3\_S6.

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 degli 10 aerogeneratori in progetto. Nella simulazione si sono considerate anche le principali arterie stradali presenti, che risultano essere la SS 196 e la SS 293.

È da evidenziare che il clima acustico rilevato strumentalmente è influenzato dal variare della velocità del vento. Per valutare la variazione del rumore residuo in funzione del vento si sono operate alcune considerazioni per le quali si rimanda al relativo studio specialistico e da cui conseguono i valori riportati nella seguente tabella:

Rumore residuo a 2 metri slm per 4,8 m/s		
Ricettore	Diurno	Notturmo
R9_S9 R14_S9	66,0	50,4
R8_S2 R3_S6	65,4	50,5

I risultati riassunti nelle precedenti tabelle, permettono di notare che già soltanto l'incremento della rumorosità dovuto alla presenza del vento è tale da generare livelli di pressione sonora che superano i limiti previsti dalla classificazione acustica.

Tali risultati sono stati utilizzati per la valutazione previsionale dei limiti di immissione assoluti e differenziali presso i ricettori.

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

Ricettore	Altezza [m]	Emissione [dB(A)]
R9_S9	2	37,6
R14_S9	2	36,2
R8_S2	2	38,3
R3_S6	2	35,3

Essendo i ricettori inseriti nella classe acustica III, il limite di emissione è pari a 55 dB(A) nel periodo di riferimento diurno e 45 dB(A) nel periodo di riferimento notturno, da cui si evince che i valori di emissione ottenuti sono inferiori ai limiti della classe acustica III.

Il risultato della simulazione restituisce i seguenti valori di immissione sui ricettori:

Ricettore	Altezza [m]	Immissione diurno [dB(A)]	Immissione notturno [dB(A)]
R9_S9	2	66,0	51,4
R14_S9	2	66,0	50,8
R8_S2	2	65,4	50,8
R3_S6	2	65,4	50,6

Essendo i ricettori inseriti nella classe acustica III, i limiti assoluti di immissione sono pari a 60 dB(A) nel periodo di

riferimento diurno e 50 dB(A) nel periodo di riferimento. Si evince che i valori scaturiti dalla simulazione sono più alti dei valori limite. Tale risultato è da ricondursi all'elevato rumore residuo che, come già osservato, risulta essere superiore ai valori limite nelle condizioni di elevata ventosità considerate.

I valori limite differenziali di immissione sono: 5 dB per il periodo diurno e 3 dB per il periodo notturno, all'interno degli ambienti abitativi.

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

Nel caso in esame:

Ricettore	Altezza [m]	Ambientale Diurno [dB(A)]	Residuo Diurno [dB(A)]	Differenziale Diurno [dB(A)]
R9_S9	2	66,0	66,0	0
R14_S9	2	66,0	66,0	0
R8_S2	2	65,4	65,4	0
R3_S6	2	65,4	65,4	0

Ricettore	Altezza [m]	Ambientale Notturno [dB(A)]	Residuo Notturno [dB(A)]	Differenziale Notturno [dB(A)]
R9_S9	2	51,4	50,4	1,0
R14_S9	2	50,8	50,4	0,4
R8_S2	2	50,8	50,5	0,3
R3_S6	2	50,6	50,5	0,1

Si ha quindi il rispetto del limite differenziale di rumore in orario diurno e notturno.

L'alterazione del clima acustico 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.

Nella seguente tabella si riporta la suddivisione dei mezzi utilizzati per le differenti attività svolte, presi in analogia con altri cantieri per le medesime lavorazioni:

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

La verifica è stata effettuata per ognuno dei 2 scenari lavorativi precedentemente indicati. Per il calcolo si è considerato di valutare l'immissione sul ricettore R8\_S2, verosimilmente il più esposto in quanto arealmente più vicino all'area di cantiere di realizzazione di uno degli aerogeneratori (VL\_02). ottenendo:

$$L_{Aeq, TR, scen 1} = 43,0 \text{ dB(A)}$$

$$L_{Aeq, TR, scen 2} = 34,0 \text{ dB(A)}$$

Tali valori rispettano i limiti di immissione assoluta per il periodo di riferimento diurno previsti dal Piano di Classificazione acustica comunale per la classe acustica III cui appartiene il ricettore considerato. Si fa riferimento ai limiti previsti dal Piano di classificazione acustica e non ai limiti in deroga per i cantieri in quanto, dalle verifiche effettuate, non risulta l'esistenza del Regolamento acustico del comune di Decimoputzu dal quale estrapolare i valori degli eventuali limiti in deroga per le attività temporanee.

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.

#### 4.5 Lista anagrafica dei componenti l'impianto

- Aerogeneratore;
- Cavidotti interrati MT;
- Stazione di utenza;
- Stazione RTN.

#### 4.6 Descrizione tecnica dei componenti l'impianto

##### 4.6.1 Specifiche tecniche Aerogeneratori

Di seguito sono elencate le specifiche tecniche degli aerogeneratori Vestas V162-5.6\_HH125, scelti per il presente progetto

<b>GENERALI</b>	
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
Cerificazioni	IEC 61400-1
Tipologia turbina	Rotore tripala ad asse orizzontale sopra-vento
Regolazione della potenza	Regolazione attiva singola pala
Potenza nominale	5600 kW
Velocità del vento per il raggiungimento della potenza nominale (con densità dell'aria di 1.225 kg/m <sup>3</sup> )	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
<b>TORRE</b>	
Tipologia	HH125 - 0077-2108
Altezza all' Hub	125 m
Classe vento	DIBt S/ IEC S
Numero di sezioni	5
<b>ROTORE</b>	
Diametro rotore	162.0 m
Area spazzata	20611 m <sup>2</sup>
Potenza su superficie nominale	317 W/m <sup>2</sup>
Angolo di inclinazione dell'albero rotore	6.0°
"Cone angle" della pala	6.0°
<b>PALE DEL ROTORE</b>	
Materiale	Fibra di vetro e fibra di carbonio rinforzata
Lunghezza totale	79.35 m
<b>ALBERO ROTORE/CUSCINETTO ROTORE</b>	
Tipologia	Albero cavo forgiato
Tipologia di cuscinetto	Cuscinetto a rulli sferici
Lubrificazione	Cadenziale con grasso lubrificante

<b>FRENO MECCANICO</b>	
Tipologia	Freno a disco attivo
Posizionamento	Sull'albero veloce
Numero pinze freni	1
Materiale delle pastiglie del freno	Pastiglie organiche
<b>GEARBOX</b>	
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)
<b>IMPIANTO ELETTRICO</b>	
Potenza nominale PnG	5850 kW
Voltaggio nominale	3 x AC 800 V $\pm 10$ % (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 % $\pm 10$ %
Perdita di Potenza: Perdite inattive Perdite di cortocircuito	3000 W 70000 W
<b>QUADRO MT</b>	
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
<b>Interruttore</b>	
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

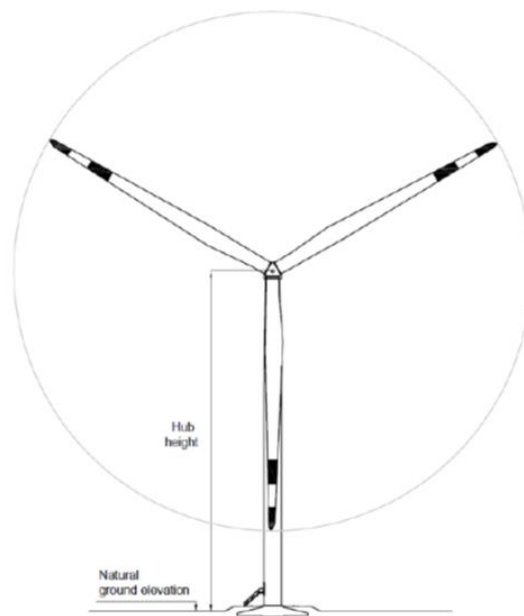
Commutazione di correnti capacitive	Min. C1 - low
<b>Sezionatore</b>	
Numero di cicli di commutazione con corrente nominale	E3
Numero di cicli di commutazione con interruzione corrente da cortocircuito	E3
Numero di cicli di commutazione meccanica	M1
<b>Sezionatore</b>	
Numero di cicli di commutazione meccanica	M0
<b>Interruttore di terra</b>	
Numero di cicli di commutazione con interruzione corrente nominale da cortocircuito	E2
Numero di cicli di commutazione meccanica	≥ 1000
<b>GENERATORE</b>	
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
<b>RAFFREDDAMENTO</b>	
<b>Gearbox</b>	
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
<b>Scatola Generatore e Convertitore</b>	
Tipo	Circuito idrico con scambiatore di calore acqua / aria e bypass termico
Refrigerante	Refrigerante a base di acqua e glicole
<b>TRASFORMATORE</b>	
tipologia	Trasformatore a immersione in liquido di progettazione ecocompatibile.
Tipologia di raffreddamento	KF/WF
Potenza nominale	7000 kVA
<b>SISTEMA DI PASSO</b>	
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
<b>SISTEMA DI IMBARDATA</b>	
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)

**PESI APPROSSIMATIVI DELLE COMPONENTI L'AEROGENERATORE**

**Peso della navicella senza trasmissione (drive train)**

69.0 t

<b>Peso della sola trasmissione (drive train)</b>	70.0 t
<b>Peso del mozzo (inclusi i cuscinetti delle pale)</b>	65.0 t
<b>Peso della pala (ognuna)</b>	25.0 t
<b>Peso massimo della sezione di torre</b>	Sezione singola in acciaio max: 80.0 t



**Figura 12** Aerogeneratore con indicazione dell'altezza Hub rispetto al suolo

La torre, il generatore e la cabina di trasformazione andranno a scaricare su una struttura di fondazione in cemento armato di tipo diretto che è stata dimensionata sulla base degli studi geologici e dell'analisi dei carichi trasmessi dalla torre.

Le verifiche di stabilità del terreno e delle strutture di fondazione sono eseguite con i metodi ed i procedimenti della geotecnica, tenendo conto delle massime sollecitazioni sul terreno che la struttura trasmette.

Le massime sollecitazioni sul terreno sono calcolate con riferimento ai valori nominali delle azioni. Il piano di posa delle fondazioni è ad una profondità tale da non ricadere in zona ove risultino apprezzabili le variazioni stagionali del contenuto d'acqua.

#### 4.6.2 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 30 kV con apposito trasformatore all'interno dell'aerogeneratore stesso.

#### **4.6.3 Sistemi elettrici e di controllo esterni**

L'energia prodotta verrà trasportata alla sottostazione elettrica 150/30 kV, per la consegna sulla rete fisica di TERNA, tramite linee interrate che saranno ubicate preferibilmente lungo la rete viaria esistente, mentre il destinatario commerciale dell'energia sarà il GSE

Il cavo, all'interno della trincea, sarà posizionato ad una profondità minima di 1,1 m. Tutto il cavidotto sarà realizzato il più possibile aderente ai tracciati stradali esistenti e collegherà gli aerogeneratori alla rete nazionale di distribuzione elettrica.

#### **4.6.4 Descrizione dei componenti principali**

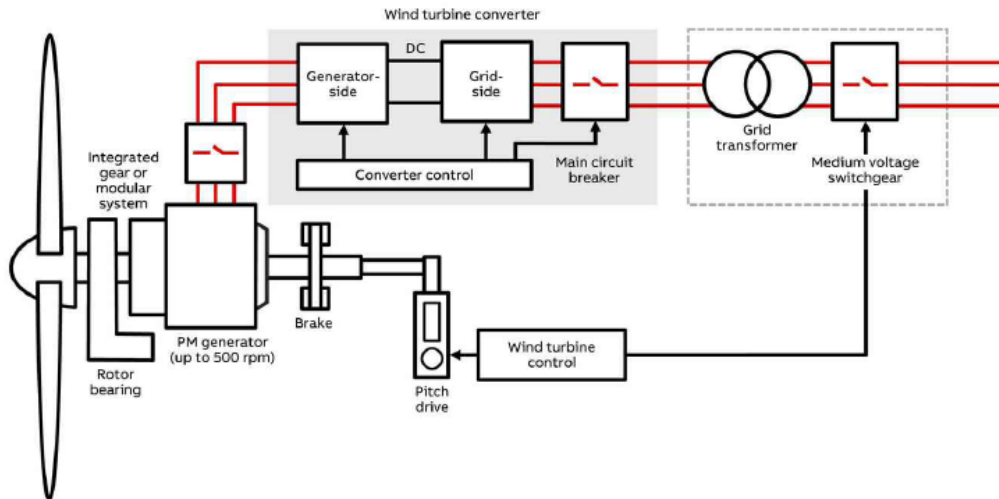
All'interno dell'aerogeneratore, la tensione a 0,72 kV prodotta dalla macchina verrà elevata a 30 kV tramite le seguenti componenti all'interno dello stesso:

- l'arrivo del cavo BT (0,72 kV) dall'aerogeneratore;
- il trasformatore BT/MT (0,72/30 kV);
- la cella MT (30 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 30 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.



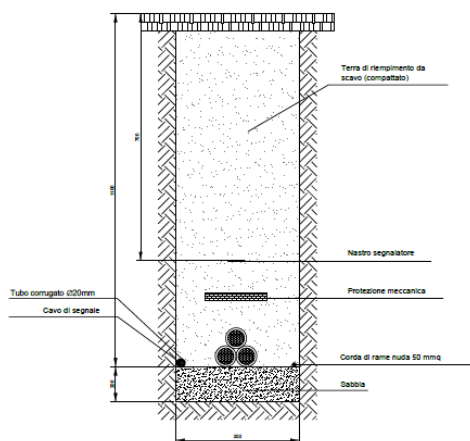


**Figura 13** Schematico aerogeneratore

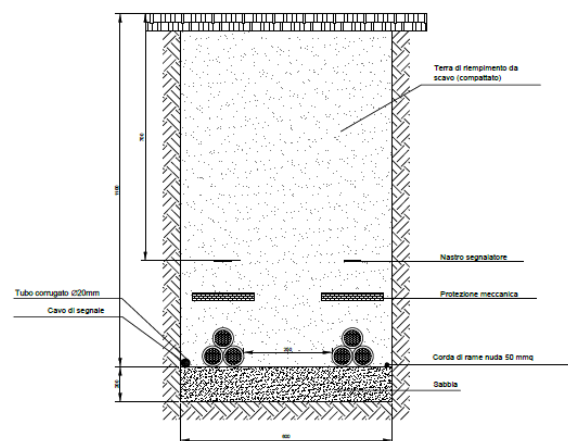
Il trasporto dell'energia in MT avviene mediante cavi, con conduttore in alluminio, che verranno posati ad una profondità di circa 1,1 m con una protezione meccanica (lastra o tegolo) ed un nastro segnalatore.

I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligata che per una terna avrà una larghezza di 30 cm, con due terne avrà una larghezza di 60 cm.

(A) TIPICO CAVIDOTTO MT – SINGOLA TERNA  
 POSA INTERRATA NELLA CONFIGURAZIONE A TRIFOGLIO (ELICA VISIBILE)



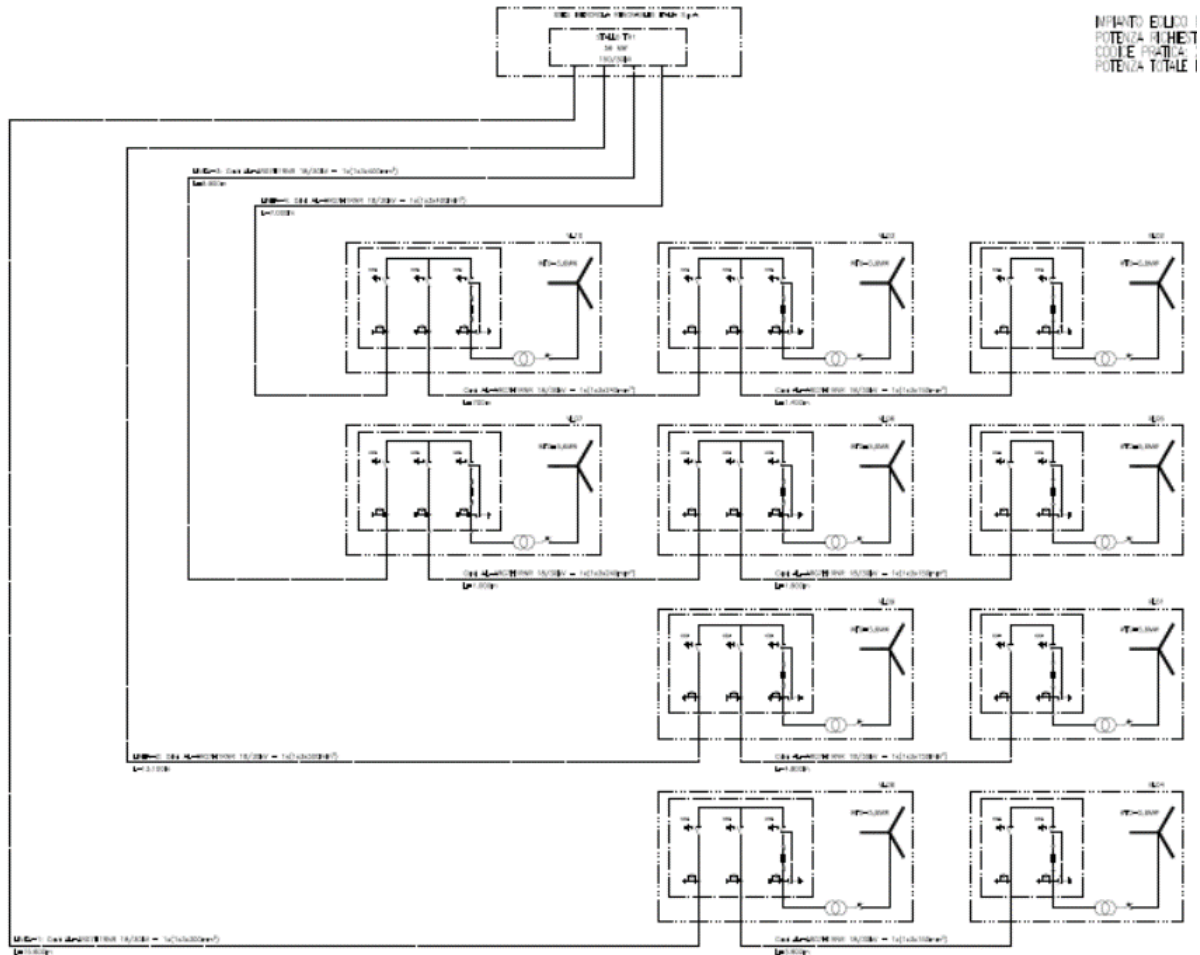
(B) TIPICO CAVIDOTTO MT – DOPPIA TERNA  
 POSA INTERRATA NELLA CONFIGURAZIONE A TRIFOGLIO (ELICA VISIBILE)



**Figura 14** Sezioni trincee per posa cavidotti MT

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

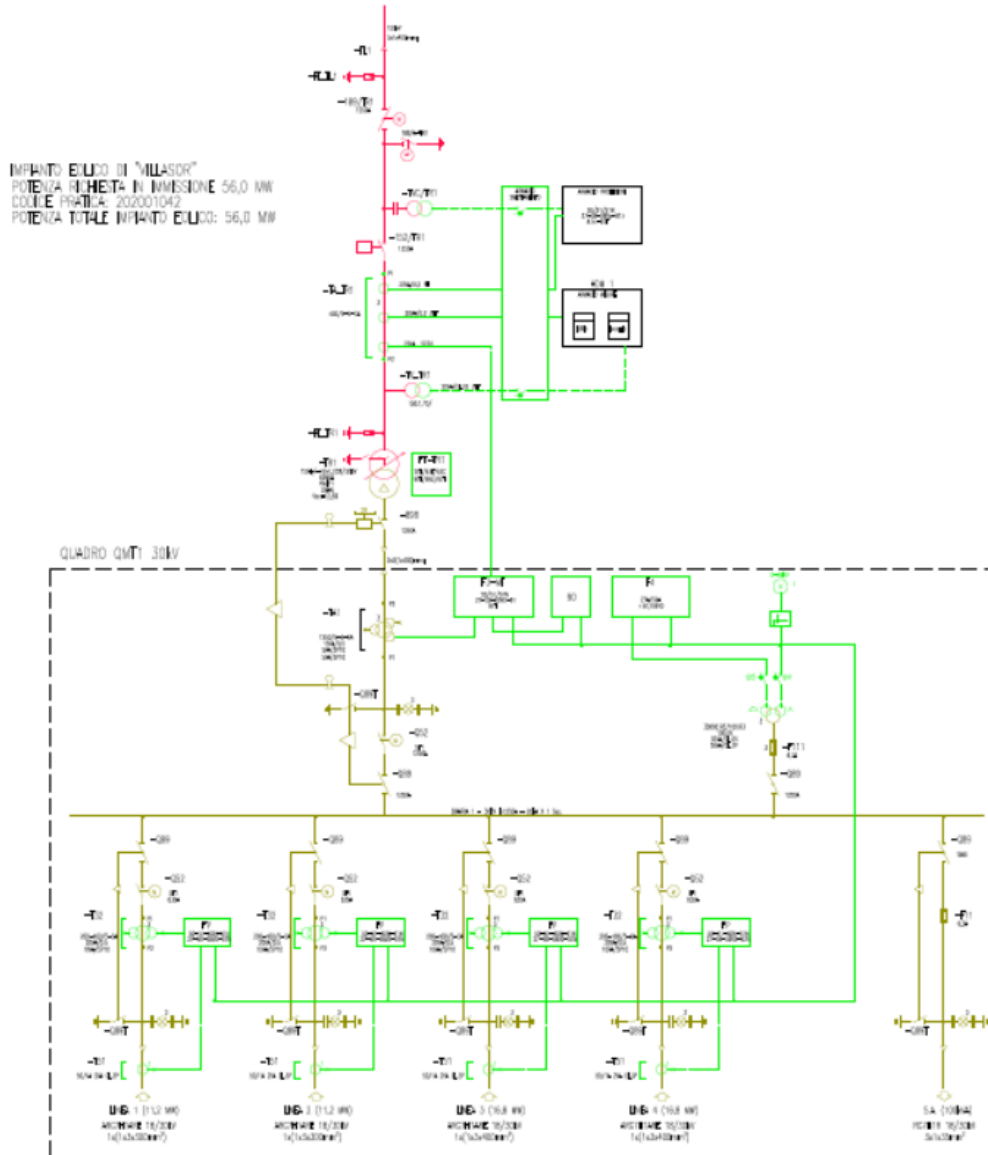
Le macchine saranno suddivise in due sottocampi composti rispettivamente da tre e due macchine, a seconda della viabilità esistente, collegate tra loro attraverso uno degli scomparti di media tensione della macchina più vicina al punto di raccolta.



**Figura 15** Schema elettrico MT aerogeneratori

Da tale punto partiranno i collegamenti alla stazione utente MT/AT per la successiva connessione alla RTN.

AD AREA COMUNE PER LA CONNESSIONE DEL NUOVO STALLO A 150KV NELLA STAZIONE 220/150KV "VILLASOR" DI TERNA



**Figura 16** Schema elettrico unifilare SSE Utente

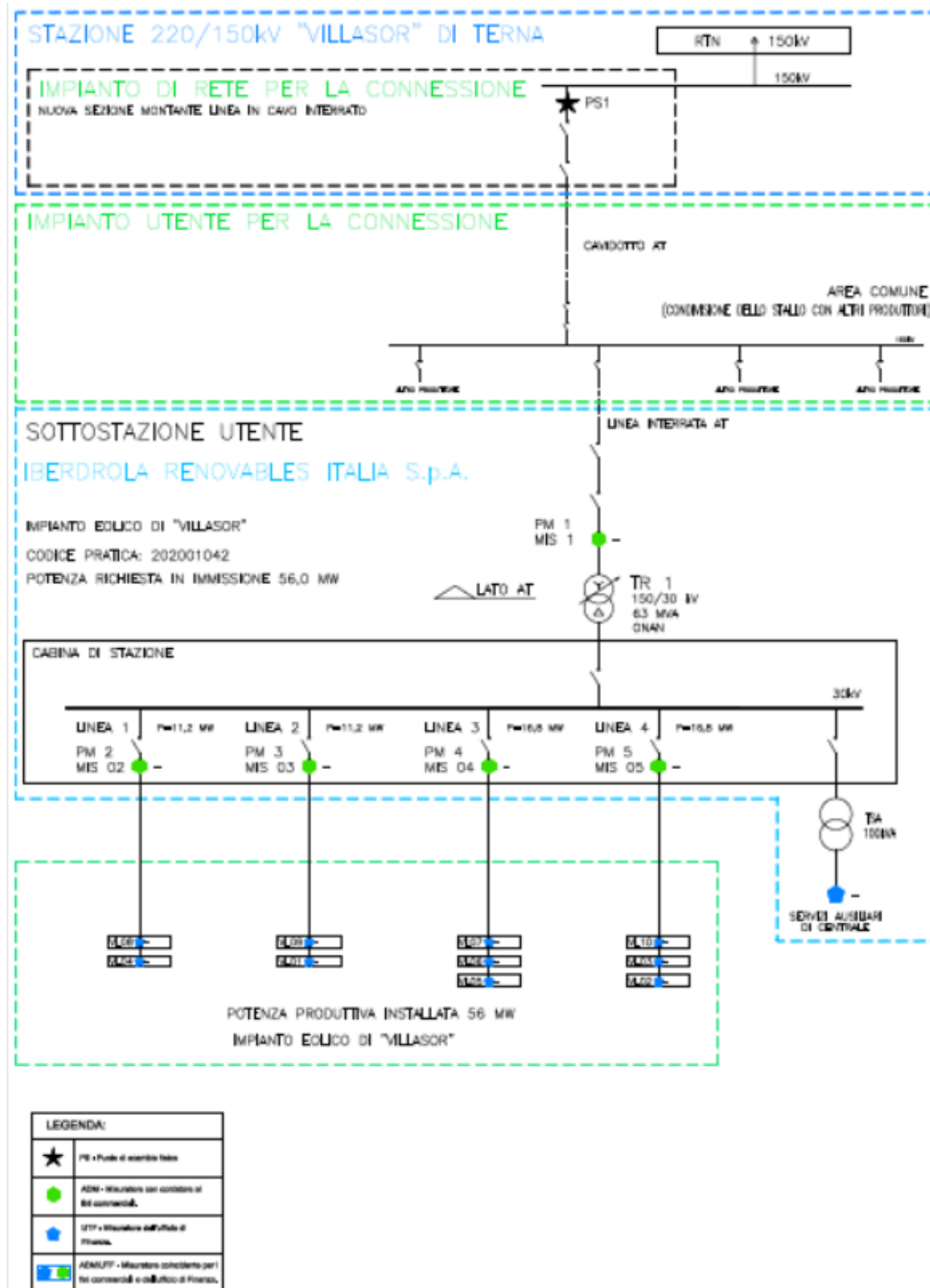
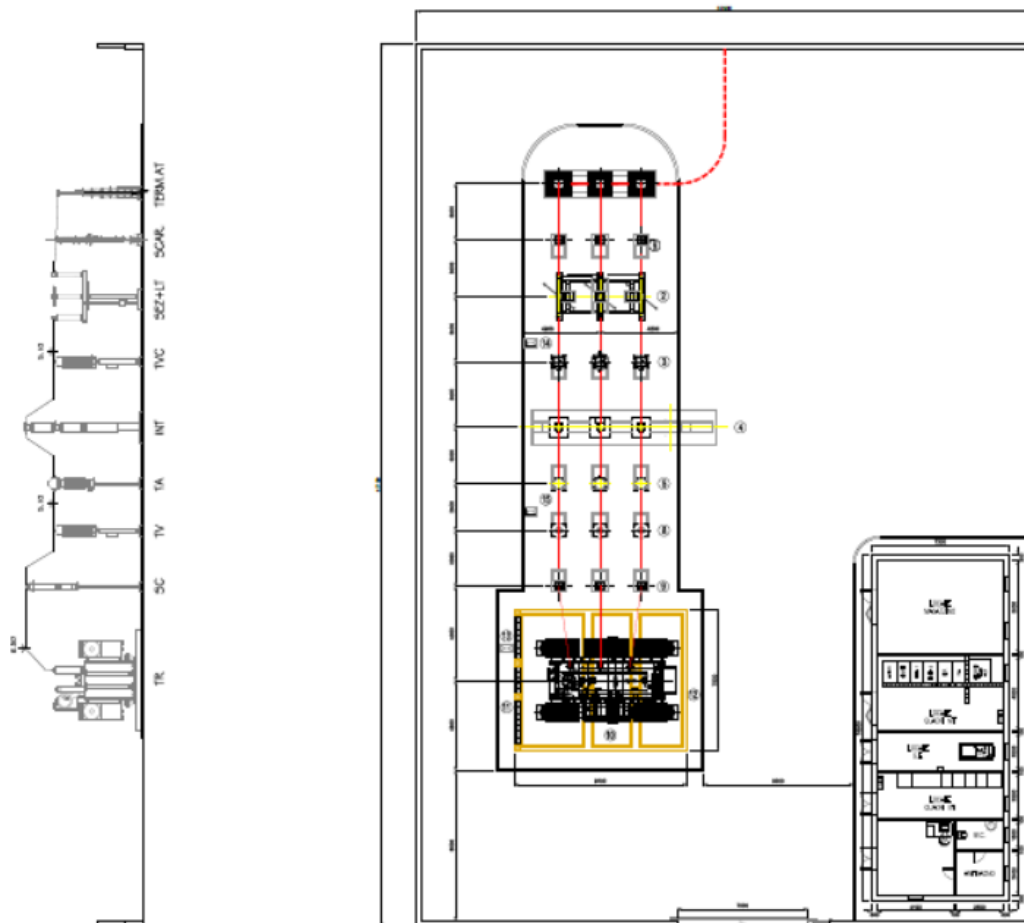


Figura 17 Schema a blocchi Impianto di progetto

#### 4.6.5 Stazione di trasformazione utente

La stazione di trasformazione utente, riceve l'energia proveniente dal parco eolico e la eleva alla tensione di 150kV.

La stazione utente sarà costituita da due sezioni, in funzione dei livelli di tensione: la parte di media tensione, contenuta all'interno delle cabine di stazione e dalla parte di alta tensione costituita dalle apparecchiature elettriche con isolamento in aria, ubicate nell'area esterna della stazione utente. Le cabine di stazione sono costituiti dai locali contenenti i quadri di MT con gli scomparti di arrivo/partenza linee dagli aerogeneratori, dagli scomparti per alimentare il trasformatore BT/MT dei servizi ausiliari di cabina, dagli scomparti misure e protezioni MT e dagli scomparti MT per il collegamento ai trasformatori MT/AT, necessari per il collegamento RTN. La sezione di alta tensione della stazione utente è costituita da un sistema a singola terna di sbarre con due stalli trasformatore AT/MT.



**Figura 18** Planimetria e sezione elettromeccanica SSE Utente

#### 4.6.6 Impianto di rete per la connessione della SSEU

Lo stallo di trasformazione "utente" verrà connesso alla rete elettrica nazionale mediante la Cabina Primaria TERNA in AT a 150 kV.

Per quanto concerne le specifiche tecniche dei cavidotti interrati MT ed AT, la stazione di utenza e le stazioni RTN si rimanda ai seguenti elaborati:

"Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici"

#### 4.7 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.

Vengono qui riassunti i principali aspetti del funzionamento della centrale eolica soffermando l'attenzione sulle funzioni di controllo, regolazione e supervisione svolte dalle apparecchiature e componenti cui tali funzioni sono delegate.

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.

## 5 INFRASTRUTTURE ED OPERE CIVILI

### 5.1 Inquadramento geologico generale

In Sardegna sono presenti tre grandi complessi geologici: il basamento metamorfico paleozoico, il complesso intrusivo tardo-paleozoico, le coperture sedimentarie e vulcaniche tardo-paleozoiche, mesozoiche e cenozoiche.

Il Foglio Assemini della cartografia CARG è costituito principalmente da rocce quaternarie e paleozoiche, sono poi subordinatamente presenti rocce vulcaniche e sedimentarie terziarie.

L'area oggetto di studio è caratterizzata dai depositi quaternari che rappresentano in gran parte depositi continentali, mentre i sedimenti marini sono limitati e attribuiti al Pleistocene superiore (Tirreniano) e all'Olocene.

Il "Quaternario antico" Auct. (Pleistocene) è rappresentato principalmente dalle cosiddette "Alluvioni antiche" Auct., diffuse in tutta l'Isola, ma in particolare nella piana del Campidano, nella piana del Cixerri e in Nurra. Si tratta prevalentemente di sedimenti fluviali di conoide e di piana alluvionale, depositi durante le fasi climatiche freddo-aride e reinci e terrazzati in condizioni caldo-umide.

Nel Foglio Assemini i depositi quaternari sono costituiti principalmente da sedimenti fluviali di sistema di conoide e di piana alluvionale.

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.

Affiorano estesamente in tutta l'area interessata, dove ricoprono i sedimenti del sistema di Portovesme e sono ricoperti dai depositi alluvionali attuali. Si tratta di ghiaie a stratificazione incrociata concava deposte all'interno di canali bassi e poco continui, alternate a ghiaie a stratificazione piano parallela (Cuccuru Canalis, Gironi Argiu, Pedemontana bivio Uta). Talora i canali solcano anche il substrato. In alcune sezioni sono presenti livelli sabbiosi a stratificazione piano parallela o incrociata concava e sottili livelli pedogenizzati da suoli poco sviluppati.

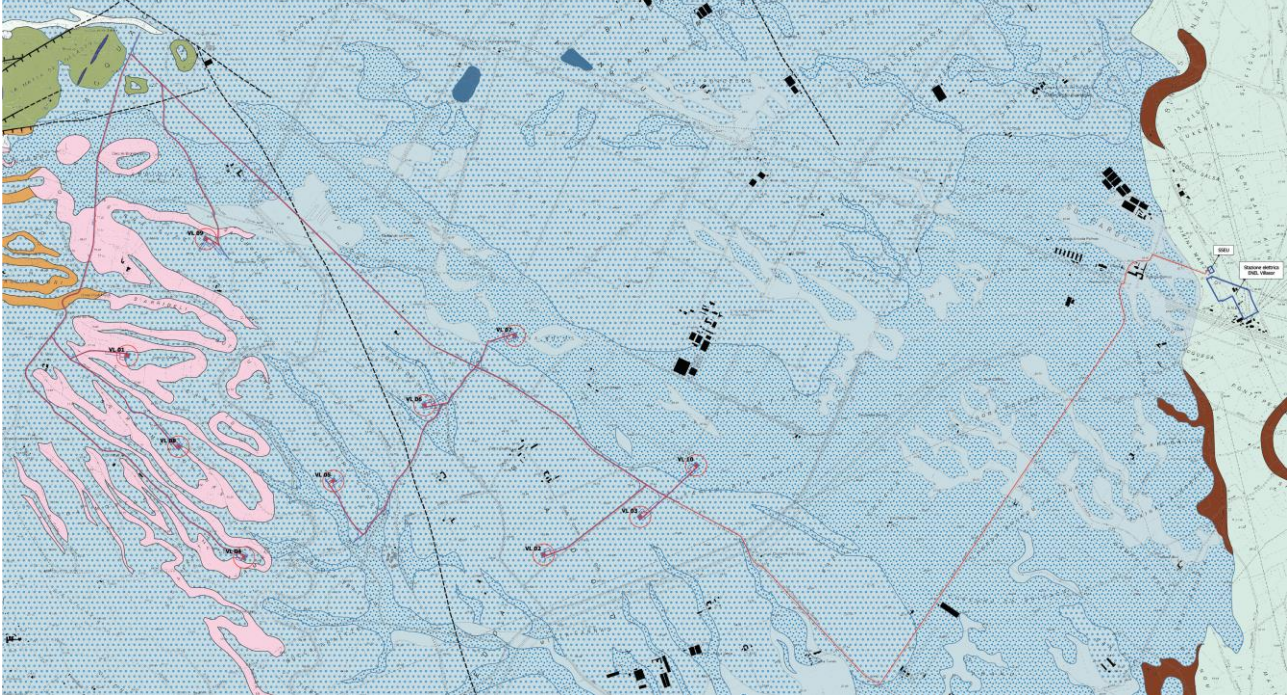
Sono depositi posti ai lati dei letti attuali o dei tratti di alveo regimati ed in genere non interessati dalle dinamiche in atto. Tratti limitati di questa unità potrebbero però essere interessati da dinamiche alluvionali durante eventi idrometeorici eccezionali.

Localmente la mancanza di differenze piano altimetriche marcate ha impedito di stabilire quali fossero i tratti interessati da dinamiche precedenti la situazione idrografica attuale. La situazione è infatti alquanto variabile da settore a settore.

In particolare, la maggiore articolazione del paesaggio si ha in corrispondenza delle conoidi alluvionali dato che sono state osservate vere e proprie conoidi telescopiche. Localmente però, tra una fase deposizionale e l'altra sono presenti importanti approfondimenti del reticolo idrografico sino al substrato.

Il settore orientale della pianura tra Villasor e Decimomannu è costituito da una successione di sedimenti alluvionali

grossolani che degradano progressivamente verso il Flumini Mannu.



**Figura 19** Sovrapposizione dell'impianto su litologia

Per quanto riguarda la categoria di sottosuolo, ci si baserà, anche in questo caso, su dati bibliografici e su progetti eseguiti nei dintorni dell'area in esame, in condizioni litostratigrafiche simili.

Considerando che i vari litotipi presenti ci si aspetterebbe un  $V_{s30}$  compreso tra 360 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**:

*" 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 e 800 m/s (ovvero  $N_{SPT,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina)".*

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.

## 5.2 Fondazione Aerogeneratore

Il dimensionamento della fondazione di ogni aerogeneratore è effettuato sulla base dei parametri geotecnici derivanti dalle prove in sito e di laboratorio su campioni prelevati nel corso di appositi sondaggi in fase di progettazione definitiva e poi di progettazione esecutiva.

Dal punto di vista geotecnico sono stati presi in considerazione dati di letteratura geologica e dati presenti su internet su terreni simili e nelle vicinanze dell'area interessata.

Questi dati in fase definitiva possono dare un quadro conoscitivo generale per stimare le dimensioni e le caratteristiche



delle fondazioni, per la quale vista la natura dei terreni attraversati e dalle caratteristiche fisico-meccaniche si ipotizza di tipo indiretta.

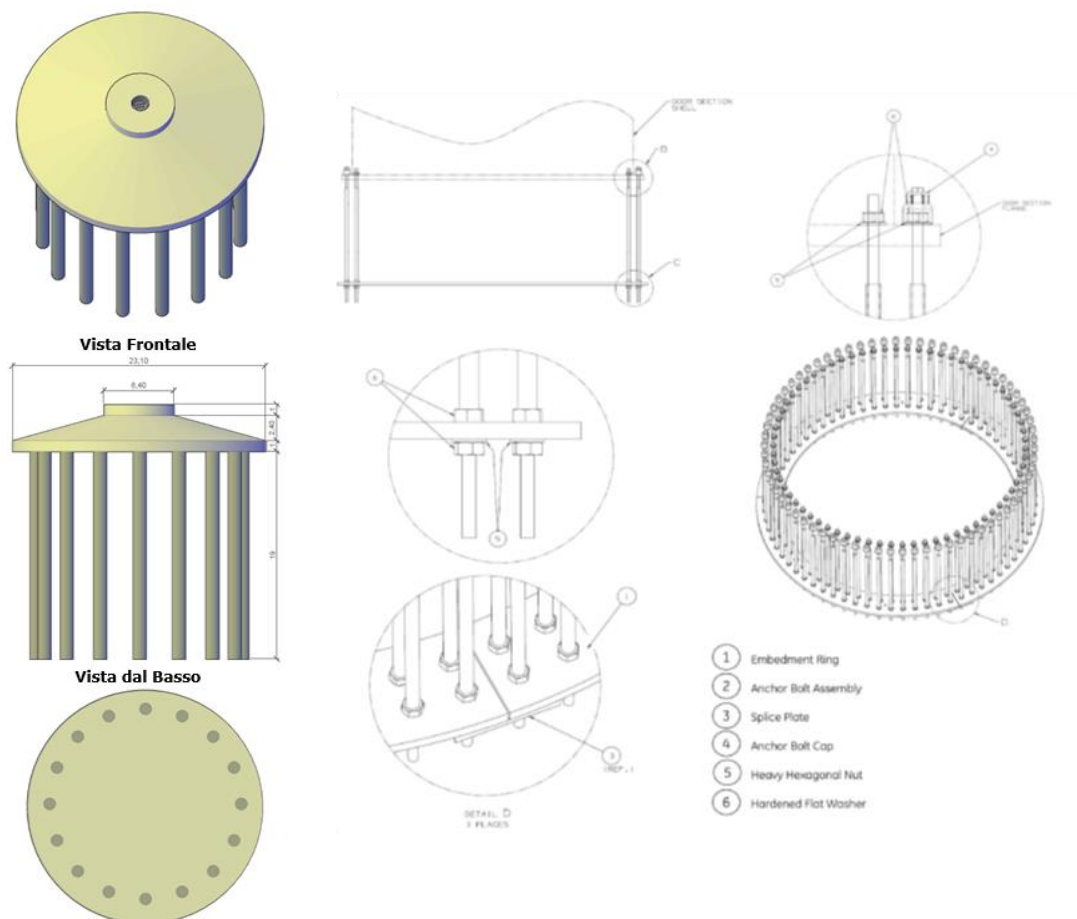
I carichi agenti sulle opere di fondazione sono essenzialmente quelli scaricati dalle torri e la valutazione dei carichi e dei sovraccarichi sarà effettuata in accordo con le disposizioni del punto 3.1 del D.M. 2018.

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.

La fondazione indiretta sarà costituita da una piastra tronco conica avente diametro pari a 23,10m e un'altezza complessiva di 4,40m, collegata a 16 pali di diametro 120cm e altezza 19m.

La piastra di fondazione avrà forma in pianta circolare e sezione trapezia con altezza al bordo pari a 1,00 m e in corrispondenza della parte centrale pari a 2,40m, a cui si aggiungono altri 100 cm di colletto.

Vengono riportate di seguito una vista assonometrica, vista frontale e dal basso, allo scopo di consentire una migliore comprensione della struttura oggetto della presente relazione



**Figura 20** Tipologia di fondazione studiata per l'aerogeneratore ed il sito in progetto con particolare dell'anello di ancoraggio

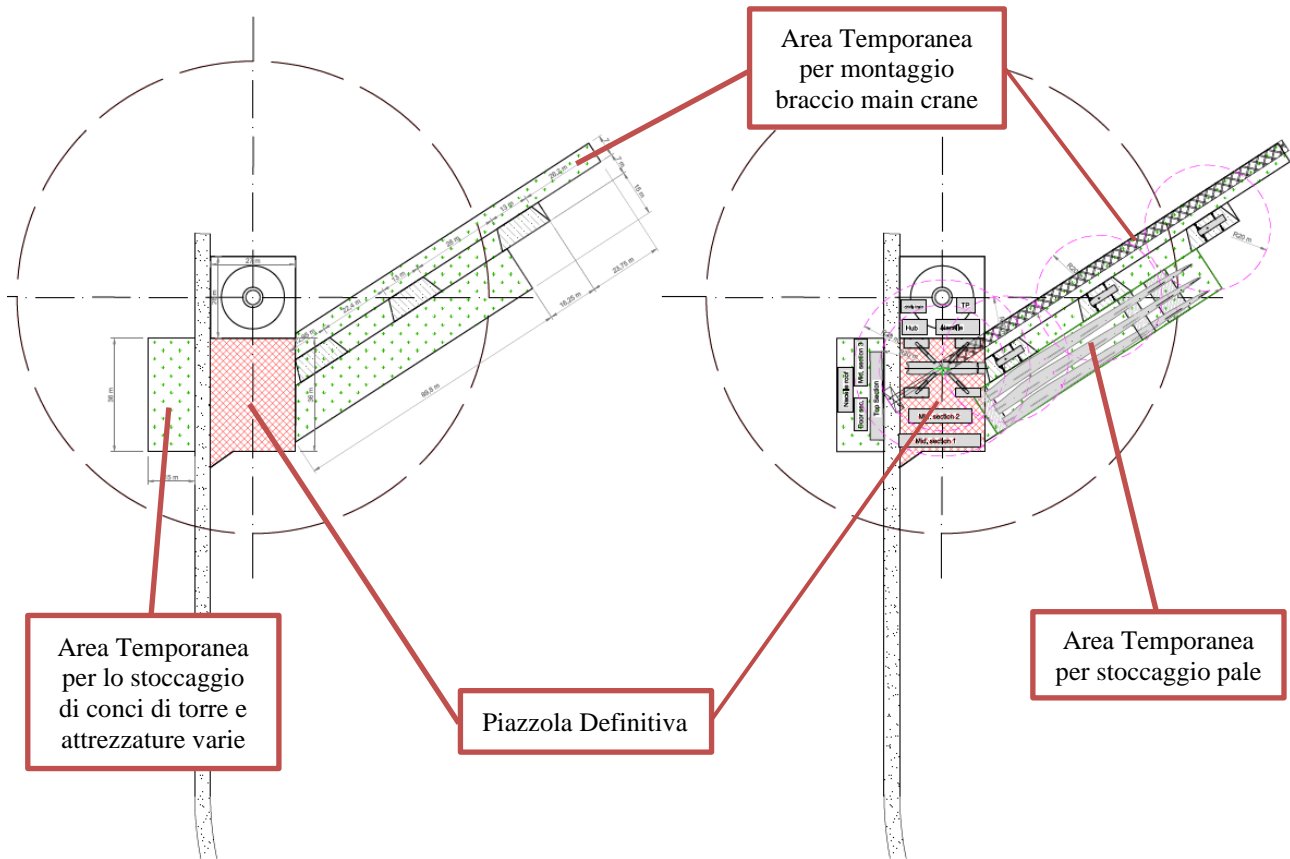
Nella fondazione, oltre al sistema di ancoraggio della torre, saranno posizionate le tubazioni passacavo in PVC corrugato, nonché gli idonei collegamenti alla rete di terra e successivamente, alla fine della realizzazione della fondazione, si provvederà al rinterro della stessa.

### 5.3 Piazzole aerogeneratori

Per consentire il montaggio degli aerogeneratori dovrà predisporre, 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 per lo stoccaggio del resto delle componenti della navicella, dei conci di torre e di ulteriori componenti e attrezzature necessari al montaggio, infine sarà necessaria un'ulteriore area di circa 112 x 17 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.



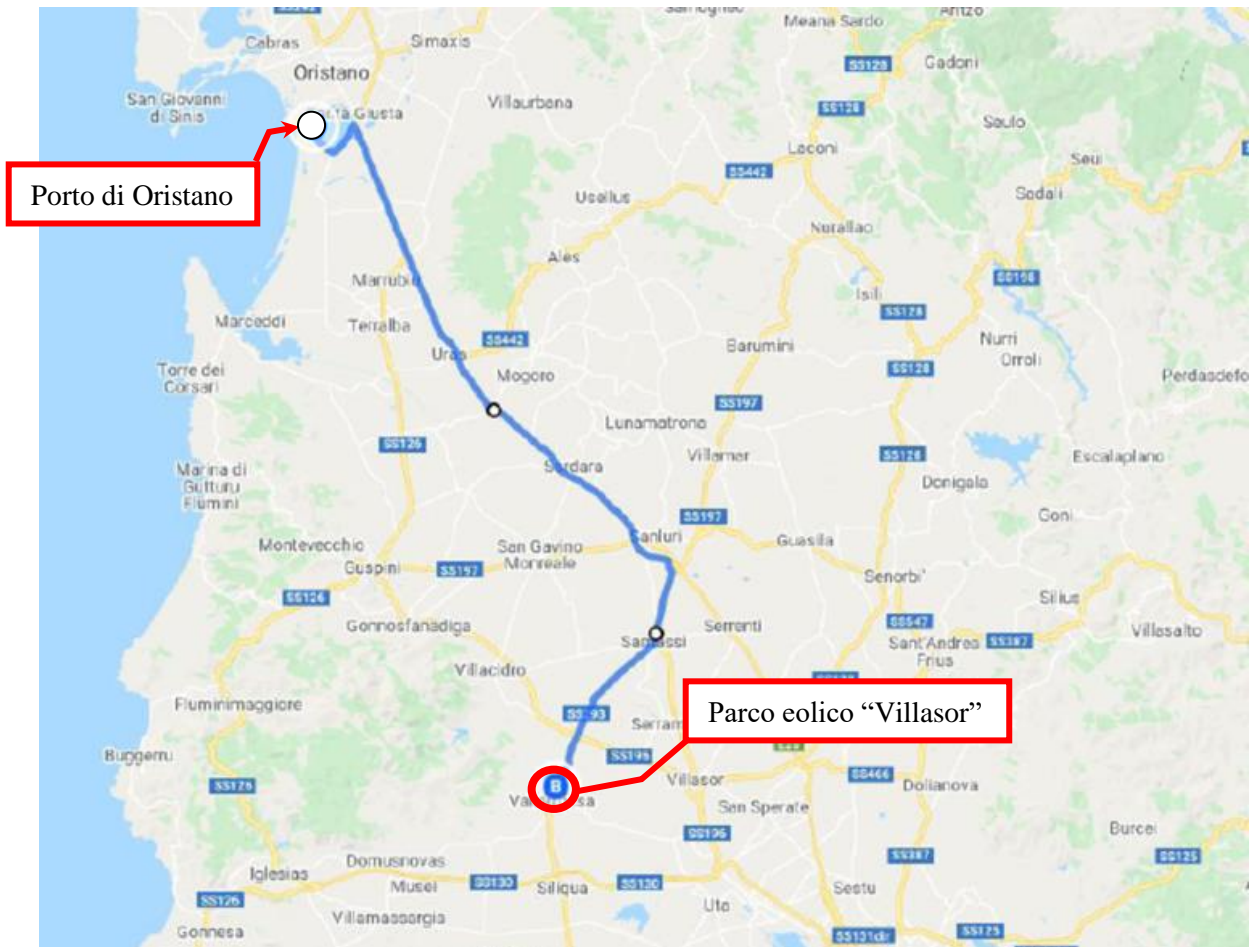
**Figura 21** Piazzola aerogeneratore durante la fase di montaggio con indicazione delle aree definitive (in rosso) e temporanee (in verde) e posizionamento indicativo delle componenti necessarie al montaggio (a destra)

## 5.4 Strade di accesso e viabilità di servizio

### 5.4.1 Viabilità di accesso al Sito

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 ai Comuni di Villasor e decimoputzu, con trasporto gommato. I mezzi utilizzati a tale scopo 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. Data la configurazione orografica del territorio e le particolari condizioni di percorribilità degli assi viari coinvolti, non si presentano particolari criticità.

La viabilità, come sopra descritto, avrà inizio dal Porto di Oristano e attraverserà, in ordine di percorrenza, Oristano (Porto), SP49, SS131, Complanare Ovest Serrenti, fino ad arrivare agli accessi al sito;



**Figura 22** *Inquadramento viabilità dal porto di Oristano al sito*

Questa viabilità, caratterizzata da ampi raggi di curvatura e spazi necessari alle varie manovre di cambio direzione con una sufficiente larghezza della carreggiata, potrà essere percorsa con mezzi con carrelli ribassati così da poter superare senza particolari difficoltà eventuali ostacoli che necessitano di mezzi con altezze regolamentari, come ad esempio il sottopassaggio di ponti stradali, ma di contro caratterizzati da notevoli dimensioni in lunghezza.

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: si opererà per il trasporto fisso in orizzontale con i sistemi "SWC" ("Super Wing Carrier") o "RBTS" ("Rotor Blade Transport System" o più conosciuto come "DOLL System).





**Figura 23** Esempio di trasporto pale tipologia RBTS

Lungo il tragitto si potranno rendere necessari alcuni interventi per permettere il passaggio dei mezzi in tutta sicurezza. Questi interventi, nella maggior parte dei casi, possono essere classificati secondo gradi di difficoltà come riportato nella seguente tabella:

class	category	description
1	easier route section	<b>Minor modifications necessary</b> , like e.g. removing road signs or arranging a parking restriction.
2	moderate route section	<b>Modifications necessary</b> , like e.g. removing signs, fixing a traffic refuge or pedestrian path, covering with steel plates or concrete and some smaller road constructions / modifications
3	complex route section	<b>Large modifications necessary</b> , like e.g. removing crash barriers, reconstruction of roundabouts, establishment of turn funnels, road enlargements, turning maneuver in general, private and undeveloped properties are affected, traffic lights and street lamps must be removed, considerable long term construction site with a high licensing effort by private and Public Authority.
4	difficult route section	<b>Passage is doubtful</b> , some additional investigations are necessary (e.g. expertise, swept path analysis, simulations or dummy runs)

La classificazione prevede misure di intervento con quattro diversi gradi di difficoltà: dalle più semplici, classi 1 e 2, riguardanti rispettivamente interventi di tipo moderato come adeguamenti stradali leggeri, eliminazione di segnaletica

	<p style="text-align: center;"><b>PARCO EOLICO DI "VILLASOR"</b></p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA GENERALE</p>	 Ingegneria & Innovazione		
		24/09/2021	REV: 1	Pag.46

stradale verticale e di siepi e regolamentazione del traffico, alle più complesse, classi 3 e 4, che contemplano interventi più invasivi e pesanti come la rimozione di guard rail, ricostruzione di rotatorie, ampliamenti stradali, manovre complesse di svolta, interessamento di proprietà private e autorità pubbliche fino a dover effettuare ulteriori studi specialistici e delle vere e proprie simulazioni di passaggio.

#### 5.4.2 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.

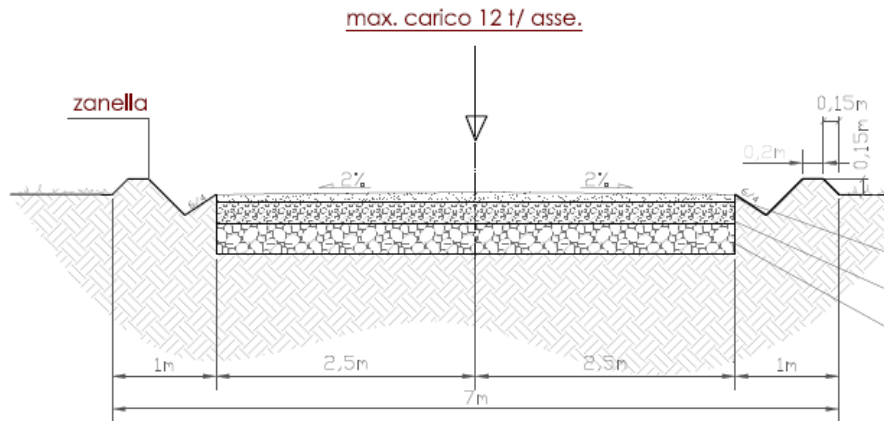
Complessivamente gli assi stradali interni al sito sommano a 15.301,00 m di cui oggetto di intervento circa 12.370,00 m, a loro volta suddivisi in 9.125,00 m riguardanti la viabilità esistente da adeguare e solamente 3.245,00 m riguardanti nuova viabilità da realizzare; dunque nel complesso per una potenza di 56.0 MW di nuovo impianto occorrerà realizzare solamente 3.245,00 m di nuove strade sterrate pari a circa il 21% di tutta la viabilità presente. 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 circa 5,00 m per il rettilineo, 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.

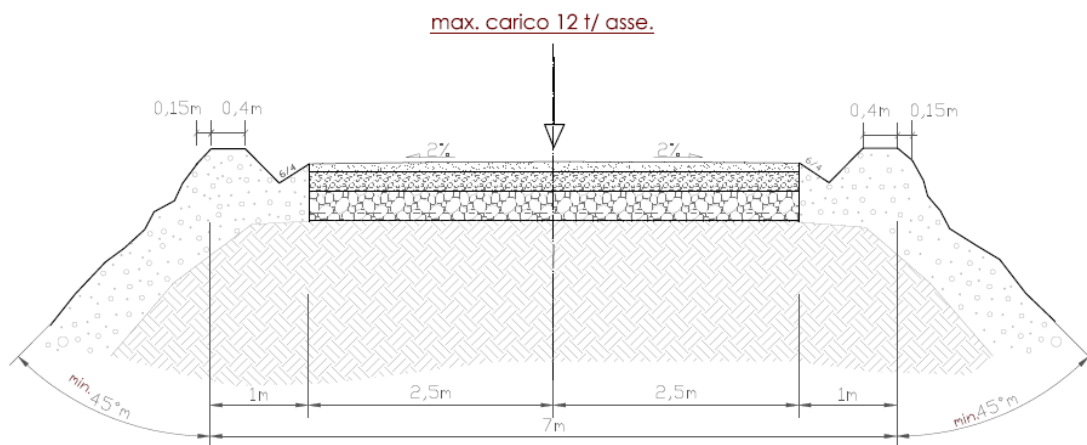
Le pendenze raggiungibili dagli assi stradali saranno del 10% circa in condizioni non legate, del 12-14% con accorgimenti (asfalto o cemento) mentre per pendenze maggiori si dovrà ricorrere al traino ed in ogni caso bisognerà valutare in accordo con il trasportista.

La sezione stradale sarà realizzata in massicciata 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.

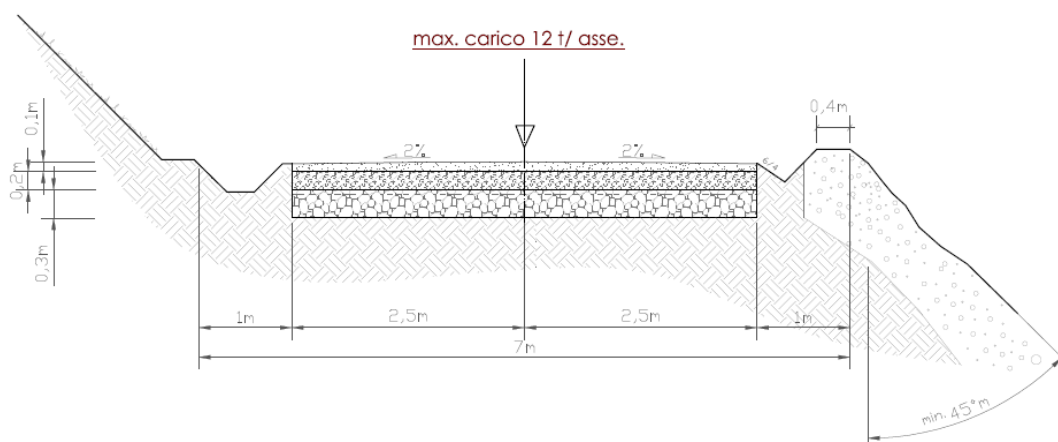
Si riportano di seguito le sezioni tipo adottate per la viabilità, rinviando gli approfondimenti allo specifico elaborato grafico:



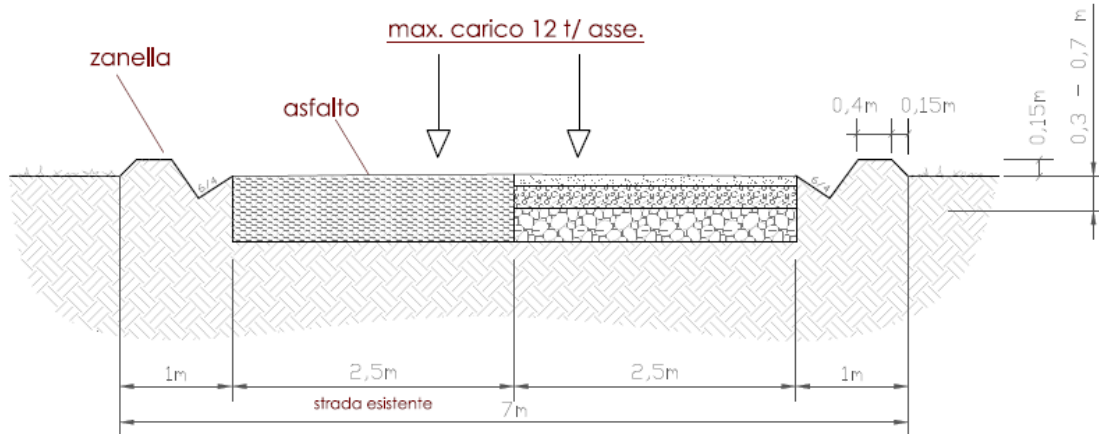
**Figura 24** Sezione stradale tipo in piano



**Figura 25** Sezione stradale tipo in rilevato



**Figura 26** Sezione stradale tipo a mezza costa



**Figura 27** Adeguamento della carreggiata in presenza di carreggiata esistente in asfalto

## 5.5 RILEVATI E SOVRASTRUTTURE – BONIFICHE E SOTTOFONDI

### 5.5.1 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. È richiesta particolare attenzione nella preliminare "gradonatura" dei piani di posa, nella profilatura esterna dei rilevati e nella conformazione planimetrica delle soprastrutture, specie nelle piazzole. 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 Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%						Terre limo-argillose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 > 35%				Torbe e terre organiche palustri A8			
	A1		A3	A2				A4	A5	A6		A7		
Gruppo	A 1-a	A 1-b		A 2-4	A 2-5	A 2-6	A 2-7				A 7-5	A 7-6		
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	> 35	> 35	
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI 2332														
Limite liquido	-	-	≤ 40	> 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	> 40	> 40	
Indice di plasticità	≤ 6	N.P.	≤ 10	≤ 10 max	≤ 10	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10 (P<sub>L10</sub>)	> 10 (P<sub>L10</sub>)	> 10	
Indice di gruppo	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:

<b>modulo resiliente del sottofondo</b>	<b>Indice CBR</b>	<b>Modulo di reazione</b>
$M_R = 150 \text{ N/mm}^2$	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 Mr di almeno 30 N/mm<sup>2</sup>, 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.

	<p style="text-align: center;"><b>PARCO EOLICO DI "VILLASOR"</b></p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA GENERALE</p>	 <p style="text-align: center;">Ingegneria &amp; Innovazione</p>		
		24/09/2021	REV: 1	Pag.50

### 5.5.2 *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<sup>2</sup> per piani di sbancamento o bonifica, e pari ad un "Mr" di almeno 80 N/mm<sup>2</sup> 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 Mr di almeno 80 N/mm<sup>2</sup> mentre per lo strato finale della soprastruttura è richiesto un Mr di almeno 100 N/mm<sup>2</sup>.

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.

### 5.5.3 *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/cm<sup>2</sup>;
- per rilevati da 4 a 10 m, si adoterà il campo delle pressioni compreso fra 1,5 e 2,5 daN/cm<sup>2</sup>.

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  $30 \text{ N/mm}^2$ , 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 sovrastrutture 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  $30 \text{ N/mm}^2$ , da determinarsi mediante prove di carico su piastra - con le modalità già definite in precedenza - con la frequenza di una prova ogni  $500 \text{ m}^2$  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  $30 \text{ N/mm}^2$ .

#### 5.5.4 *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  $M_d > 100 \text{ N/mm}^2$ .

### 5.6 **Verifica geotecnica della fondazione stradale**

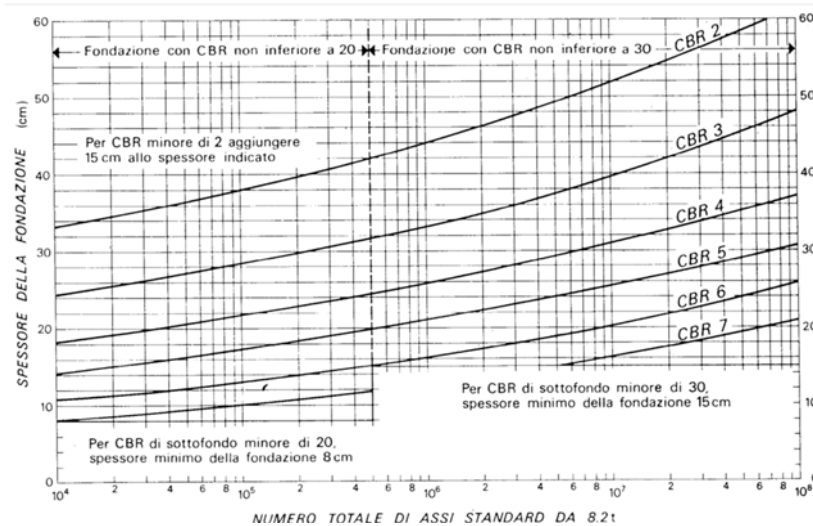
#### 5.6.1 *Caratteristiche geometriche delle strade e delle piazzole*

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.

#### 5.6.2 *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 28** 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.

## 6 OPERE DI INGEGNERIA AMBIENTALE

### 6.1 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 realizzati 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.



**Figura 29** 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 prevalentemente su battuti/tracce esistenti.

Nel complesso, il territorio è prevalentemente pianeggiante e, nella fattispecie, vista la natura dei terreni e la morfologia del territorio, non sono previsti interventi di consolidamento ma in ogni modo, ove se ne presentasse la necessità, si interverrà con geotessile per scarpate, declivi e comunque ove si ha la necessità di realizzare tratti in sopra o sotto

elevazione rispetto al piano carrabile e opere di drenaggio per il corretto deflusso delle acque. In generale l'intervento previsto per tutte le aree trasformate è "Idrosemina e rivestimenti antirosivi".

Le immagini che seguono mostrano esempi di inerbimento con il raffronto ante e post intervento:



## 6.2 Specifiche tecniche degli interventi

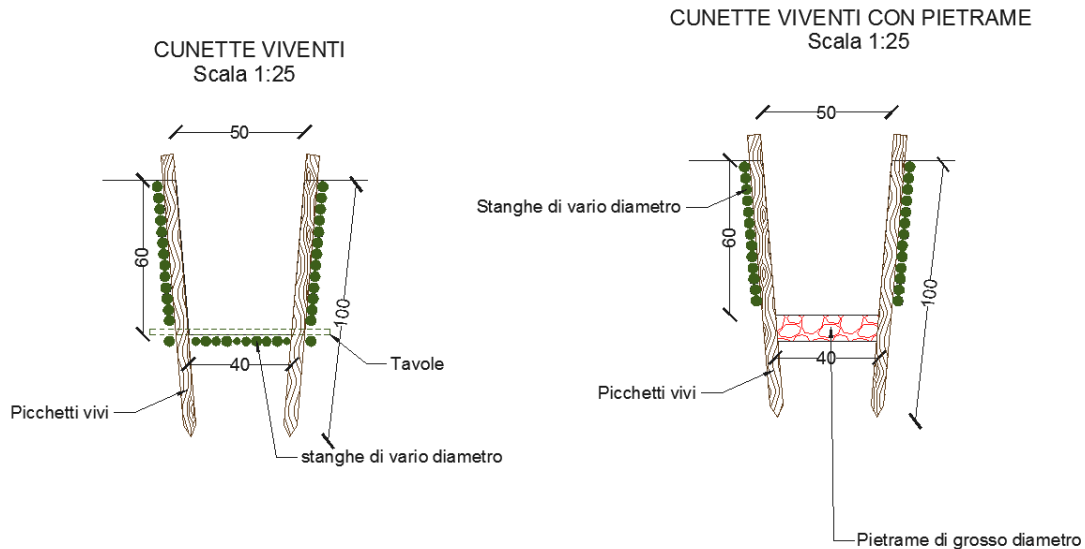
Di seguito si elencano alcuni interventi che possono trovare riscontro nei lavori di consolidamento e regimentazione delle acque meteoriche all'interno del parco e lungo la viabilità esterna di accesso.

### 6.2.1 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.

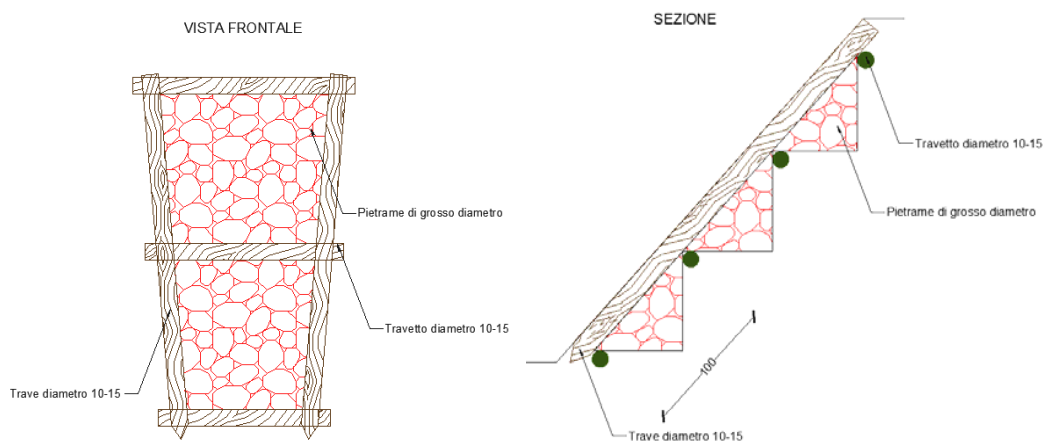


Descrizione dell'attività:

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.

### 6.2.2 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.



### 6.2.3 *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 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.

E' 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% almenolunghie 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. E' 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 30: 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 antierosivi 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.



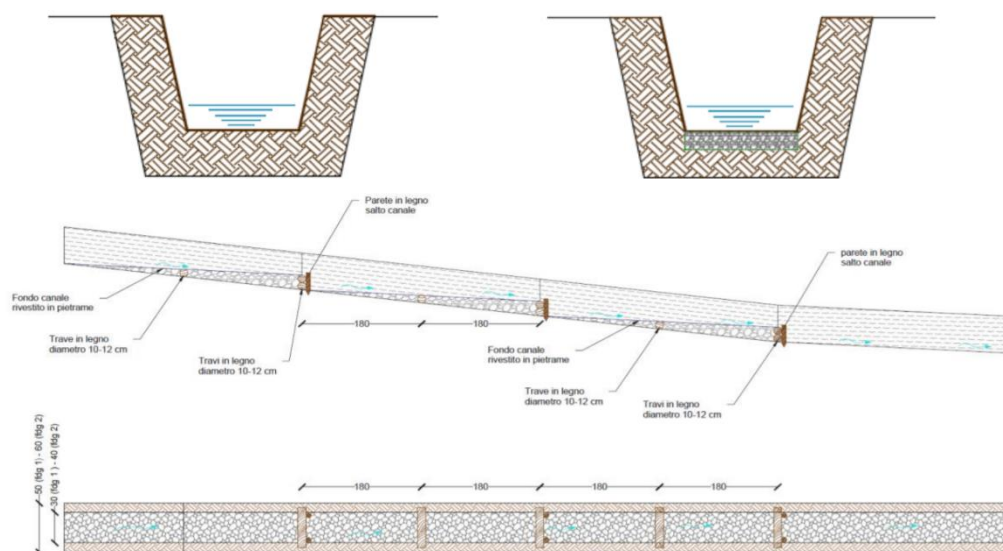
## 7 OPERE IDRAULICHE

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 31:** *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.

## 8 CAVIDOTTI

### 8.1 Generalità

Coerentemente con la suddivisione in sotto campi di cui si è già parlato, l'intero sistema di raccolta dell'energia dagli aerogeneratori verso le SSEU 30/150 kW è articolato su n.4 distinte linee elettriche a 30 kV, una per ciascun sotto campo. Dall'aerogeneratore capofila di ciascun sottocampo, infatti, si diparte una linea elettrica di vettoriamento in cavo interrato MT 30 kV, di sezione pari al massimo a 400 mm<sup>2</sup>.

Analogamente, gli aerogeneratori di ciascun sotto campo sono collegati fra loro in entra-esce con una linea elettrica in cavo interrato MT 30 kV, di sezione pari a crescente dal primo all'ultimo aerogeneratore.

Linea MT 1 - in cavo cordato ad elica visibile (Impianto Uente)									
N° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	VL04>>VL08	109,97	3900	150	210,7	0,702	37,5	0,001	ST - Trifoglio
2	VL08>>SSEU	219,94	15600	300	887,2	2,957	294,3	0,003	ST - Trifoglio
	<b>TOTALE</b>		<b>19500</b>		<b>1098</b>	<b>3,66</b>	<b>332</b>	<b>0,003</b>	
Linea MT 2 - in cavo cordato ad elica visibile (Impianto Uente)									
N° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	VL01>>VL09	109,97	4800	150	259,3	0,864	46,1	0,001	ST - Trifoglio
2	VL09>>SSEU	219,94	13100	300	745,0	2,483	247,1	0,002	ST - Trifoglio
	<b>TOTALE</b>		<b>17900</b>		<b>1004</b>	<b>3,35</b>	<b>293</b>	<b>0,003</b>	
Linea MT 3 - in cavo cordato ad elica visibile (Impianto Uente)									
N° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	VL05>>VL06	109,97	1900	150	102,6	0,342	18,3	0,000	ST - Trifoglio
2	VL06>>VL07	219,94	1000	240	68,4	0,228	23,4	0,000	ST - Trifoglio
3	VL07>>SSEU	329,91	8900	400	619,7	2,066	296,4	0,002	ST - Trifoglio
	<b>TOTALE</b>		<b>11800</b>		<b>791</b>	<b>2,64</b>	<b>338</b>	<b>0,002</b>	
Linea MT 4 - in cavo cordato ad elica visibile (Impianto Uente)									
N° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	VL02>>VL03	109,97	1400	150	75,6	0,252	13,5	0,000	ST - Trifoglio
2	VL03>>VL10	219,94	700	240	47,9	0,160	16,4	0,000	ST - Trifoglio
3	VL10>>SSEU	329,91	7000	400	487,4	1,625	233,1	0,001	ST - Trifoglio
	<b>TOTALE</b>		<b>9100</b>		<b>611</b>	<b>2,04</b>	<b>263</b>	<b>0,002</b>	

In generale, per tutte le linee elettriche, si prevede la posa direttamente interrata dei cavi, con protezioni meccaniche ove necessario, ad una profondità di 1,10 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.

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

## 8.2 Dati tecnici del cavo utilizzato

Sono stati adottati cavi in alluminio – ARG7H1RNR – 18/30 kV. 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 mm<sup>2</sup> (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.

### ARG7H1RNR-12/20 kV ÷ 18/30 kV ARG7H1RNRX-12/20 kV ÷ 18/30 kV

Costruzione, requisiti elettrici,  
fisici e meccanici: CEI 20-13  
IEC 60502  
EN 60228

Non propagazione della fiamma: EN 60332-1-2  
Non propagazione dell'incendio: CEI 20-22 III



#### ARG7H1RNR / Descrizione

- Cavi unipolari isolati in gomma HEPR di qualità G7, sotto guaina di PVC.
- Conduttore: alluminio, formazione rigida compatta, classe 2
- Strato semiconduttore interno: estruso
- Isolamento: gomma HEPR, qualità G7 senza piombo
- Strato semiconduttore: estruso, pelabile a freddo
- Schermo: fili di rame rosso con nastro di rame in controspirale
- Guainetta: PVC
- Armatura: due nastri di alluminio, avvolti a coprigiunto
- Guaina: mescola a base di PVC, qualità Rz
- Colore: rosso

#### ARG7H1RNRX / Descrizione

- Cavi tripolari precordati, isolati in gomma HEPR di qualità G7, sotto guaina di PVC.
- Conduttore: alluminio, formazione rigida compatta, classe 2
- Strato semiconduttore interno: estruso
- Isolamento: gomma HEPR, qualità G7 senza piombo
- Strato semiconduttore: estruso, pelabile a freddo
- Schermo: fili di rame rosso con nastro di rame in controspirale
- Guainetta: PVC
- Armatura: due nastri di alluminio, avvolti a coprigiunto
- Guaina: mescola a base di PVC, qualità Rz
- Colore: rosso

#### Marcatura

Pb free LA TRIVENETA CAVI ARG7H1RNR [tens. nominale] [form.] [anno] [ordine] [metrica]  
Pb free LA TRIVENETA CAVI ARG7H1RNRX [tens. nominale] [form.] [anno] [ordine] [metrica] FASE 1/2/3

#### Caratteristiche funzionali

- Tensione nominale di esercizio  
ARG7H1RNR(X) -12/20 kV: U<sub>o</sub>/U 12/20 kV  
ARG7H1RNR(X) -18/30 kV: U<sub>o</sub>/U 18/30 kV
- Tensione U max:  
ARG7H1RNR(X) -12/20 kV: U<sub>m</sub> 24 kV  
ARG7H1RNR(X) -18/30 kV: U<sub>m</sub> 36 kV
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura minima di esercizio: -15°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche)
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C

#### ARG7H1RNR / Condizioni di posa

- Temperatura minima di posa: 0°C
- Raggio minimo di curvatura consigliato: 14 volte il diametro del cavo
- Massimo sforzo di trazione consigliato: 50 N/mm<sup>2</sup> di sezione del conduttore

#### ARG7H1RNRX / Condizioni di posa

- Temperatura minima di posa: 0°C
- Raggio minimo di curvatura consigliato: 10 volte il diametro del cavo
- Massimo sforzo di trazione consigliato: 50 N/mm<sup>2</sup> di sezione del rame

#### Impiego e tipo di posa

Adatto per il trasporto di energia tra le cabine di trasformazione e le grandi utenze. Per posa in aria libera, in tubo o canale.  
Ammessa la posa interrata anche non protetta, in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17.



## ARG7H1RNR - 18/30 kV

U<sub>0</sub>/U: 18/30 kV

U max: 36 kV

### Caratteristiche tecniche

Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Ø esterno max	Peso indicativo cavo	Portata di corrente A			
					in aria		interrato*	
n° x mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	kg/km	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano
1 x 50	8,2	8,0	36,1	1600	174	183	168	177
1 x 70	9,8	8,0	38,2	1795	218	229	207	218
1 x 95	11,45	8,0	39,7	1960	266	280	247	260
1 x 120	12,9	8,0	42,4	2245	309	325	281	296
1 x 150	14,2	8,0	43,7	2405	352	371	318	335
1 x 185	16,0	8,0	45,7	2625	406	427	361	380
1 x 240	18,4	8,0	48,3	2985	483	508	418	440
1 x 300	20,5	8,0	51,8	3345	547	576	472	497
1 x 400	23,6	8,0	55,2	4005	640	674	543	572
1 x 500	26,55	8,0	58,35	4440	740	779	621	654
1 x 630	30,1	8,0	62,8	5135	862	907	706	743

(\*) I valori di portata si riferiscono alle seguenti condizioni:

- Resistività termica del terreno: 1 K-mW
- Temperatura ambiente 20°C
- profondità di posa: 0,8 m

### Caratteristiche elettriche

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Resistenza apparente a 90°C e 50Hz		Reattanza di fase		Capacità a 50Hz
		a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano	
n° x mm <sup>2</sup>	Ω/Km	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano	μF/km
1 x 50	0,641	0,822	0,822	0,15	0,20	0,15
1 x 70	0,443	0,568	0,568	0,14	0,20	0,16
1 x 95	0,320	0,411	0,411	0,13	0,19	0,18
1 x 120	0,253	0,325	0,325	0,13	0,18	0,19
1 x 150	0,206	0,265	0,265	0,12	0,18	0,20
1 x 185	0,164	0,211	0,211	0,12	0,12	0,22
1 x 240	0,125	0,161	0,161	0,11	0,17	0,24
1 x 300	0,100	0,130	0,129	0,11	0,17	0,27
1 x 400	0,0778	0,102	0,101	0,11	0,16	0,29
1 x 500	0,0605	0,0801	0,0794	0,10	0,16	0,32
1 x 630	0,0469	0,0635	0,0625	0,099	0,16	0,36

### 8.3 Dimensionamento dei cavi in funzione delle condizioni di posa

La Norma CEI UNEL 35027 - "Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV - Portate di corrente in regime permanente - Posa in aria ed interrata", fornisce le portate in corrente dei cavi unificati MT in funzione delle condizioni di posa in terra ed in aria.

Per cavi interrati di queste categorie di tensioni viene fornita la portata in corrente di riferimento  $I_0$  nelle seguenti condizioni:

- $T_a$  temperatura ambiente 20 °C;
- Profondità di posa 0,8 m;
- $R_t$  resistività termica media radiale del terreno 1,5 k\*m/W;
- Connessione schermi metallici in cortocircuito e a terra ad entrambe le estremità (solid bonding).

Per condizioni diverse viene fornita poi la seguente formula correttiva:

$$I_z = I_0 * K_1 * K_2 * K_3 * K_4$$

Dove:

- $I_z$  portata in corrente nelle condizioni in esame;
- $I_0$  portata in corrente nelle condizioni di riferimento;
- $K_1$  fattore di correzione per temperature del terreno diverse da 20°C;
- $K_2$  fattore di correzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano;
- $K_3$  fattore di correzione per profondità di interramento diverse da 0,8 m;
- $K_4$  fattore di correzione per resistività termica del terreno diversa da 1,5 k\*m/W.

Le condizioni di posa dei cavi MT impiegati nel progetto in oggetto differiscono dalle condizioni di riferimento poiché:

- La profondità di interramento è pari a 1,0 m:  $K_3 = 0,98$

Tab. IV **Fattori di correzione per differenti valori di profondità di posa**

Profondità di posa (m)	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5
Fattore di correzione	1,02	1,00	0,98	0,96	0,94

- È stata considerata una resistività termica del terreno pari a 2 k\*m/W (terreno secco):  $K_4 = 0,90$

Tab. V **Fattori di correzione per differenti valori di resistività termica del terreno**

Resistività del terreno (K*m/W)	Cavi unipolari				
	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5
Fattore di correzione	1,08	1,05	1,00	0,90	0,82

- È stato considerato il caso peggiore di raggruppamento dei circuiti presenti nello stesso strato (in questo progetto) 4 circuiti nello stesso strato distanziati tra loro 25 cm:  $K_2 = 0,9$

Tab. III **Fattori di correzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano**

Numero di cavi	DISTANZA FRA I CIRCUITI <sup>(a)</sup> (m)			
	a contatto	0,25	0,5	1
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,90

- Resta invariata la temperatura del terreno pari a 20 °C:  $K_1 = 1$

Pertanto la formula diventa:

$$I_z = I_0 * 0,9 * 0,98 * 0,9 * 1,0 = I_0 * 0,7938$$

Si riporta di seguito la tabella delle portate in corrente dei cavi scelti alle condizioni di riferimento e alle condizioni operative impiegate nel progetto.

Valori di  $I_0$  alle condizioni di riferimento:

Sezione nominale [mmq]	Portata [A] (Trifoglio)	Resistenza apparente a 90°C e 50 Hz [Ohm/km]	Reattanza di fase [Ohm/km]	Impedenza a 90°C e 50 Hz [Ohm/km]
120	281	0,3250	0,13	0,35
150	318	0,2650	0,12	0,29
185	361	0,2110	0,12	0,24
240	418	0,161	0,11	0,19
300	472	0,13	0,11	0,17
400	543	0,102	0,11	0,15
500	621	0,0801	0,1	0,13
630	706	0,0635	0,099	0,12

Valori di  $I_z$  alle condizioni operative, (applicando i coefficienti correttivi):

Sezione nominale [mm <sup>2</sup> ]	Portata [A] (Trifoglio)	Resistenza apparente a 90°C e 50 Hz [Ohm/km]	Reattanza di fase [Ohm/km]	Impedenza a 90°C e 50 Hz [Ohm/km]
120	223,06	0,3250	0,13	0,35
150	252,43	0,2650	0,12	0,29
185	286,56	0,2110	0,12	0,24
240	331,81	0,1610	0,11	0,19
300	374,67	0,1300	0,11	0,17
400	431,03	0,1020	0,11	0,15
500	492,95	0,0801	0,1	0,13
630	560,42	0,0635	0,099	0,12

#### 8.4 Profondita' 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 1,10 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 cavidotti);
  - o Scavo a sezione obbligata fino alla profondità relativa di -1,30 m dalla quota di progetto stradale finale;
  - o collocazione della corda di rame sul fondo dello scavo e costipazione della stessa con terreno vagliato proveniente dagli scavi;
  - o collocazione delle terne di cavo MT, nel numero previsto come da schemi di collegamento;
  - o collocazione della fibra ottica;
  - o rinterro con materiale granulare classifica A1 secondo la UNI CNR 10001 e s.m.i.
  - o rinterro con materiale proveniente dagli scavi compattato, per uno spessore di 25 cm;
  - o collocazione di nastro segnalatore della presenza di cavi di media tensione;
  - o rinterro con materiale proveniente dagli scavi del pacchetto stradale precedentemente steso (in genere 40

cm);

- FASE 3 (finitura del pacchetto stradale):
  - o 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 i cavidotti vengano posati precedentemente alla realizzazione della viabilità, saranno suddivise nelle seguenti fasi.

- FASE 1 (posa dei cavidotti):
  - o Scavo a sezione obbligata fino alla profondità relativa di -1,30 m dalla quota di progetto stradale finale;
  - o collocazione della corda di rame sul fondo dello scavo e costipazione della stessa con terreno vagliato proveniente dagli scavi;
  - o collocazione delle terne di cavo MT, nel numero previsto come da schemi di collegamento;
  - o collocazione della fibra ottica;
  - o rinterro con sabbia o misto granulare stabilizzato con legante naturale, vagliato con pezzatura idonea come da specifiche tecniche, per uno spessore di 20 cm;
  - o rinterro con materiale degli scavi compattato, per uno spessore di 25 cm;
  - o collocazione di nastro segnalatore della presenza di cavi di media tensione;
  - o 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):
  - o 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;
  - o 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.

## 8.5 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, idoneo alla posa interrata, 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.

### 8.6 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.

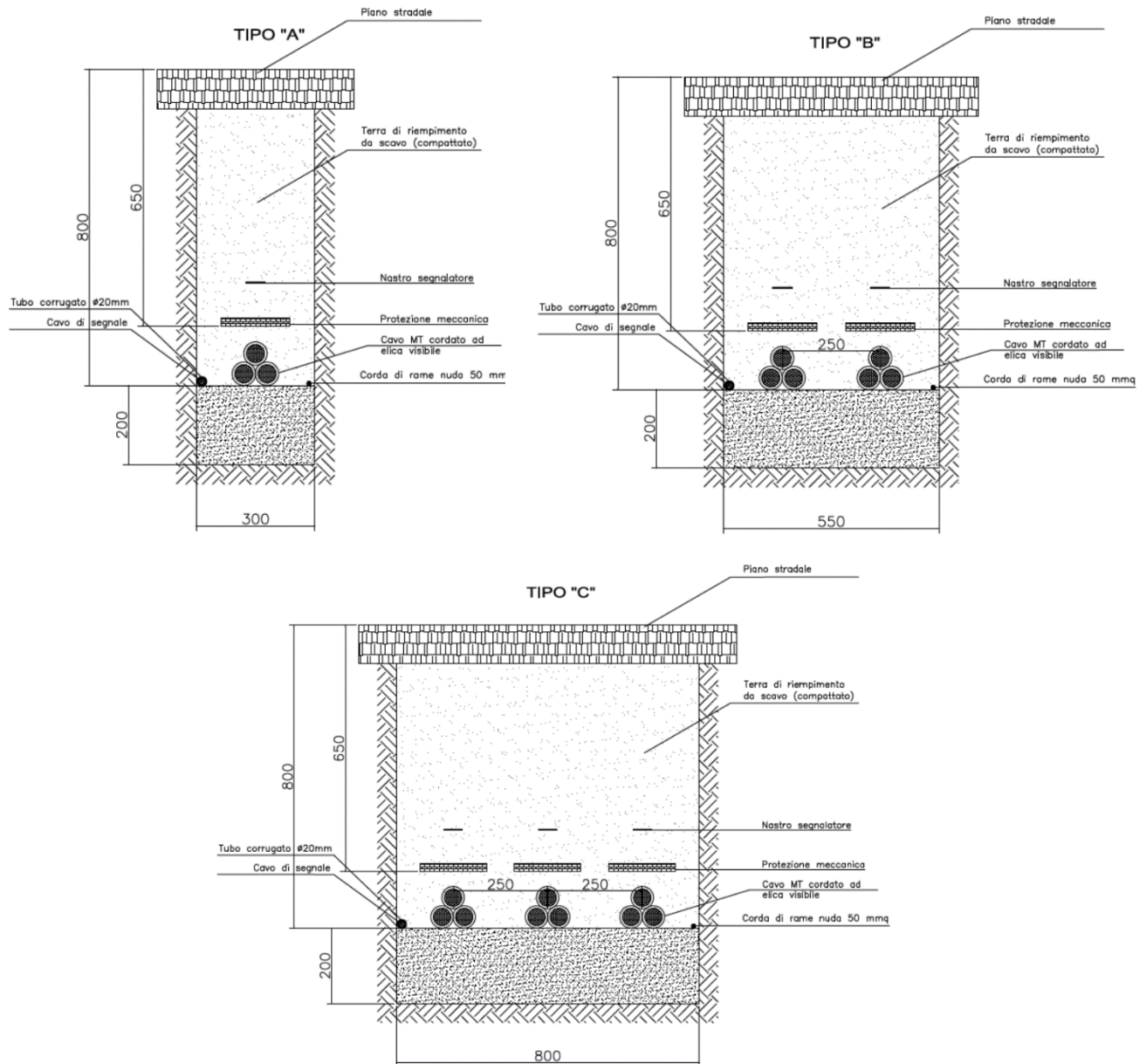
Il sistema di terra di ciascun aerogeneratore consisterà in più anelli dispersori concentrici, collegati radialmente fra loro, e collegati in più punti anche all'armatura del plinto di fondazione.

Il conduttore di terra di collegamento tra i vari aerogeneratori consiste invece in una corda di rame nudo da 50 mm<sup>2</sup>, posta in intimo contatto con il terreno.

Particolare attenzione va posta agli attraversamenti lungo il tracciato del 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 95mm<sup>2</sup> 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 mm<sup>2</sup>.

### 8.7 Opere civili cavidotti

La trincea all'interno della quale saranno collocati i cavi avrà profondità non inferiore a 1 m e larghezza compresa tra 0,30 m per una terna (tipo A), 0,55 m per due terne (tipo B) e 0,80 m per tre terne (tipo C).



**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) :

apertura delle piste e stesura della fondazione stradale per uno spessore di cm 40;

FASE 2 (posa cavidotti);

- Scavo a sezione obbligatoria fino alla profondità relativa di -1,30 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 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 i cavidotti vengano posati precedentemente alla realizzazione della viabilità, saranno suddivise nelle seguenti fasi.**

FASE 1 (posa dei cavidotti):

- Scavo a sezione obbligata fino alla profondità relativa di -1,30 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 della fibra ottica;
- rinterro con sabbia o misto granulare stabilizzato con legante naturale, vagliato con pezzatura idonea come da specifiche tecniche, per uno spessore di 20 cm;
- rinterro con materiale degli scavi compattato, per uno spessore di 25 cm;
- 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).



## 9 SOTTOSTAZIONE ELETTRICA

La stazione di trasformazione utente, riceve l'energia proveniente dall'impianto eolico e la eleva alla tensione di 150kV. La connessione della SSE Utente - "Sorgenia" alla RTN sarà realizzato mediante collegamento in antenna a 150 kV sulla sezione a 150 kV della Nuova SE di Trasformazione 380/150 kV di Terna denominata "Sanluri", previa condivisione dello stallo in stazione con altri produttori (mediante l'Area Comune ai produttori).

La connessione in antenna si configura con lo schema di inserimento IS2 (inserimento in stazione adiacente) mediante cavidotto interrato in AT da 400mm<sup>2</sup> alla nuova SE.

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

- Trasformatore elevatore 30/150 kV da 57/69 MVA ONAN/ONAF;
- Scaricatori di sovratensione per reti a 150 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 170 kV;
- Sezionatore tripolare orizzontale 145-170 kV con lame di terra.
- Scaricatore di sovratensione;
- Terminali per cavi AT.

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

- Quadri MT a 30 kV, completi di:
  - Scomparti di sezionamento linee di campo;
  - Scomparti misure;
  - Scomparti protezione generale;
  - Scomparto trafo ausiliari;
- Trasformatore MT/BT servizi ausiliari 30/0,4 kV da 100 kVA;
- Quadri servizi ausiliari;
- Quadri misuratori fiscali;
- Sistema di monitoraggio e controllo.