

REGIONE SARDEGNA

Province di Oristano (OR) e Nuoro (NU)

COMUNI DI SUNI, SINDIA, SAGAMA E TINNURA



REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.
1	EMISSIONE PER ENTI ESTERNI	05/11/21	BALUCE S. BASSO G.	FURNO C.	NASTASI A.
0	EMISSIONE PER COMMENTI	29/10/21	BALUCE S. BASSO G.	FURNO C.	NASTASI A.

Committente:

INFRASTRUTTURE S.p.A.



Via Privata Maria Teresa, 8 – 20123 Milano (MI) Tel.: +39 02 3657 0800
P.IVA: 11513930153; web: www.infrastrutture.eu; PEC: infrastrutture@legalmail.it

Società di Progettazione:

Ingegneria & Innovazione



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

PROGETTO:

PARCO EOLICO DI "SUNI"

Progettista/Resp. Tecnico:

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

Elaborato:

RELAZIONE GENERALE TECNICA DESCRITTIVA

Progettista elettrico:

Dott. Ing. Giuseppe Basso
Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Siracusa
n° 1860 sez. A

Scala:

NA

Nome DIS/FILE:

C20021S05-PD-RT-01-01

Allegato:

1/1

F.to:

A4

Livello:

DEFINITIVO

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



INDICE

1. PREMESSA.....	4
2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	5
3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....	9
4. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	10
4.1. Riferimenti cartografici e posizioni Aerogeneratori.....	10
4.2. Inquadramento geologico e geomorfologico.....	11
4.3. Contesto idrogeologico.....	13
4.4. Sismicità.....	13
5. L'IMPIANTO EOLICO.....	14
6. LISTA ANAGRAFICA DEI COMPONENTI L'IMPIANTO.....	16
6.1. AEROGENERATORI.....	17
6.1.1. Specifiche tecniche Aerogeneratori.....	19
6.1.2. Sistemi elettrici e di controllo interni.....	21
6.1.3. Sistemi elettrici e di controllo esterni.....	22
6.1.4. Descrizione dei componenti principali.....	22
6.1.5. Schemi di funzionamento dei componenti dell'impianto.....	25
6.1.6. Potenza Stimata del Parco eolico.....	25
6.1.7. Analisi acustica.....	30
6.2. CAVIDOTTI.....	43
6.2.1. Generalità.....	43
6.2.2. Dati tecnici del cavo utilizzato.....	43
6.2.3. Dimensionamento dei cavi in funzione delle condizioni di posa.....	47
6.2.4. Profondità e sistema di posa cavi.....	49
6.2.5. Fibra ottica di collegamento.....	50
6.2.6. Sistema di terra.....	51

6.2.7. Opere civili cavidotti	52
6.3. STAZIONE DI UTENZA	54
6.4. OPERE ELETTRICHE PER LA CONNESSIONE ALLA RTN	55
7. INFRASTRUTTURE ED OPERE CIVILI	57
7.1. FONDAZIONE AEROGENERATORE	57
7.2. PIAZZOLE AEROGENERATORI.....	58
7.3. STRADE DI ACCESSO E VIABILITÀ DI SERVIZIO	59
7.3.1. Viabilità di accesso al Sito.....	59
7.3.2. Viabilità di Servizio.....	61
7.4. RILEVATI E SOVRASTRUTTURE – BONIFICHE E SOTTOFONDI	63
7.4.1. Rilevati aridi e soprastrutture per piazzole e strade	63
7.4.2. Sovrastrutture per piazzole e strade	64
7.4.3. Sistemazione del piano di posa	64
7.4.4. Pavimentazione con materiale arido.....	66
7.5. VERIFICA GEOTECNICA DELLA FONDAZIONE STRADALE	66
7.5.1. Caratteristiche geometriche delle strade e delle piazzole	66
7.5.2. Dimensionamento di massima della pavimentazione delle strade e delle piazzole	67
8. OPERE DI INGEGNERIA AMBIENTALE	68
8.1. GENERALITÀ.....	68
8.2. SPECIFICHE TECNICHE DEGLI INTERVENTI.....	70
8.2.1. Cunetta vivente	70
8.2.2. Canalizzazioni in pietrame e legno	71
8.2.3. Idrosemina e rivestimenti antiersivi.....	71
9. OPERE IDRAULICHE.....	75

1. PREMESSA

Su incarico di INFRASTRUTTURE SpA, la società Antex Group Srl ha redatto il progetto definitivo relativo alla realizzazione di un impianto eolico nei comuni di Suni, Sindia Sagama e Tinnura, nelle provincie di Oristano e Nuoro.

Il progetto prevede l'installazione di n. 10 nuovi aerogeneratori nei terreni dei comuni di Suni (n°3 aerogeneratori), Sindia (n°5 aerogeneratori), Sagama (n°1 aerogeneratore) e Tinnura (n°1 aerogeneratore), con potenza unitaria di 6.0 MW, e potenza complessiva di impianto di 60 MW.

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

La stazione di trasformazione utente riceverà l'energia proveniente dall'impianto eolico a 33 kV e la eleverà alla tensione di 150 kV.

Tutta l'energia elettrica prodotta verrà ceduta alla rete tramite collegamento in antenna a 150 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione 380/150kV della RTN da inserire in entra-esce alla linea RTN 380 kV "Ittiri - Selargius".

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 Infrastrutture 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. RIFERIMENTI NORMATIVI

Energie rinnovabili

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

Rumore

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

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 U₀/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".

 INFRASTRUTTURE	PARCO EOLICO DI "SUNI" RELAZIONE GENERALE TECNICA DESCRITTIVA	 <i>Ingegneria & Innovazione</i>	
		05/11/2021	REV: 1

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

Sicurezza

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

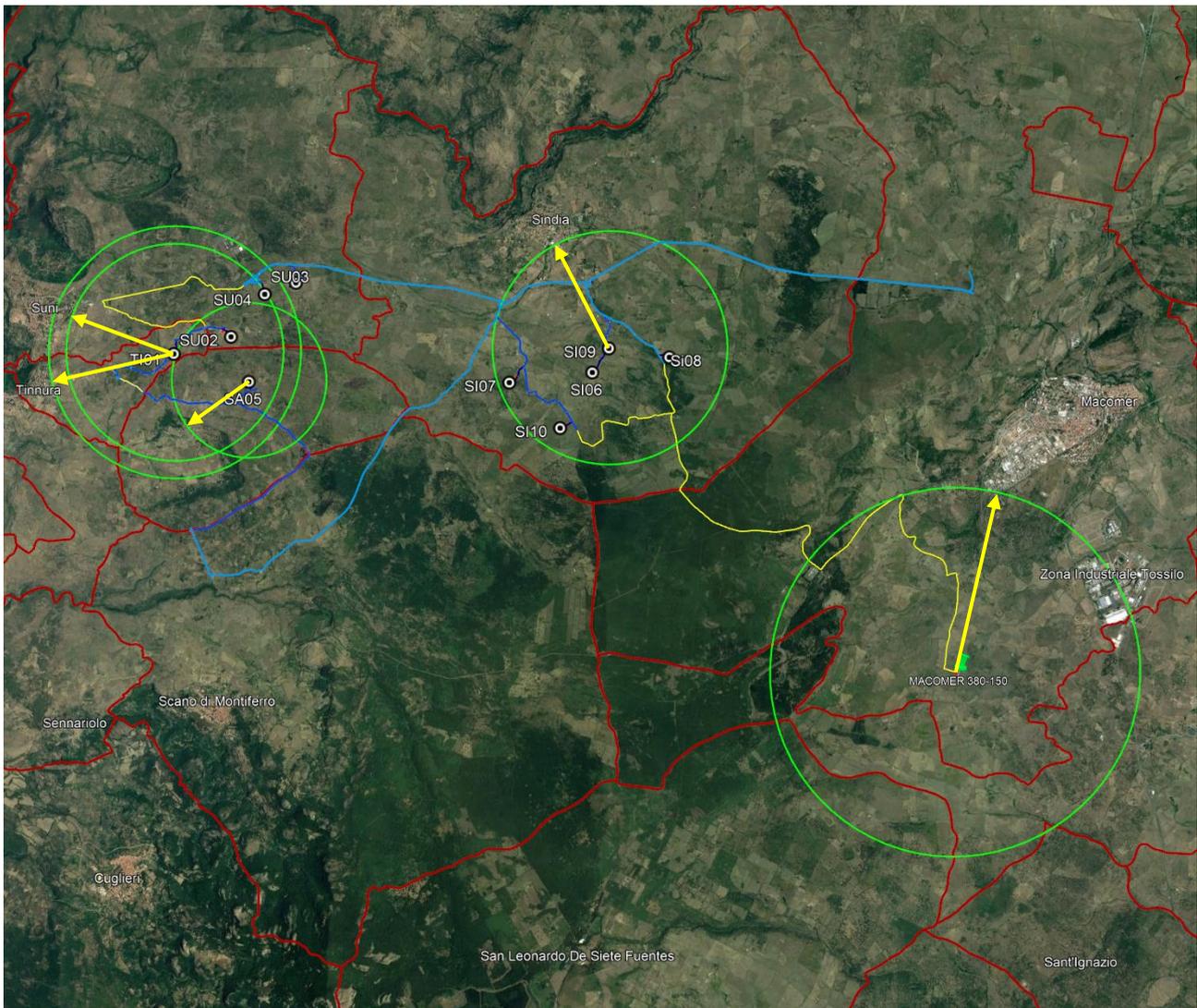
3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto prevede la realizzazione di 10 aerogeneratori ed opere di connessione, inclusive di piazzole di costruzione e di esercizio, viabilità di accesso, cavidotti e sottostazione di trasformazione, ubicati in agro ai Comuni di Suni, Sindia, Sagama e Tinnura, facenti parte delle Provincie di Oristano e Nuoro. Gli aerogeneratori saranno collegati alla nuova Stazione di trasformazione Utente, posta nel Comune di Macomer, tramite cavidotti interrati con tensione nominale pari a 33 kV.

I centri urbani distano circa:

- Suni 1.9 Km dalla turbina TI01.
- Sindia 2,1 Km dalla turbina SI09;
- Tinnura 2.3 Km dalla turbina TI01;
- Sagama 1.3 Km dalla turbina SA05;

Le aree della sottostazione di collegamento si trovano a circa 3.3 km dal centro abitato di Macomer.



4. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

4.1. Riferimenti cartografici e posizioni Aerogeneratori

Il progetto si colloca all'interno delle seguenti cartografie:

- Fogli IGM in scala 1:25.000 di cui alle seguenti codifiche: Padria - N°497 I, Semèstene - N°498 IV, Bosa - N°497 II, Macomèr - N°498 III, Cùglieri - N° 514 I, Abbasanta - N° 515 IV;
- CTR in scala 1:10.000, di cui alle seguenti codifiche: 497110, 497120, 498090, 497150, 497160 e 498130.

I fogli di mappa catastali interessati dalle macchine e dalla viabilità di nuova realizzazione sono:

- Fogli di mappa n. 2, 3 del Comune di Sagama;
- Foglio di mappa n. 5 del Comune di Tinnura;
- Fogli di mappa n. 26, 27 del Comune di Suni;
- Fogli di mappa n.30, 33, 33 e 37 del Comune di Sindia.

Il foglio di mappa interessato dalla sottostazione elettrica è:

- Foglio di mappa n. 56 del Comune di Macomer.

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

- Fogli di mappa n. 1, 2, 5, 6, 12, 13, 14, e 15 del Comune di Sagama;
- Foglio di mappa n. 4 e 5 del Comune di Tinnura;
- Fogli di mappa n. 23, 24, 25, 26, 27 e 28 del Comune di Suni;
- Fogli di mappa n. 15, 16, 17, 28, 30, 31, 32, 37, 33, 36, 38, 39 e 41 del Comune di Sindia;
- Foglio di mappa n. 32, 42, 43, 44, 49, 50, 51 e 56 del Comune di Macomer;
- Foglio di mappa n. 2 e 10 del Comune di Scano di Montiferro.

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

ID WTG	Est	Nord	Quota slm (m)	Comune
TI01	464099.87 m E	4458298.64 m N	369	Tinnura
SU02	465149.00 m E	4458606.00 m N	379	Suni
SU03	466344.00 m E	4459586.00 m N	410	Suni
SU04	465769.00 m E	4459382.00 m N	392	Suni
SA05	465475.00 m E	4457782.00 m N	387	Sagama
SI06	471750.00 m E	4457915.00 m N	541	Sindia

SI07	470239.00 m E	4457739.00 m N	503	Sindia
SI08	473148.00 m E	4458181.00 m N	576	Sindia
SI09	472053.00 m E	4458350.00 m N	557	Sindia
SI10	471164.00 m E	4456904.00 m N	560	Sindia
SSE-UTENTE	478326.34 m E	4452411.14 m N	459	Macomer

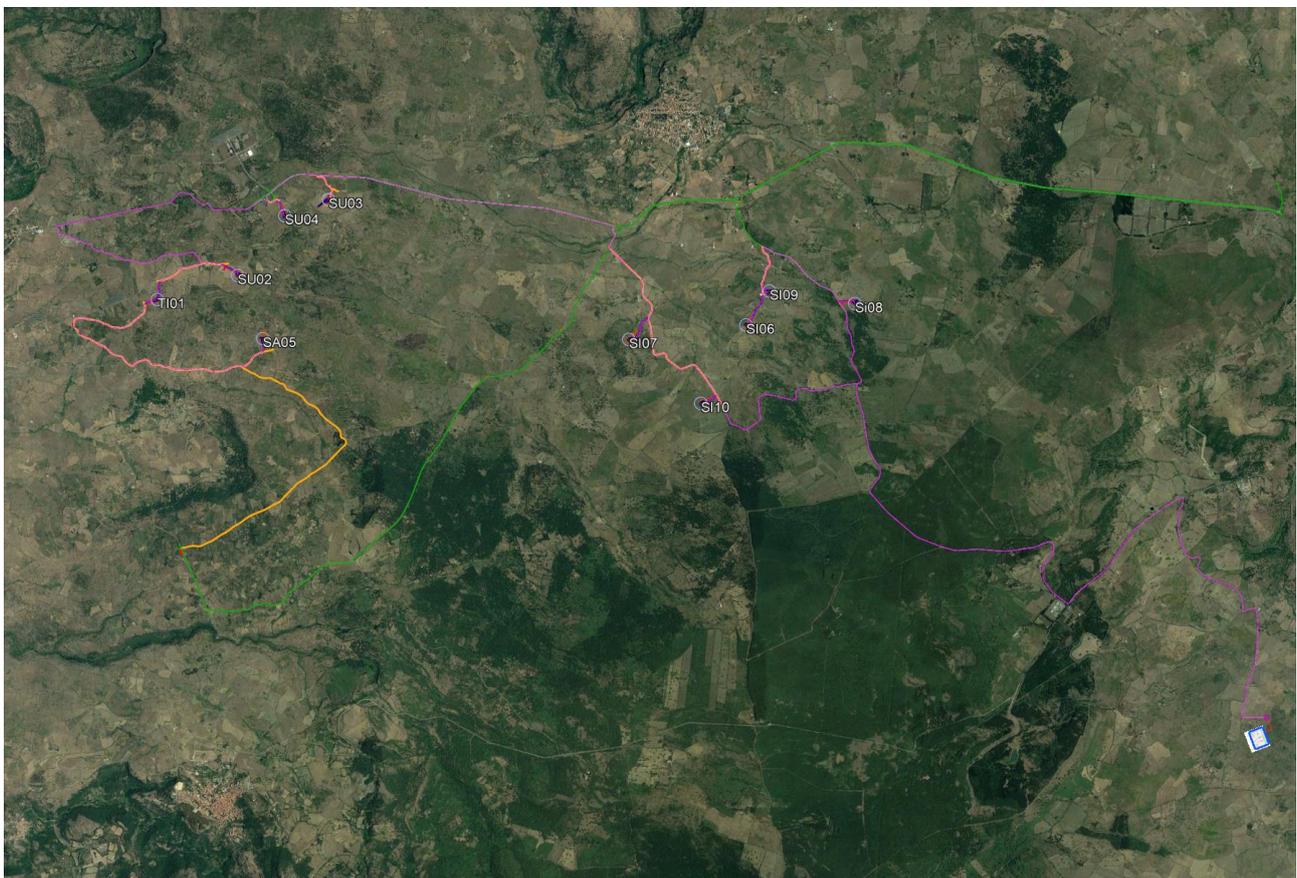


Figura 1 – Inquadramento territoriale dell'impianto

4.2. Inquadramento geologico e geomorfologico

Al fine di verificare la fattibilità del progetto in esame e definire è stato eseguito uno studio geologico, geomorfologico e idrogeologico delle aree in esame, spinte fino ad un intorno utile a definire le caratteristiche sopra menzionate.

L'area sulla quale verranno installate le turbine e la sottostazione ricadono nel Foglio 497 sez. II Bosa e Foglio 498 III Macomer all'interno dei Comuni di Sindia (NU), Suni, Tinnura e Sagama in provincia di (OR).

Le caratteristiche geologiche di questa porzione di territorio sono prettamente di origine basaltica alcalinica. L'area è caratterizzata da un paesaggio più o meno omogeneo, con poche forme geomorfologiche evidenti ed incisioni poco rilevanti, dovute alla natura dei terreni attraversati.

È stata redatta una carta geomorfologica che mette in evidenza le caratteristiche del territorio, evidenziando solo qualche vallecchia ad U e le scarpate di erosione fluviali (fig.2).

Come rappresentato in fig.2 ci troviamo su un altipiano leggermente digradante a NO.

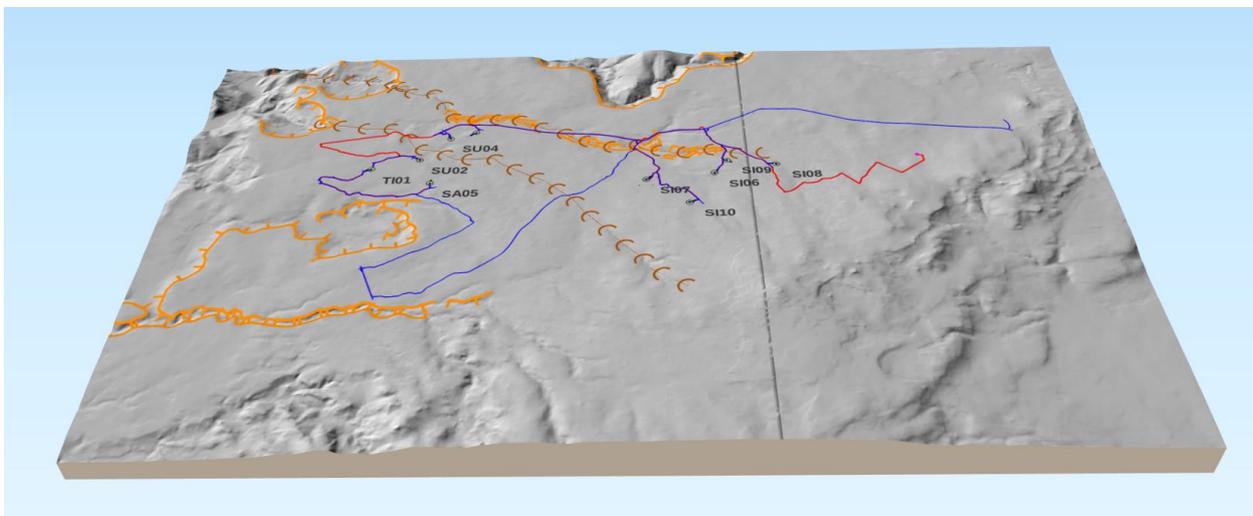


Figura 2 – Modello 3d dell'area con le evidenze geomorfologiche

Il terreno vegetale appresenta 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. Inoltre la zona è caratterizzata dalla presenza di Subunità di Dualchi (BASALTI DELLA CAMPEDA-PLANARGIA) e nello specifico andesiti basaltiche subalcaline, porfiriche per fenocristalli di Pl, Cpx, Opx, Ol; in estesi espandimenti e Trachibasalti e basalti debolmente alcalini, porfirici per fenocristalli di Pl, Ol, Cpx; i. Infine troviamo Subunità di Sindia (BASALTI DELLA CAMPEDA-PLANARGIA) caratterizzati da basalti debolmente alcalini olocristallini, porfirici per fenocristalli di Ol, Pl, e rari xenocristalli quarzosi; in colate, e Trachibasalti, trachibasalti debolmente alcalini, da olocristallini ad "i".

Geomorfologicamente il sito non presenta criticità, presenta un andamento perlopiù omogeneo con pendenze massime intorno al 2%.

4.3. Contesto idrogeologico

Le turbine ed il relativo layout comprensivi di viabilità e cavidotto si trovano su un altopiano con quote che vanno dai 300 m.s.l.m ai 650 m.s.l.m.

Per quanto riguarda l'aspetto **idrogeologico** reticolo idrografico della zona in esame è influenzato dall'assetto strutturale e dalla litologia affiorante. L'area è leggermente digradante a NO con impluvi a carattere torrentizio non tanto incisi in quanto i terreni presenti non subiscono fenomeni erosivi importanti da creare incisioni rilevanti. Le acque piovane che vengono raccolte lungo questi impluvi si riversano nel F. Temo a NO nel territorio di Bosa.

Dal punto di vista idrogeologico, la falda rilevata nell'escavazione di pozzi nelle vicinanze si attesta intorno agli 80-90 m. Visto l'opera in oggetto, non c'è alcun rischio di inquinamento della falda, per cui non sussistono vincoli di sorta alla realizzazione del parco. La permeabilità dei litotipi è variabile a seconda del litotipo attraversato, si passa da permeabilità medio bassa per fratturazione, media per fratturazione a medio alta per porosità in quasi tutta l'area interessata dalle turbine in progetto, l'eventuale acqua in eccesso ruscella lungo le incisioni presenti, andando ad alimentare a valle il fiume Temo. Idraulicamente la zona è caratterizzata da poche incisioni più o meno rilevanti ma comunque a carattere prettamente torrentizio. Si tratta di incisioni prettamente ad U tranne nella parte a valle dove diventano leggermente più strette e a V per poi percorrere gli ultimi km in pianura prima di sfociare nel Temo. Idraulicamente, dunque, l'area si presenta stabile. Ed inoltre affinché non si intacchino le opere idrauliche esistenti e si preservi la morfologia esistente, il cavidotto sarà fatto passare tramite tecnologia TOC, spinta ad una profondità tra i 1,50 – 2 metri di profondità, al fine di evitare problemi di erosione fluviale che ne intaccherebbe la funzionalità.

4.4. Sismicità

Considerando i litotipi presenti sono di tipo roccioso ci si aspetta un Vs30 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 Vs30 compresi tra 360 e 800 m/s (ovvero NSPT,30 >50 nei terreni a grana grossa e cu30 >250 kPa nei terreni a grana fina)".

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.

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.

5. L'IMPIANTO EOLICO

L'impianto Eolico sarà costituito da n°10 aerogeneratori, ciascuno di potenza massima fino a 6,0 MW, corrispondenti ad una potenza massima di impianto di 60,0 MW. Gli aerogeneratori saranno collegati alla nuova Stazione di trasformazione Utente, posta nel Comune di Macomer, tramite cavidotti interrati con tensione nominale pari a 33 kV. La stazione di trasformazione utente riceverà l'energia proveniente dall'impianto eolico a 33 kV e la eleverà alla tensione di 150 kV.

Tutta l'energia elettrica prodotta verrà ceduta alla rete tramite collegamento in antenna a 150 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione 380/150kV della RTN da inserire in entra-esce alla linea RTN 380 kV "Ittiri - Selargius".

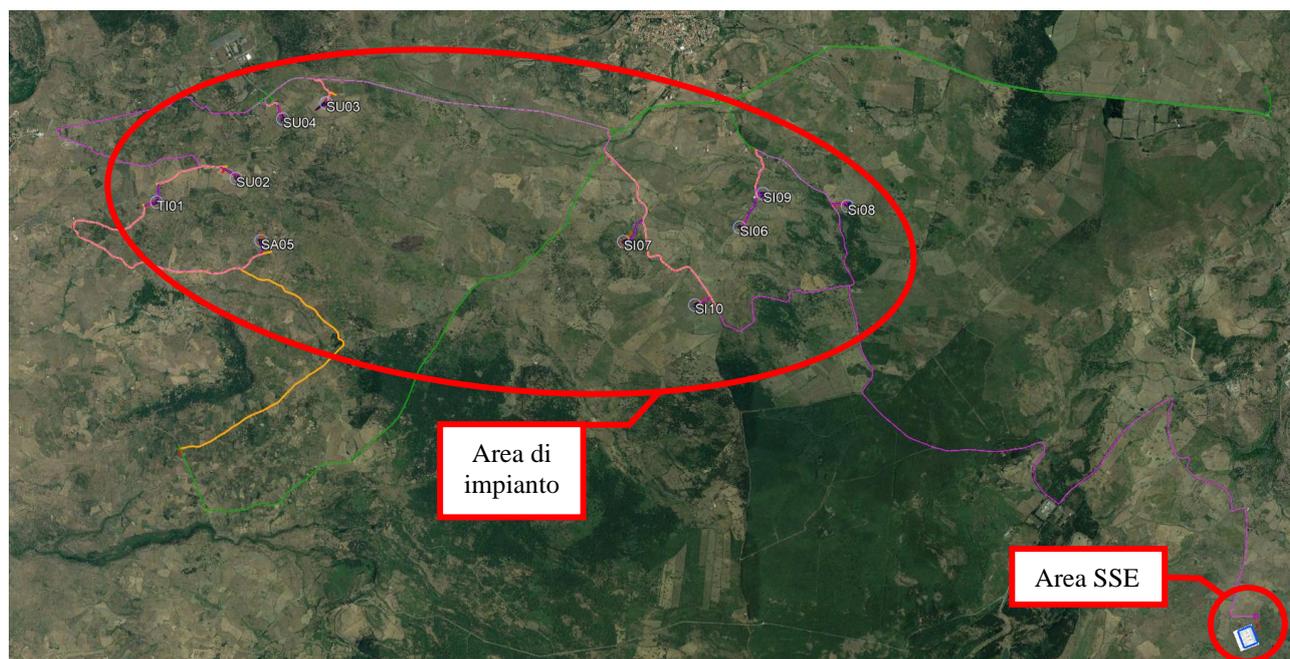


Figura 3 – Layout impianto eolico "Sunì"

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

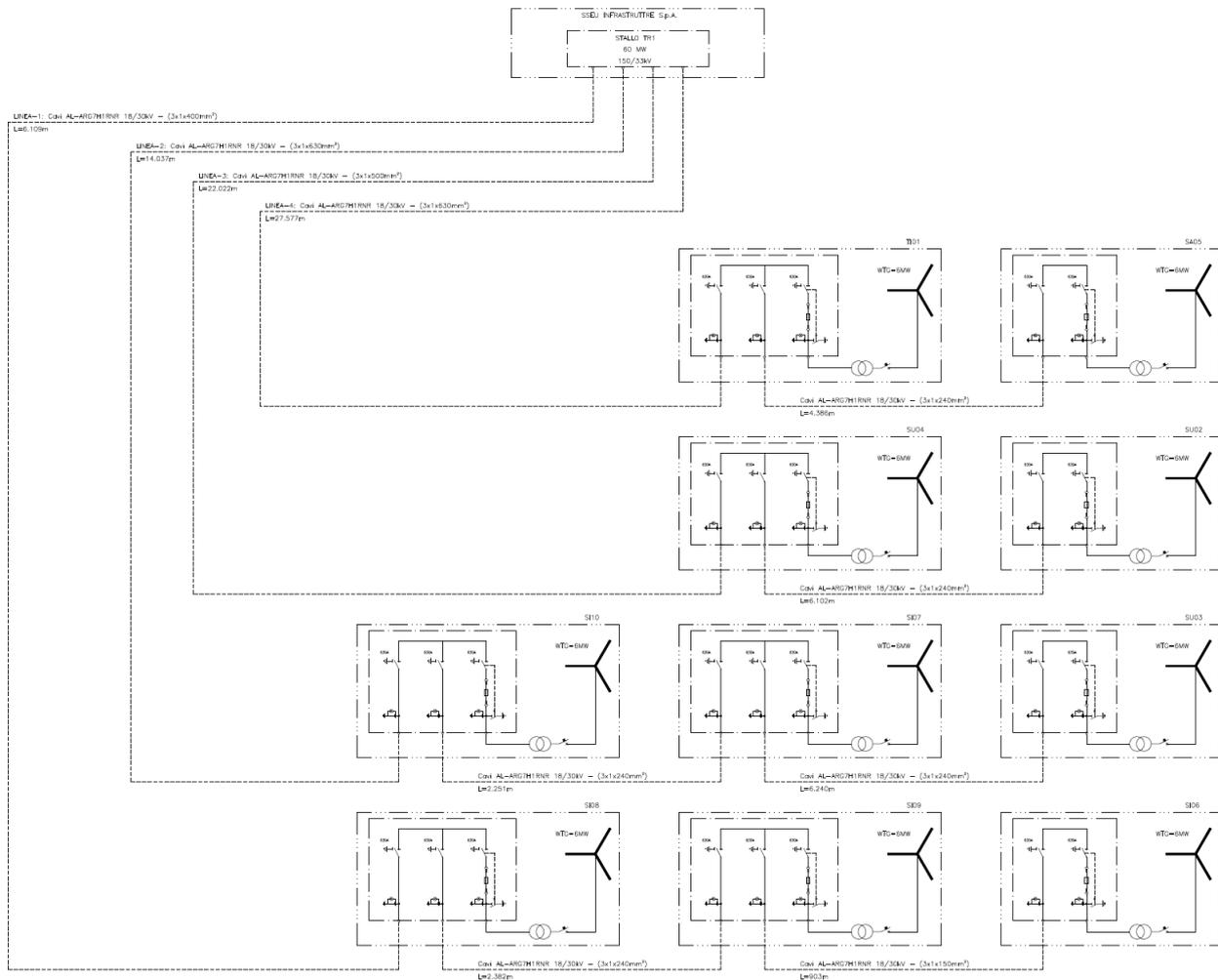


Figura 4 – Schema di rete distribuzione impianto

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

Le opere civili previste comprendono l'esecuzione dei plinti di fondazione degli aerogeneratori, la realizzazione delle piazzole degli aerogeneratori, l'adeguamento/ampliamento della rete viaria esistente nel sito e la realizzazione della viabilità di servizio interna all'impianto. Sono altresì previsti scavi a sezione obbligata per la realizzazione di cavidotti interrati MT, in adiacenza alla viabilità esistente, per il collegamento elettrico tra i singoli aerogeneratori, tra gli aerogeneratori e la sottostazione di consegna esistente. Per il collegamento elettrico tra la sottostazione utente alla rete RTN si eseguirà uno scavo a sezione obbligata per la posa dei cavi di AT come riportato in figura.

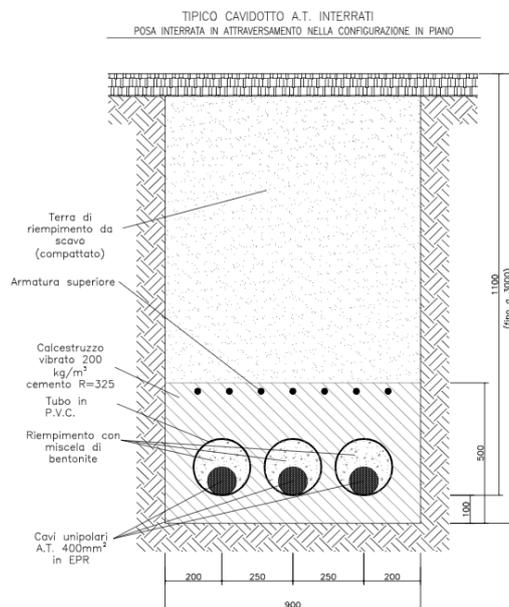


Figura 5 – Sezione tipo cavidotto AT

La stazione utente sarà costituita da due sezioni, in funzione dei livelli di tensione: la parte di media tensione, contenuta all'interno della cabina di stazione (dimensioni in pianta 18,50 x 7,30 m ed altezza fuori terra di 3,50 m) e dalla parte di alta tensione costituita dalle apparecchiature elettriche con isolamento in aria, ubicate nell'area esterna della stazione utente. La cabina di stazione sarà costituita dai locali contenenti i quadri con gli scomparti di arrivo/partenza linee dall'impianto eolico, dagli scomparti per alimentare il trasformatore BT/MT dei servizi ausiliari di cabina, dagli scomparti misure e protezioni MT e dallo scomparto MT per il collegamento al trasformatore MT/AT, necessario per il collegamento RTN. La costruzione dell'edificio sarà di tipo tradizionale con struttura in c.a. e tamponature in muratura di laterizio rivestite con intonaco di tipo civile. La copertura a tetto piano, opportunamente coibentata ed impermeabilizzata. Gli infissi realizzati in alluminio anodizzato naturale.

6. LISTA ANAGRAFICA DEI COMPONENTI L'IMPIANTO

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

- Aerogeneratori;
- Cavidotti;
- Stazione di Utenza;
- Stazione RTN

6.1. AEROGENERATORI

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

Sul mercato esistono diverse tipologie di aerogeneratori, ad asse orizzontale e verticale, con rotore mono, bi o tripala, posto sopra o sottovento. Il tipo di aerogeneratore previsto per l'impianto in oggetto è il Vestas V162-6.0_HH125, un aerogeneratore ad asse orizzontale con rotore tripala e potenza massima di 6000 KW, le cui caratteristiche principali sono di seguito riportate:

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

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

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

Tutte le turbine avranno, inoltre, una segnalazione diurna consistente nella verniciatura della parte estrema della pala con tre bande di colore rosso ciascuna di 6 m per un totale di 18 m.

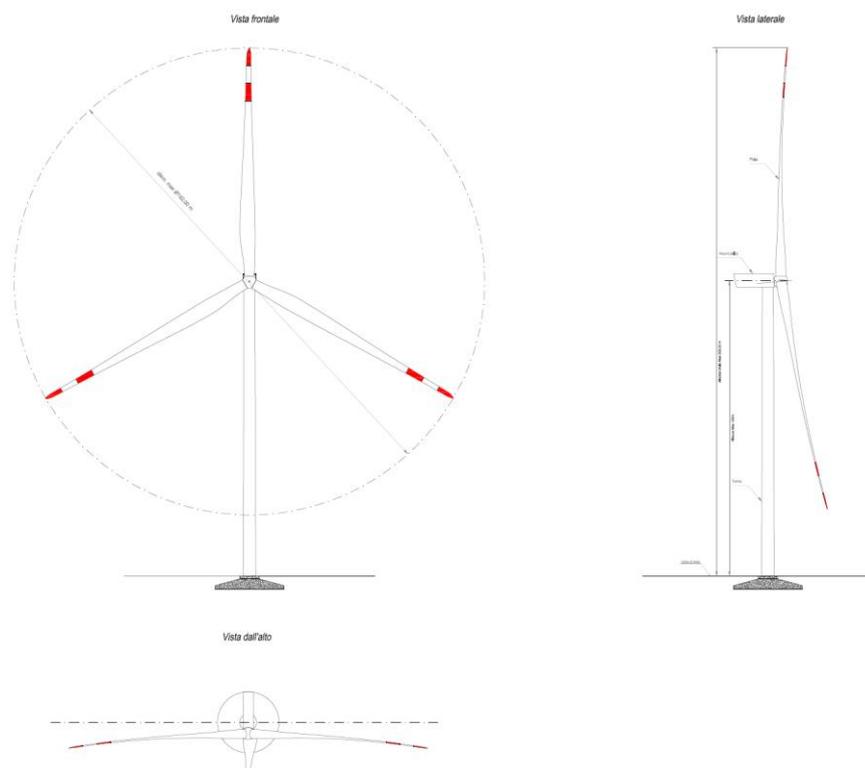


Figura 6 – Aerogeneratore tipo

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

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

La turbina eolica scelta per il progetto entra in funzione a velocità del vento di circa 3 m/s e raggiunge la sua potenza nominale a velocità di circa 13 m/s con una densità dell'aria pari a 1225 kg/m³. A velocità del vento superiori, più precisamente superati i 16,5 m/s, il sistema di controllo del passo inizia a funzionare in maniera da limitare la potenza della macchina e da prevenire sovraccarichi al generatore ed agli altri componenti elettromeccanici. A velocità di circa 24 m/s il sistema di controllo orienta le pale in maniera tale da mandare in stallo il rotore e da evitare forti sollecitazioni e danni meccanici e strutturali. L'obiettivo è quello di far funzionare il rotore con il massimo rendimento possibile con velocità del vento comprese tra quella di avviamento e quella nominale, di mantenere costante la potenza nominale all'albero di trasmissione quando la velocità del vento aumenta e di bloccare la macchina in caso di venti estremi. Il moderno sistema di controllo del passo degli aerogeneratori permette di ruotare singolarmente le pale intorno al loro asse principale; questo sistema, in combinazione con i generatori a velocità variabile, ha portato ad un significativo miglioramento del funzionamento e del rendimento degli aerogeneratori.

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

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

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

6.1.1. Specifiche tecniche Aerogeneratori

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

GENERALI	
Temperatura di funzionamento	-40 °C / +50 °C
Intervallo di temperatura operativa NCV	-20 °C / +45 °C
Intervallo di temperatura operativa CCV	-30 °C / +45 °C
Max. altezza s.l.m.	2000 m
Cerificazioni	IEC 61400-1
Tipologia turbina	Rotore tripala ad asse orizzontale sopra-vento
Regolazione della potenza	Regolazione attiva singola pala
Potenza nominale	6000 kW
Velocità del vento per il raggiungimento della potenza nominale (con densità dell'aria di 1.225 kg/m ³)	Circa 13.0 m/s
Range velocità di funzionamento del rotore	Da 4.3 rpm a 12.1 rpm
Velocità nominale	Circa 10.4 rpm
Velocità vento di cut-in	3 m/s
Velocità vento di cut-out	24 m/s
Velocità vento di Cut-back-in	23 m/s
Vita di funzionamento stimata	≥ 20 anni
TORRE	
Tipologia	HH125 - 0077-2108
Altezza all' Hub	125 m
Classe vento	DIBt S/ IEC S
Numero di sezioni	6
ROTORE	
Diametro rotore	162.0 m
Area spazzata	20611 m ²
Potenza su superficie nominale	317 W/m ²
Angolo di inclinazione dell'albero rotore	6.0°
"Cone angle" della pala	6.0°
PALE DEL ROTORE	
Materiale	Fibra di vetro e fibra di carbonio rinforzata
Lunghezza totale	79.35 m
ALBERO ROTORE/CUSCINETTO ROTORE	
Tipologia	Albero cavo forgiato
Tipologia di cuscinetto	Cuscinetto a rulli sferici
Lubrificazione	Cadenziale con grasso lubrificante
FRENO MECCANICO	
Tipologia	Freno a disco attivo
Posizionamento	Sull'albero veloce
Numero pinze freni	1
Materiale delle pastiglie del freno	Pastiglie organiche
GEARBOX	
Tipologia	Ingranaggi planetari multi-stadi + stadio a ingranaggi cilindrici
Rapporto di trasmissione	50 Hz: i = 121.5 60 Hz: i = 145.8
Lubrificazione	Ad alimentazione forzata
Quantità d'olio incluso circuito di raffreddamento	Max. 800-1000 l
Temperatura max. olio	Circa 77° C

Cambio olio	Se richiesto (codici di pulizia dell'olio ISO 4406- /15/12)
IMPIANTO ELETTRICO	
Potenza nominale PnG	5850 kW
Voltaggio nominale	3 x AC 800 V ± 10 % (sulla specifica del codice di rete)
Corrente nominale durante la piena immissione di corrente reattiva InG a SnG	4876 A
Potenza apparente nominale SnG a PnG	6850 kVA
Frequenza	50 / 60 Hz
Peso totale	Circa 9 t
Isolamento	Esterno
Tensione nominale OV, Ur	720 V
Tensione di rete OV	19.1 – 22.0 kV 22.1 – 33.0 kV 33.1 – 36.0 kV
Frequenza nominale fr	50/60 Hz
Collegamento delle fasi	Dyn 11
Altitudine di installazione (slm)	2000 m
Potenza nominale apparente Sr	7000 kVA
Tensione di impedenza uz	8 bis tolleranza 9 % ± 10 %
Perdita di Potenza: Perdite inattive Perdite di cortocircuito	3000 W 70000 W
QUADRO MT	
Tensione nominale (dipendente dalla rete MT)	24, 36 o 40.5 kV
Corrente nominale	630 A
Durata nominale di corto circuito	1 s
Corrente nominale di corto circuito	24 kV: 16 kA 36/40.5 kV: 20 kA
Temperatura ambiente minima e massima durante il funzionamento	NCV: -25 °C a +45 °C CCV: -30 °C a +45 °C
Tipologia di connessione	Cono esterno tipo C secondo EN 50181
Interruttore	
Numero di cicli di commutazione con corrente nominale	E2
Numero di cicli di commutazione con interruzione corrente da cortocircuito	E2
Numero di cicli di commutazione meccanica	M1
Commutazione di correnti capacitive	Min. C1 - low
Sezionatore	
Numero di cicli di commutazione con corrente nominale	E3
Numero di cicli di commutazione con interruzione corrente da cortocircuito	E3
Numero di cicli di commutazione meccanica	M1
Sezionatore	
Numero di cicli di commutazione meccanica	M0
Interruttore di terra	
Numero di cicli di commutazione con interruzione corrente nominale da cortocircuito	E2
Numero di cicli di commutazione meccanica	≥ 1000
GENERATORE	
Grado di protezione	IP 54 (scatola anello di contatto IP 23)

Voltaggio statore	3x800 V
Frequenza	0-138 Hz
Intervallo di velocità	0-460 rpm
Poli	36
Peso	Circa 10.6 t
RAFFREDDAMENTO	
Gearbox	
Tipo	1 ° circuito di raffreddamento: circuito dell'olio con scambiatore di calore olio / acqua e bypass termico
Filtro	Filtro a maglia grossa 50 µm / filtro fine 10 µm / filtro ultrafine <5 µm
Scatola Generatore e Convertitore	
Tipo	Circuito idrico con scambiatore di calore acqua / aria e bypass termico
Refrigerante	Refrigerante a base di acqua e glicole
TRASFORMATORE	
tipologia	Trasformatore a immersione in liquido di progettazione ecocompatibile.
Tipologia di raffreddamento	KF/WF
Potenza nominale	7000 kVA
SISTEMA DI PASSO	
Cuscinetto del passo	Cuscinetto a contatto a quattro punti e doppia fila
Lubrificazione ingranaggi e binari	Lubrificazione periodica con grasso
Controllo del passo	Motori elettrici incl. freno planetario a molla e ingranaggio planetario multistadio
Alimentazione d'emergenza	Batterie
SISTEMA DI IMBARDATA	
Cuscinetto di imbardata	Anello di imbardata forgiato trattato termicamente. Cuscinetti a strisciamento PETP
Lubrificazione ingranaggi e binari	Lubrificazione periodica con grasso
Tipologia di imbardata	Ingranaggio planetario a più stadi
Velocità di imbardata	Circa 0.4°/s (50 Hz) - 0.5°/s (60 Hz)

6.1.2. Sistemi elettrici e di controllo interni

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

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

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

L'energia prodotta da ciascun aerogeneratore in bassa tensione viene trasformata a 32 kV con apposito trasformatore all'interno dell'aerogeneratore stesso.

6.1.3. Sistemi elettrici e di controllo esterni

L'energia prodotta verrà trasportata alla sottostazione elettrica 150/33 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 1,2 m. Tutto il cavidotto sarà realizzato il più possibile aderente ai tracciati stradali esistenti e collegherà gli aerogeneratori alla rete nazionale di distribuzione elettrica.

6.1.4. Descrizione dei componenti principali

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

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

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

- un quadro MT 33 kV composto da uno scomparto per l'arrivo dal trasformatore BT/MT e uno o due scomparti, a seconda della posizione della macchina nel radiale di collegamento alla stazione utente, per l'arrivo e la partenza dai quadri delle altre macchine del radiale;
- un quadro BT di alimentazione dei servizi ausiliari di cabina;
- un quadro BT di alimentazione del sistema di controllo e di emergenza.

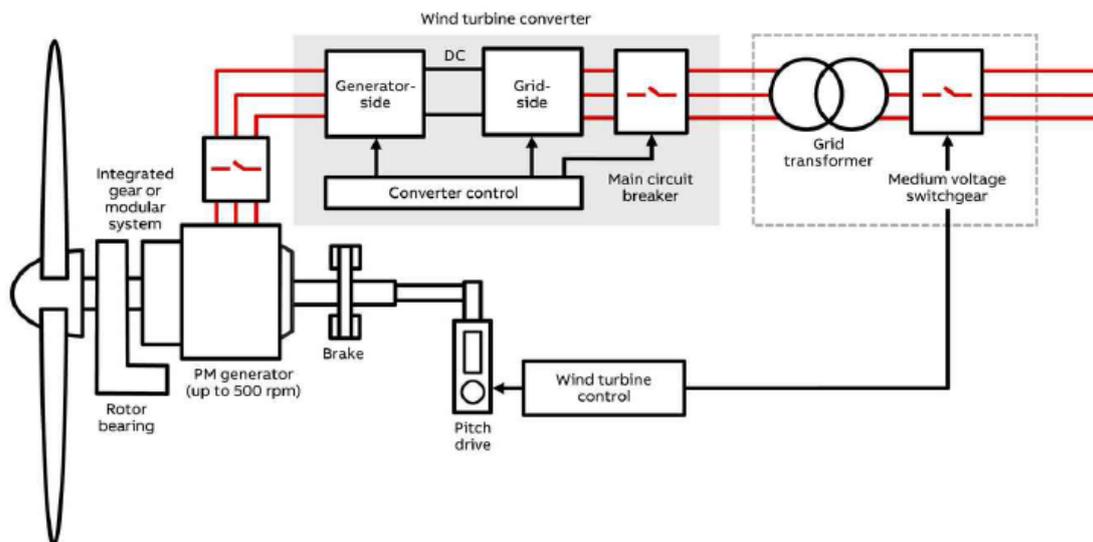


Figura 7 – Schematico aerogeneratore

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

AD AREA COMUNE PER LA CONDIVISIONE DELLO STALLO IN STAZIONE NUOVA SE 380/150KV - TERNA (DA INSERIRE IN ENTRA-ESCE ALLA LINEA RTN 380KV "TITIRI-SELARGIUS")

PARCO EOLICO DI "SUNI"
 CODICE PRATICA: 202001860
 POTENZA TOTALE IMPIANTO EOLICO: 60,0 MW

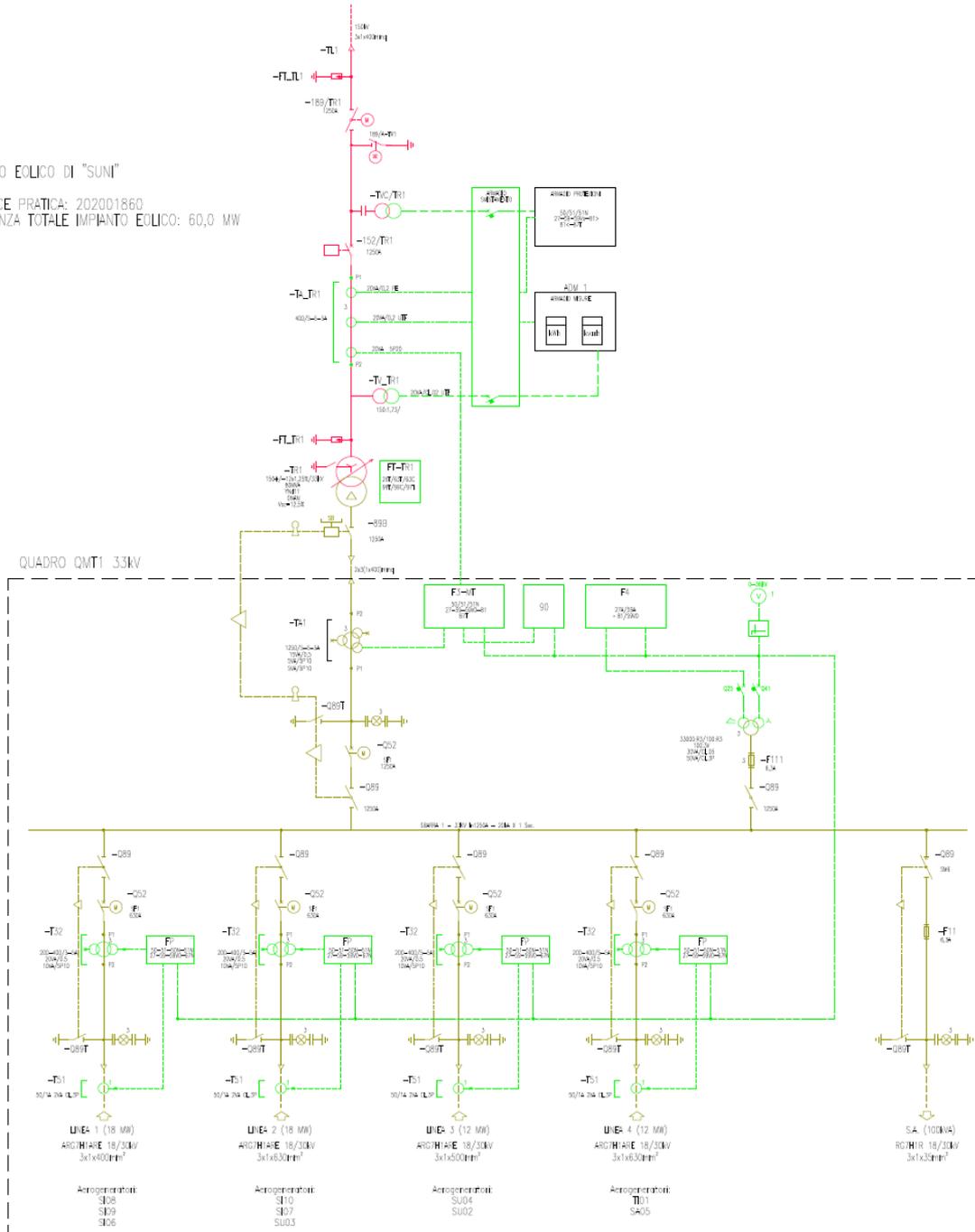


Figura 8 – Schema elettrico unifilare SSE Utente

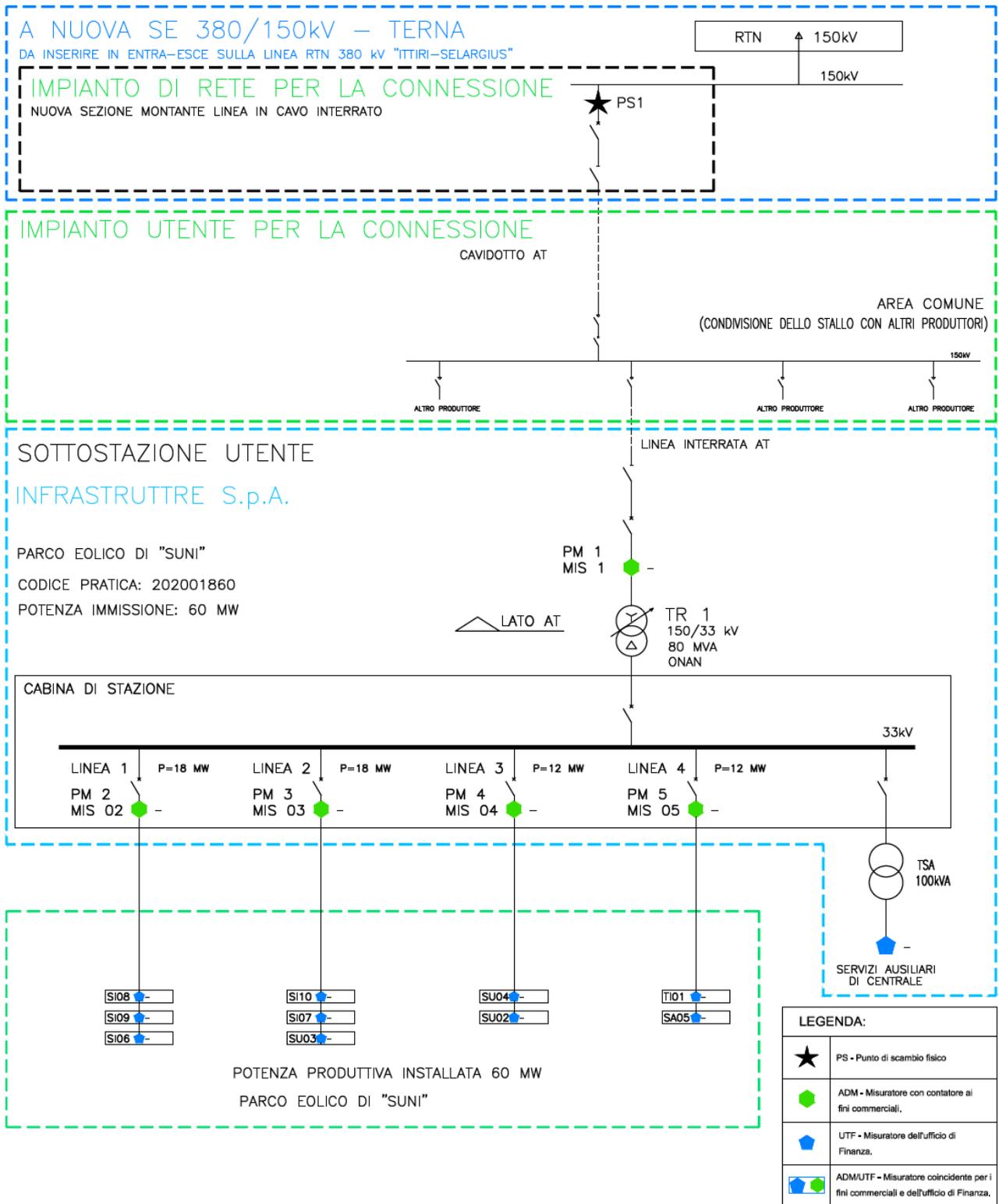


Figura 9 – Schema a blocchi Impianto di progetto

6.1.5. Schemi di funzionamento dei componenti dell'impianto

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

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

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

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

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

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

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

6.1.6. Potenza Stimata del Parco eolico

Una valutazione affidabile della producibilità energetica di un parco eolico deve essere basata su una campagna anemometrica, preferibilmente eseguita direttamente sul sito oggetto dell'indagine. È pur vero che, nella pratica, sono disponibili metodi di simulazione che consentono di eseguire delle valutazioni Anemologiche tramite reanalisi, ossia utilizzando modelli meteorologici basati su dati provenienti dai satelliti e/o da stazioni di misura terrestri rilevati in zone più o meno vaste (similmente a quanto avviene per il fotovoltaico). La metodologia tuttora considerata affidabile dagli istituti di credito è certamente la misurazione anemometrica tramite struttura fissa. La norma tecnica internazionale stabilisce che la struttura debba avere un'altezza pari ad almeno 2/3 del mozzo della futura turbina e che i dati raccolti dalla campagna Anemologica da un monitoraggio a lungo periodo.

L'area di progetto è stata monitorata tramite l'installazione di una torre TA93m in data 28/07/2021. L'area di installazione della TA93m è stata individuata ad una quota di circa 390 m s.l.m. circa, ed è situata in un punto abbastanza aperto senza ostacoli a pregiudicare l'intensità dei venti predominanti. Per la definizione del regime anemologico sulla zona interessata dal progetto d'impianto è stata pertanto impiegata una distribuzione virtuale (non avendo sufficienti dati a lungo periodo),

proposta dalla società GWA/VORTEX e derivante da modelli anemologici mesoscala con risoluzione di calcolo geografica pari a 50/100 m. Le frequenze di occorrenza della velocità vento di lungo periodo, estrapolate sulla posizione virtuale di coordinate (UTM/wgs84: 465106 Lg.E, 4458485 Lt.N), molto prossima a quella della turbina di progetto SU02 (circa 100 metri di distanza), e disponibili per un'altezza dal suolo pari a 120 m, vengono introdotte nel software di simulazione WASP sotto forma di file in formato [*].tab], contenente i dati discretizzati per 16 settori di provenienza del vento e per intervalli di velocità pari a 1 m/s, come riportato dalla seguente tabella:

Bin/Sector Occurrence Table

deg → m/s ↓	0.0	22.5	45.0	67.5	90.0	112.5	135.0	157.5	180.0	202.5	225.0	247.5	270.0	292.5	315.0	337.5	%
0-1	43.8	48.4	31.2	23.2	19.2	15.4	15.4	25.4	29.1	23.6	43.1	45.0	40.1	23.5	37.1	35.4	5.7
1-2	70.6	83.6	58.7	36.2	27.5	23.0	26.1	31.6	35.9	58.0	95.5	112.5	109.1	57.6	61.6	54.9	10.8
2-3	74.3	104.0	72.5	38.1	29.3	23.2	30.0	31.7	31.4	78.4	118.5	150.9	165.0	79.2	61.2	52.7	13.0
3-4	61.0	91.5	76.7	39.0	31.5	25.2	29.5	30.2	25.2	81.0	116.4	160.3	192.1	86.9	53.4	44.6	13.1
4-5	46.2	77.9	71.3	35.0	29.1	25.4	31.5	28.2	22.0	88.3	102.3	140.1	189.1	91.2	46.5	34.5	12.1
5-6	39.3	60.1	68.0	30.5	27.3	23.3	31.6	23.7	16.6	83.6	89.4	89.8	141.8	92.5	43.5	30.1	10.2
6-7	29.2	40.4	52.2	26.8	22.4	20.4	31.5	21.6	13.7	71.3	64.3	60.0	116.8	96.6	38.5	22.1	8.3
7-8	23.1	25.9	41.0	17.9	20.8	19.6	30.7	18.9	10.1	57.7	43.0	34.3	87.4	97.9	34.5	19.5	6.6
8-9	14.1	18.4	31.5	13.1	16.3	20.4	29.5	17.2	9.1	50.5	27.4	19.6	52.2	86.3	29.4	12.6	5.1
9-10	8.4	10.7	27.0	7.7	11.6	15.8	29.7	15.6	8.3	37.5	20.7	8.9	25.5	72.8	25.1	9.2	3.8
10-11	5.6	6.0	22.7	5.8	8.8	12.6	31.3	15.1	9.5	26.2	12.0	3.8	16.2	59.6	19.1	6.7	3.0
11-12	3.8	3.1	17.4	4.1	7.5	11.0	26.7	14.4	5.9	17.5	10.4	2.7	10.2	48.0	15.2	5.0	2.3
12-13	2.1	1.8	11.4	3.3	4.9	8.7	21.4	11.1	4.1	12.1	5.9	0.0	4.7	35.2	8.4	2.9	1.6
13-14	1.4	1.2	6.7	2.4	4.1	7.0	21.7	8.7	2.1	7.0	3.0	0.0	3.4	27.3	7.5	2.3	1.2
14-15	0.6	0.0	5.3	1.0	5.2	5.2	22.6	5.9	1.5	3.9	2.2	0.0	0.0	14.6	6.8	0.8	0.9
15-16	0.0	0.0	3.6	0.0	1.5	4.0	28.1	5.0	1.2	2.2	0.0	0.0	0.0	9.8	2.9	0.0	0.7
16-17	0.0	0.0	3.1	0.0	0.6	3.2	23.3	3.8	1.0	1.7	0.0	0.0	0.0	6.5	2.4	0.0	0.5
17-18	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	2.8	16.7	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	1.5	0.0	0.3
18-19	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	2.5	12.2	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	1.0	0.0	0.2
19-20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	10.3	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.7	0.0	0.2
20-21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	8.4	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.1
21-22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	6.4	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
22-23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
23-24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24-25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25-26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26-27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27-28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28-29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29-30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30-31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31-32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
%	4.8	6.5	6.9	3.2	3.1	3.1	6.1	3.6	2.6	8.0	8.6	9.4	13.2	11.4	5.7	3.8	

Figura 10 – Distribuzione VORTEX frequenze di occorrenza su posizione virtuale TA93m (h=100 m sls)

I dati forniti sono rappresentativi di un periodo equivalente di monitoraggio del vento pari a vent'anni, e quindi assunte come quelle attese di riferimento sul lungo periodo. Inoltre si forniscono le distribuzioni ad altezze dal suolo standard aggiuntive, con intervallo discretizzato variabile tra 10 m (altezze minori) e 20 m (altezze superiori), dalla minima di 50 m fino alla massima pari a 300 m. ai fini della producibilità sono state selezionate cinque altezze significative diverse nell'intervallo 50 m/100 m. Oltre alla minima di 50 m e la massima di 100 m, ovvero quella più conservativamente prossima all'altezza mozzo prevista di 125 m, sono state acquisite le distribuzioni a 70, 80 e 90 m sls, corrispondenti alle altezze di monitoraggio della stazione anemometrica installata in sito e prossima alla turbina SU02. La distribuzione verticale delle velocità vento medie annue rispetto al suolo è stata interpolata, impiegando la legge delle potenze, per stimare il coefficiente di wind shear locale. Il valore ottenuto, pari a 0.221, è stato quindi confrontato con quello calcolato

attraverso il codice WAsP, interpolando sempre con la legge delle potenze i valori di velocità generati dalla simulazione sulla posizione TA93m, alle stesse altezze dal suolo. La Tabella riportata di seguito riassume i risultati di tale confronto:

Altezza dal suolo [m]	Velocità del vento [m/s]		
	Virtual mast	WAsP 12.6	WAsP 12.6
	GWA/VORTEX	Input Vortex V(h=100m) = 5.77 m/s	Input Vortex V(h=50m) = 4.95 m/s
50	4.95	4.45	4.95
70	5.21	4.91	5.30
80	5.42	5.26	5.47
90	5.51	5.48	5.62
100	5.77	5.77	6.06
Coefficiente di WS (interpolazione)	0.113	0.242	0.221

Il valore di wind shear calcolato con WAsP si ripete in maniera sostanzialmente indipendente dalle altezze di input di Vortex, essendo strettamente legato alle caratteristiche del modello di terreno introdotto, in termini di altimetria e rugosità superficiale. La differenza riguarda il valore assoluto, estrapolato ad altezza mozzo, della velocità vento, sensibilmente più alto quanto più bassa è l'altezza di input delle distribuzioni Vortex, ed oscillante tra un minimo di **5.77 m/s** (dati Vortex ad h=100 m sls) ed un massimo di **6.06 m/s** (dati Vortex ad h=50 m sls). L'interpolazione delle medie annue, eseguita applicando la power law sui dati sperimentali, aveva ottenuto un valore di wind shear locale pari a 0.215, sensibilmente più alto del dato estrapolato sulle medie di Vortex, e pari a 0.113. Si è pertanto ritenuto di correggere, in fase di calcolo delle producibilità attese attraverso il codice WAsP, la media annua della velocità vento di lungo periodo di riferimento a 100 m sls da 5.77 m/s a 125 m = a 6.06 m/s, valore ottenuto estrapolando la velocità Vortex a 50 m sls (V=4.95 m/s) attraverso la legge delle potenze, applicando il valore di wind shear sperimentale pari a 0.221. Si riportano di seguito le distribuzioni "GWA-Vortex", ad altezza h=100 m sls, dei valori associati ai parametri di input anemologici implementati nel codice di simulazione WAsP V.12.6, nonché la relativa potenza specifica calcolata per ciascun settore di provenienza del vento.

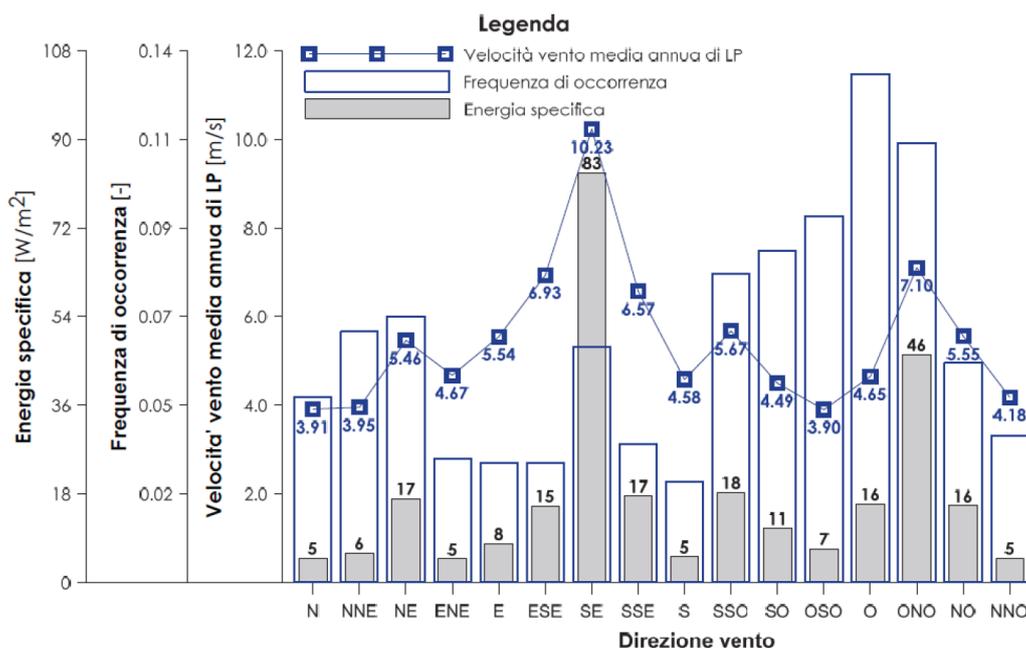


Figura 11 – Regime anemologico di LP ad h=100 m sls implementato in WAsP

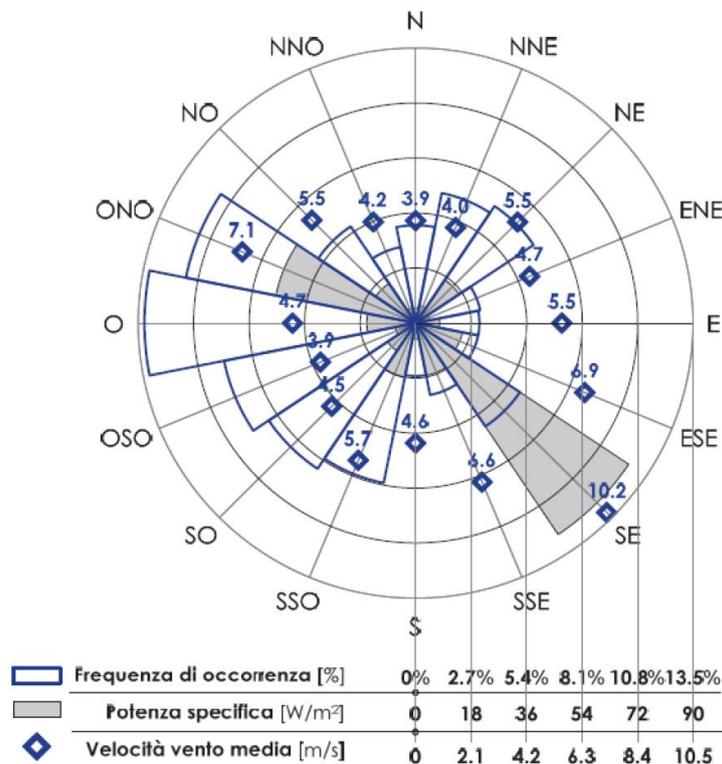


Figura 12 – Regime anemologico di LP ad h=100 m sls implementato in WAsP

Come si può constatare dall'osservazione delle distribuzioni dei parametri anemologici, sopra riportate sia per classi di velocità con step 1 m/s che per 16 settori di provenienza del vento, la risorsa eolica in sito è sostanzialmente concentrata lungo le due direzioni di provenienza, quasi allineate, di SudEst (Sciocco) ed Ovest/NordOvest (Ponente/Maestrale), dai cui settori viene alimentata una percentuale pari al 69% della quantità di energia complessivamente estraibile in sito, ripartita rispettivamente in misura del 42% e del 28%. La quota parte di risorsa rimanente, pari al 31%, è quasi omogeneamente sparsa sugli altri settori, senza picchi di concentrazione sensibilmente rilevanti. La dislocazione ottimale delle turbine dovrà pertanto seguire, compatibilmente con i vincoli territoriali, una direttrice di allineamento secondo schiere orientate lungo l'asse normale a quello delle direzioni prevalenti, e quindi preferibilmente lungo **SO/NE**.

Pertanto 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 3%) 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 6.0 MW e per un totale di 60.0 MW, avrà una producibilità netta stimata pari a **144,65 GWh/anno P₅₀** a cui corrispondono **2.411 Ore Equivalenti**.

Configurazione	Potenza installabile [MW]	AEP lorda, LP [GWh/anno]	Perdita scia [-]	Perdite fisse [-]	AEP netta, LP (P50) [GWh/anno]	Ore Equivalenti [MWh/MW/anno]
n° 10 wtg x 6 MW	60.0	159,12	3,5%	6,5%	144,65	2411

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

6.1.7. 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 10 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	20.4	22.0	21.6	22.9	26.1	29.2	31.5	32.0	32.5	32.5	31.9	31.0	30.1	29.2	28.1	27.0	25.5	23.9
8 Hz	26.9	28.5	28.2	29.6	32.8	35.8	38.1	38.6	39.0	38.9	38.3	37.5	36.6	35.8	34.8	33.7	32.3	30.7
10 Hz	32.7	34.2	34.1	35.5	38.6	41.7	43.9	44.4	44.8	44.6	44.1	43.3	42.4	41.7	40.6	39.7	38.3	36.9
12.5 Hz	38.2	39.7	39.6	41.1	44.2	47.2	49.5	49.9	50.2	50.0	49.5	48.7	47.9	47.2	46.2	45.3	44.1	42.7
16 Hz	43.9	45.3	45.3	46.9	50.0	52.9	55.2	55.6	55.8	55.6	55.1	54.4	53.6	53.0	52.1	51.2	50.0	48.8
20 Hz	48.8	50.1	50.2	51.8	54.9	57.8	60.0	60.4	60.6	60.4	59.9	59.2	58.5	57.8	57.0	56.2	55.1	53.9
25 Hz	53.3	54.6	54.7	56.4	59.4	62.4	64.6	64.9	65.1	64.8	64.3	63.7	63.0	62.4	61.6	60.9	59.9	58.8
31.5 Hz	57.6	58.9	59.1	60.8	63.8	66.7	68.9	69.2	69.4	69.1	68.6	68.0	67.4	66.9	66.1	65.4	64.5	63.5
40 Hz	61.8	63.0	63.3	65.0	68.0	70.9	73.1	73.3	73.4	73.2	72.7	72.2	71.6	71.1	70.4	69.8	68.9	68.0
50 Hz	65.4	66.5	66.8	68.5	71.6	74.4	76.6	76.9	76.9	76.7	76.2	75.7	75.2	74.7	74.1	73.5	72.8	71.9
63 Hz	68.8	69.8	70.1	71.9	74.9	77.8	79.9	80.2	80.2	80.0	79.6	79.1	78.6	78.2	77.6	77.1	76.4	75.6
80 Hz	71.9	72.9	73.2	75.0	78.0	80.9	83.0	83.2	83.2	83.0	82.6	82.2	81.8	81.4	80.9	80.4	79.8	79.1
100 Hz	74.5	75.4	75.8	77.6	80.6	83.4	85.6	85.8	85.8	85.5	85.2	84.8	84.4	84.1	83.6	83.2	82.7	82.1
125 Hz	76.8	77.6	78.0	79.9	82.9	85.7	87.8	88.0	88.0	87.8	87.5	87.1	86.8	86.5	86.1	85.7	85.2	84.7
160 Hz	79.0	79.7	80.1	82.0	85.0	87.8	89.9	90.1	90.1	89.9	89.6	89.3	89.0	88.8	88.4	88.1	87.7	87.3
200 Hz	80.7	81.3	81.7	83.6	86.6	89.4	91.5	91.7	91.6	91.4	91.2	91.0	90.7	90.5	90.2	90.0	89.6	89.2
250 Hz	82.0	82.6	82.9	84.8	87.8	90.6	92.7	92.9	92.8	92.7	92.5	92.3	92.1	91.9	91.7	91.5	91.2	90.9
315 Hz	83.1	83.6	83.9	85.8	88.8	91.6	93.7	93.9	93.8	93.7	93.5	93.4	93.2	93.1	93.0	92.8	92.6	92.3
400 Hz	83.8	84.2	84.5	86.4	89.4	92.2	94.3	94.5	94.4	94.3	94.3	94.2	94.1	94.0	93.9	93.8	93.6	93.4
500 Hz	84.2	84.5	84.8	86.7	89.7	92.5	94.6	94.7	94.7	94.7	94.6	94.6	94.5	94.5	94.4	94.4	94.3	94.2
630 Hz	84.3	84.5	84.7	86.6	89.6	92.4	94.5	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.6	94.6
800 Hz	84.0	84.1	84.3	86.2	89.2	92.0	94.1	94.3	94.3	94.3	94.4	94.4	94.5	94.5	94.6	94.6	94.7	94.7
1 kHz	83.5	83.4	83.5	85.4	88.4	91.2	93.3	93.5	93.6	93.7	93.8	93.9	94.0	94.1	94.2	94.3	94.4	94.5
1.25 kHz	82.6	82.4	82.5	84.4	87.4	90.2	92.3	92.5	92.6	92.7	92.9	93.0	93.2	93.3	93.5	93.6	93.8	93.9
1.6 kHz	81.2	81.0	80.9	82.8	85.8	88.6	90.8	91.0	91.1	91.3	91.5	91.8	92.0	92.1	92.3	92.5	92.7	93.0
2 kHz	79.7	79.3	79.2	81.1	84.1	86.9	89.0	89.3	89.4	89.7	90.0	90.3	90.5	90.7	91.0	91.2	91.5	91.8
2.5 kHz	77.9	77.4	77.1	79.0	82.0	84.9	87.0	87.2	87.4	87.8	88.1	88.5	88.8	89.0	89.3	89.6	89.9	90.3
3.15 kHz	75.7	75.0	74.7	76.5	79.6	82.4	84.6	84.8	85.0	85.5	85.9	86.3	86.7	87.0	87.3	87.6	88.0	88.4
4 kHz	73.0	72.2	71.8	73.6	76.6	79.5	81.7	82.0	82.2	82.7	83.2	83.7	84.1	84.5	84.9	85.2	85.7	86.1
5 kHz	70.2	69.3	68.7	70.5	73.6	76.5	78.7	79.0	79.3	79.9	80.4	81.0	81.4	81.8	82.3	82.7	83.2	83.7
6.3 kHz	67.0	65.9	65.2	67.0	70.1	73.0	75.2	75.5	75.9	76.6	77.2	77.8	78.3	78.7	79.3	79.7	80.2	80.8
8 kHz	63.3	62.1	61.3	63.0	66.1	69.1	71.3	71.6	72.1	72.8	73.5	74.2	74.8	75.2	75.8	76.3	76.9	77.5
10 kHz	59.6	58.2	57.2	58.9	62.1	65.0	67.3	67.6	68.2	69.0	69.8	70.5	71.1	71.6	72.3	72.8	73.4	74.1
A-wgt	93.9	94.1	94.3	96.2	99.2	102.0	104.1	104.3	104.3	104.3	104.3	104.3	104.3	104.3	104.3	104.3	104.3	104.3

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

Classificazione Acustica	Valori Limite Emissione L _{Aeq,TR} [dBA]		Valori Limite Immissione L _{Aeq,TR} [dBA]	
	6÷22h	22÷6h	6÷22h	22÷6h
I - Aree particolarmente protette	45	35	50	40
II - Aree a uso prevalente residenziale	50	40	55	45
III - Aree di tipo misto	55	45	60	50
IV - Aree di intensa attività umana	60	50	65	55
V - Aree prevalentemente industriali	65	55	70	60
VI - Aree esclusivamente industriali	65	65	70	70

I principali ricettori circostanti al Parco Eolico in progetto ricadano nel territorio dei Comuni di Sagama, Sindia, Suni, Tinnura e Scano di Monteferro (quest'ultimo è l'unico Comune sul quale non è prevista l'installazione di aerogeneratori). Si riporta, in tabella, l'attuale stato di approvazione dei Piani di Classificazione Acustica dei suddetti Comuni. Solo i Comuni di Sagama e Tinnura hanno approvato definitivamente un Piano di Classificazione Acustica Comunale. Il Comune di Suni ha adottato un Piano (non ancora approvato) mentre i Comuni di Scano di Monteferro e Sindia ne sono ancora sprovvisti.

Comune	Stato di approvazione del P.d.C.A.
Sagama	Approvato con D.C.C. n. 23 del 29/09/2006
Scano di Monteferro	Assente
Sindia	Assente
Suni	Adottato con D.C.C. n. 25 del 03/08/2007
Tinnura	Approvato con D.C.C. n. 22 del 09/10/2007

Gli estratti dei Piani dei Comuni zonizzati (Sagama, Suni e Tinnura), da cui risulta che il territorio in cui ricadono i ricettori interessati dal progetto è classificato nelle **Classi I / II / III**.

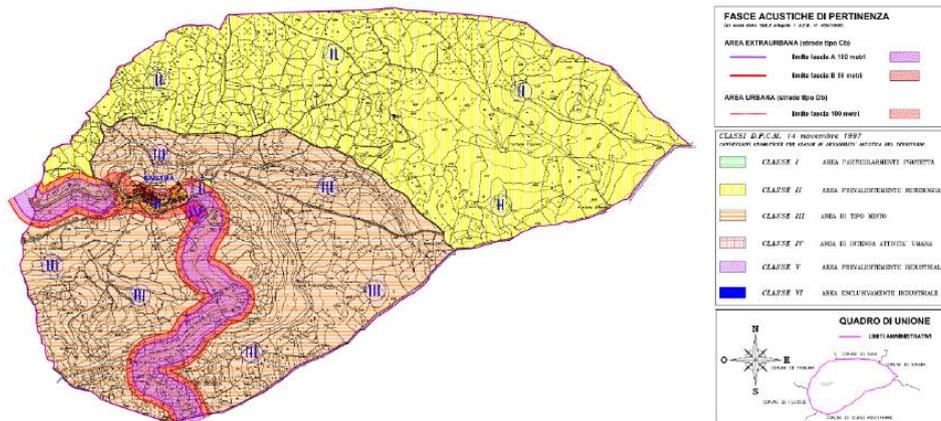


Figura 13 – Estratto P.d.C.A del Comune di Sagama

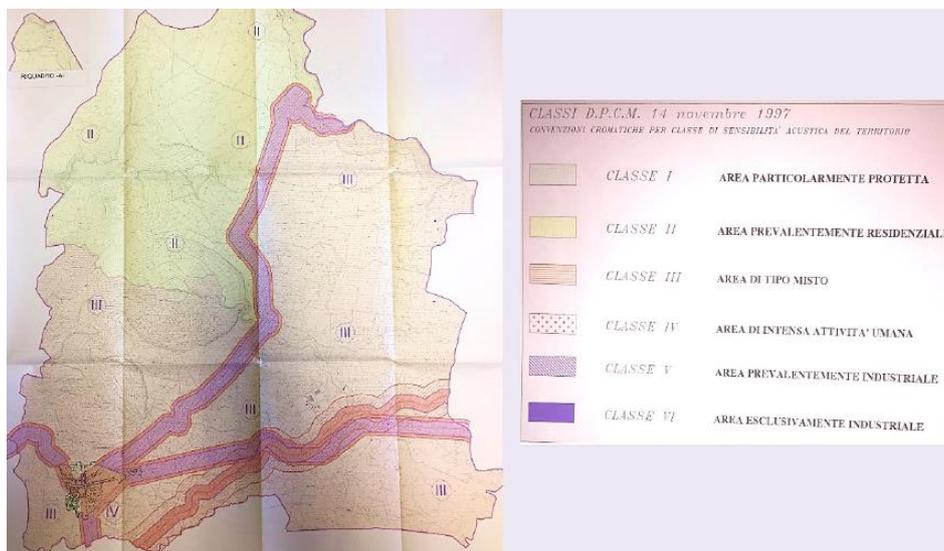


Figura 14 – Estratto P.d.C.A del Comune di Suni



Figura 15 – Estratto P.d.C.A del Comune di Tinnura

Per quanto concerne i Comuni di Scano di Monteferro e Sindia, non avendo questi approvato né adottato un Piano di Classificazione Acustica del territorio ai sensi della Legge n. 447/1995, in ottemperanza all’Allegato E, Punto 4.2.3. della D.G.R. Sardegna n. 59/90 del 27/11/2020, si provvede a ipotizzare la classe acustica da assegnare all’area interessata. Considerato che il territorio in esame presenta caratteristiche tipicamente rurali con presenza di attività agro-pastorali, in conformità alle linee guida regionali della D.G.R. Sardegna n. 30/9 del 08/07/2005 e in analogia a quanto già fatta in altri comuni della regione, l’area di studio dei Comuni di Scano di Monteferro e Sindia è stata classificata nella **Classe III**. Ai sensi del D.P.C.M. del 14/11/1997 rientrano infatti in tale classe le *“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
VERDE	I	aree particolarmente protette	50	40	45	35	47	37
GIALLO	II	aree ad uso prevalentemente residenziale	55	45	50	40	52	42
ARANCIONE	III	aree di tipo misto	60	50	55	45	57	47
ROSSO	IV	aree di intensa attività umana	65	55	60	50	62	52
VIOLE	V	aree prevalentemente industriali	70	60	65	55	67	57
BLU	VI	aree esclusivamente industriali	70	70	65	65	70	70

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 accatastati 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:

RIC	Coordinate UTM		Classe Catasto	Comune	Classe DPCM	Tipologia di ricettore
	X Est [m]	Y Nord [m]				
REC_01	32466722	4460061	D/10	Suni	III	Edificio rurale verosimilmente abitato 24h
REC_03	32466303	4459913	A/4-C/2	Suni	III	Casa Cantoniera ANAS Rudere disabitato
REC_07	32465443	4459394	D/10	Suni	III	Corpo aziendale a uso agro-pastorale Presenza umana solo diurna 6-22h
REC_14	32464695	4458707	D/10	Tinnura	I	Corpo aziendale a uso agro-pastorale Presenza umana solo diurna 6-22h
REC_25	32463827	4458205	A/3	Tinnura	I	Edificio rurale Abitato saltuariamente
REC_29	32466467	4459284	A/3	Suni	III	Edificio rurale Abitato 24h
REC_35	32465655	4458678	D/10	Suni	III	Corpo aziendale a uso agro-pastorale Presenza umana solo diurna 6-22h
REC_40	32465662	4457943	D/10	Sagama	II	Corpo aziendale a uso agro-pastorale Presenza umana solo diurna 6-22h
REC_47	32465604	4457377	D/10	Sagama	II	Corpo aziendale a uso agro-pastorale Presenza umana solo diurna 6-22h
REC_51	32467867	4457455	D/10	Sagama	II	Corpo aziendale a uso agro-pastorale Presenza umana solo diurna 6-22h
REC_61	32467081	4456515	D/10	Scano	III	Edificio rurale verosimilmente abitato 24h
REC_67	32470368	4458295	D/10	Sindia	III	Edificio rurale verosimilmente abitato 24h
REC_82	32471115	4457286	D/10	Sindia	III	Corpo aziendale a uso agro-pastorale Presenza umana solo diurna 6-22h
REC_85	32471131	4456241	D/10	Sindia	III	Corpo aziendale a uso agro-pastorale Presenza umana solo diurna 6-22h
REC_87	32471447	4457227	D/10	Sindia	III	Corpo aziendale a uso agro-pastorale Presenza umana solo diurna 6-22h
REC_91	32471966	4458080	D/10	Sindia	III	Corpo aziendale a uso agro-pastorale Presenza umana solo diurna 6-22h

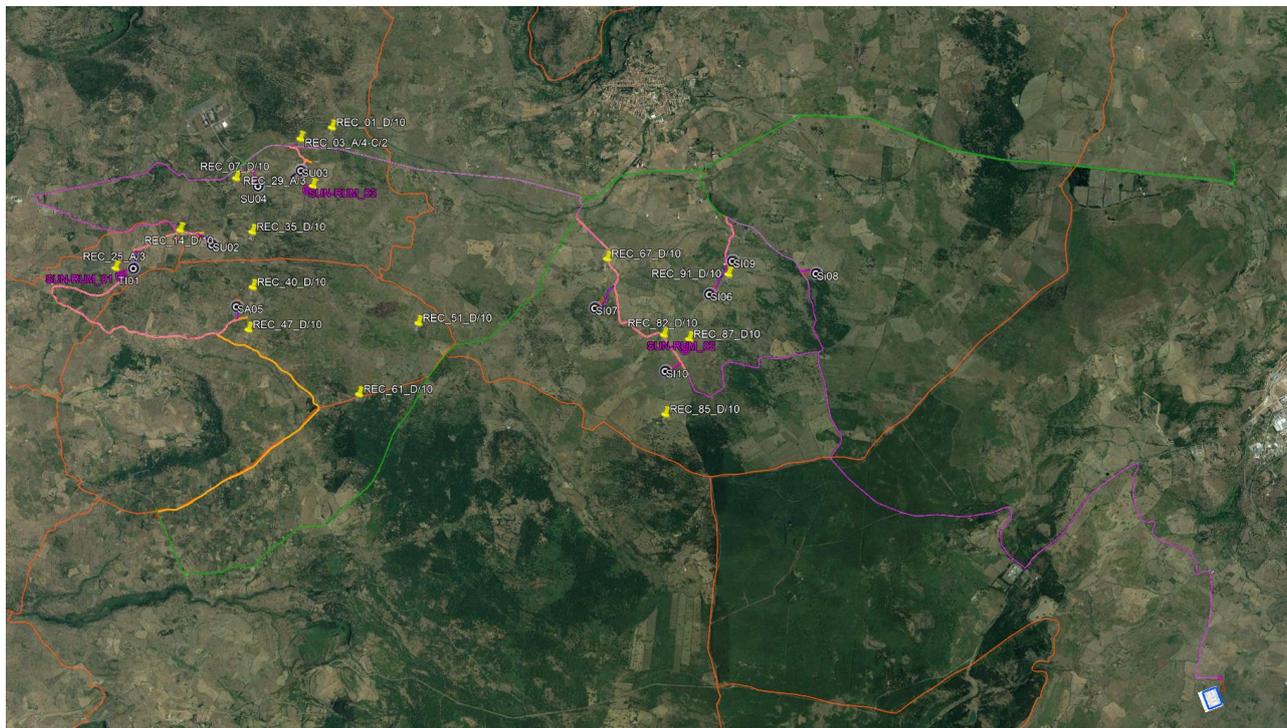


Figura 16 – Collocazione geografica dei Ricettori rispetto alle turbine di impianto

La parte di territorio interessata dalla realizzazione del Parco eolico è caratterizzata 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.

L'indagine ha previsto l'installazione di n. 3 postazioni fonometriche fisse con rilievo in continuo del rumore ambientale per 24 ore, affiancate da n. 3 centraline meteorologiche per la validazione dei dati acustici e l'analisi di correlazione dei livelli sonori misurati con le velocità del vento rilevate.

Le postazioni di misura sono state collocate in prossimità dei ricettori e raffigurati nella Figura16, precisamente:

- Postazione **SUN_RUM_01**, presso il Ricettore **REC 25** (corpo aziendale A/3 a uso agro-pastorale 6-22h);
- Postazione **SUN_RUM_02**, presso il Ricettore **REC 87** (edificio rurale A/3 a uso agro-pastorale 6-22h);
- Postazione **SUN_RU_03**, presso il Ricettore **REC 29** (edificio rurale D/10 a uso abitativo 24h).

I rilievi strumentali per i 3 ricettori hanno riportato i valori indicate nella seguente tabella:

Postazione	Rif. Scheda	TM = TR	L _{Aeq,TR} [dBA]	Lim IMM [dBA]	L _{A50,TR} [dBA]	L _{A90,TR} [dBA]
SUN_RUM_01	A1.5	06.00÷22.00	43.0	50	40.0	33.5
14h00 23/06/2021	A1.5	22.00÷06.00	38.5	40	33.0	22.5
14h00 24/06/2021						
SUN_RUM_02	A2.5	06.00÷22.00	41.5	60	38.5	32.0
17h00 23/06/2021	A2.5	22.00÷06.00	35.0	50	31.5	21.5
17h00 24/06/2021						
SUN_RUM_03	A3.5	06.00÷22.00	53.0 (*)	60	37.5	31.0
13h00 23/06/2021	A3.5	22.00÷06.00	57.5 (*)	50	35.0	26.5
13h00 24/06/2021						

(*) Notevole influenza acustica di attività agro-pastorali, di avifauna e grilli. È meglio considerare il LA50

Presso la postazione RUM_03 è rispettato solo il limite diurno mentre è superato il limite notturno. Gli elevati livelli sonori misurati nella postazione non sono tuttavia dovuti al clima acustico dell'area bensì alle attività agro-pastorali dell'azienda agricola (REC 29). Significativo nel periodo notturno è stato inoltre il contributo acustico dei grilli, dell'avifauna e degli animali presenti nella stessa azienda agricola. Allo stato attuale non si evincono particolari criticità essendo i valori di emissione inferiori ai limiti della classe acustica III.

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.

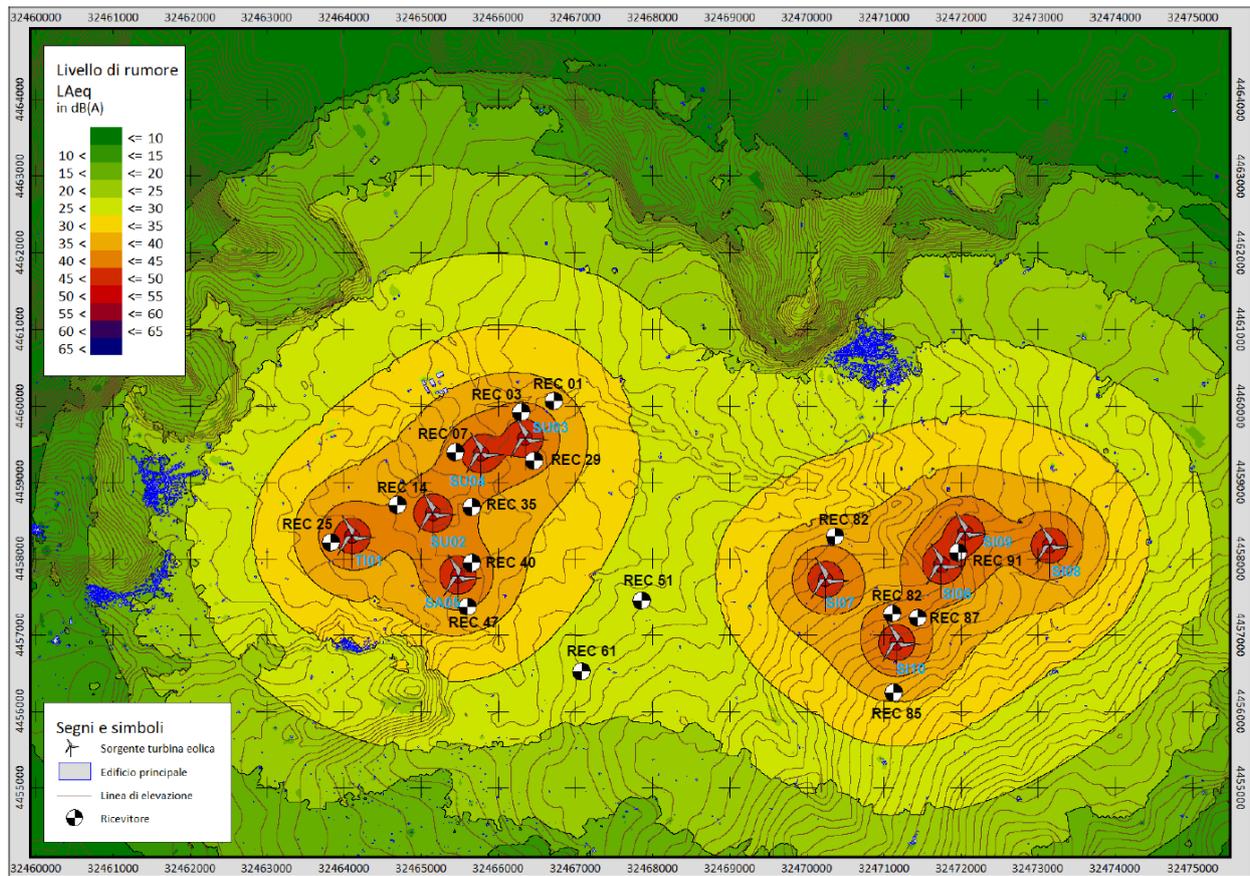


Figura 17 – Mappe del rumore in fase di esercizio con massima emissione 104.3 dB(A)/cad

Le condizioni acustiche sono state impostate assumendo il funzionamento di tutti gli aerogeneratori alla massima potenza con i ricettori sottovento per tutta la durata del periodo di riferimento. Si evidenzia che la verifica dei limiti notturni è stata condotta solo per i ricettori REC 36, REC 41, REC 54, REC 57, REC 59 e REC 63, essendo questi gli unici edifici rurali a uso abitativo con potenziale presenza di persone durante la notte. Inoltre solo nel caso del ricettore REC 63 (azienda agricola con annesso edificio rurale a uso abitativo) si sono considerati i livelli sonori 50° percentili ($L_{A50, TM}$) al posto dei livelli equivalenti ($L_{Aeq, TM}$) in quanto questi ultimi risultano essere stati notevolmente influenzati in entrambi i periodi di riferimento dal rumore degli animali da cortile (polli, tacchini, pavoni) presenti nel pollaio e nell’*aia* a ridosso dell’edificio rurale.

I restanti ricettori sono stati esclusi dalla verifica notturna poiché, trattandosi di corpi aziendali a uso agro-pastorale, sono utilizzati esclusivamente durante il giorno.

Di seguito si riportano i dati ottenuti sia in periodo diurno che notturno.

Periodo *DIURNO*:

RICETTORE				EMISSIONE			IMMISSIONE				
ID	Uso (castasto)	Comune	Classe DPCM	EMI [dBA]	LIM [dBA]	VERIFICA	Rif. PM	RES [dBA]	IMM [dBA]	LIM [dBA]	VERIFICA
REC_01	D/10	Suni	III	37.5	55	OK	RUM_03	37.5	40.5	60	OK
REC_03	A/4-C/2	Suni	III	42.7	55	OK	RUM_03	37.5	43.8	60	OK
REC_07	D/10	Suni	III	43.1	55	OK	RUM_03	37.5	44.2	60	OK
REC_14	D/10	Tinnura	I	41.0	45	OK	RUM_01	43.0	45.1	50	OK
REC_25	A/3	Tinnura	I	42.9	45	OK	RUM_01	43.0	46.0	50	OK
REC_29	A/3	Suni	III	43.1	55	OK	RUM_03	37.5	44.2	60	OK
REC_35	D/10	Suni	III	40.9	55	OK	RUM_03	37.5	42.5	60	OK
REC_40	D/10	Sagama	II	45.0	50	OK	RUM_01	43.0	47.1	55	OK
REC_47	D/10	Sagama	II	40.4	50	OK	RUM_01	43.0	44.9	55	OK
REC_51	D/10	Sagama	II	28.1	50	OK	RUM_01	43.0	43.1	55	OK
REC_61	D/10	Scano	III	27.2	55	OK	RUM_01	43.0	43.1	60	OK
REC_67	D/10	Sindia	III	38.0	55	OK	RUM_02	41.5	43.1	60	OK
REC_82	D/10	Sindia	III	41.7	55	OK	RUM_02	41.5	44.6	60	OK
REC_85	D/10	Sindia	III	36.5	55	OK	RUM_02	41.5	42.7	60	OK
REC_87	D/10	Sindia	III	41.2	55	OK	RUM_02	41.5	44.4	60	OK
REC_91	D/10	Sindia	III	46.6	55	OK	RUM_02	41.5	47.8	60	OK

Periodo *NOTTURNO*:

RICETTORE				EMISSIONE			IMMISSIONE				
ID	Uso (castasto)	Comune	Classe DPCM	EMI [dBA]	LIM [dBA]	VERIFICA	Rif. PM	RES [dBA]	IMM [dBA]	LIM [dBA]	VERIFICA
REC_01	D/10	Suni	III	37.5	45	OK	RUM_03	35.0	39.4	50	OK
REC_03	A/4-C/2	Suni	III	42.7	45	OK	RUM_03	35.0	43.4	50	OK
REC_07	D/10	Suni	III	Corpo aziendale a uso diurno			Corpo aziendale a uso diurno				
REC_14	D/10	Tinnura	I	Corpo aziendale a uso diurno			Corpo aziendale a uso diurno				
REC_25	A/3	Tinnura	I	42.9	35	NO	RUM_01	38.5	44.2	40	NO
REC_29	A/3	Suni	III	43.1	45	OK	RUM_03	35.0	43.7	50	OK
REC_35	D/10	Suni	III	Corpo aziendale a uso diurno			Corpo aziendale a uso diurno				
REC_40	D/10	Sagama	II	Corpo aziendale a uso diurno			Corpo aziendale a uso diurno				
REC_47	D/10	Sagama	II	Corpo aziendale a uso diurno			Corpo aziendale a uso diurno				
REC_51	D/10	Sagama	II	Corpo aziendale a uso diurno			Corpo aziendale a uso diurno				
REC_61	D/10	Scano	III	27.2	45	OK	RUM_01	38.5	38.8	50	OK
REC_67	D/10	Sindia	III	38.0	45	OK	RUM_02	35.0	39.8	50	OK
REC_82	D/10	Sindia	III	Corpo aziendale a uso diurno			Corpo aziendale a uso diurno				
REC_85	D/10	Sindia	III	Corpo aziendale a uso diurno			Corpo aziendale a uso diurno				
REC_87	D/10	Sindia	III	Corpo aziendale a uso diurno			Corpo aziendale a uso diurno				
REC_91	D/10	Sindia	III	Corpo aziendale a uso diurno			Corpo aziendale a uso diurno				

Da ciò si evince che presso tutti i ricettori esaminati i limiti assoluti di emissione e immissione sonora sono rispettati in entrambi i periodi di riferimento, sia diurno sia notturno.

L'unica eccezione è rappresentata dal ricettore REC 25 dove non sono rispettati i limiti di emissione e immissione nel periodo notturno. Il superamento è sostanzialmente dovuto al fatto che il suddetto ricettore ricade in una zona di Classe I, con limiti assoluti molto restrittivi. In realtà, il ricettore REC 25, per quanto censito catastalmente come fabbricato tipo "A3 - abitazione di tipo economico", si configura piuttosto come fabbricato a uso agropastorale, utilizzato saltuariamente nel solo periodo diurno.

Si ricorda che ai sensi dell'art. 4 del D.P.C.M 14/11/1997 si definisce il livello di rumore differenziale come la differenza tra il livello di rumore ambientale e il livello di rumore residuo. In caso di ambienti abitativi tale valore non deve superare i valori limiti di immissione:

- 5 dB(A) per il periodo diurno (6-22h);
- 3 dB(A) per il periodo notturno (22-6h).

Inoltre ai sensi dell'art. 4 comma 2 del D.P.C.M 14/11/1997, i valori limite differenziali non si applicano nei seguenti casi, in quanto ogni effetto di disturbo del rumore e da ritenersi trascurabile:

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

A questo proposito il Punto 2 della Circolare del 06/09/2004 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio precisa che non è necessaria la contemporaneità delle due condizioni per la non applicabilità del criterio differenziale.

Al fine quindi di valutare i livelli di pressione sonora interni alle abitazioni con finestre aperte, con riferimento sia a evidenze sperimentali sia a quanto indicato nel Punto 4.5.2 della Norma UNI/TS 11143-7:2013 "Acustica - Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti - Parte 7: Rumore degli aerogeneratori" nonché nell'Appendice Z della Norma ISO/R 1996-1971, si è assunta una differenza di -5 dB(A) fra livelli sonori esterni e livelli sonori interni con le finestre aperte.

Si è calcolato il livello sonoro differenziale (LD) come differenza aritmetica tra il livello di rumore ambientale e il livello di rumore residuo nell'ambiente interno. Il livello differenziale è stato considerato conforme se inferiore al limite differenziale, pari a 5 dB(A) nel periodo diurno e 3 dB(A) nel periodo notturno.

Pertanto si evince quanto segue:

Livelli differenziali periodo **DIURNO**:

RICETTORE				ESTERNO				INTERNO				
ID	Uso (castasto)	Comune	Classe DPCM	Rif. PM	RES [dBA]	EMI [dBA]	AMB [dBA]	AMB [dBA]	RES [dBA]	DIFF [dBA]	LIM [dBA]	VERIFICA
REC_01	D/10	Suni	III	RUM_03	37.5	37.5	40.5	35.5	n.a.	n.a.	n.a.	OK
REC_03	A/4-C/2	Suni	III	RUM_03	37.5	42.7	43.8	38.8	n.a.	n.a.	n.a.	OK
REC_07	D/10	Suni	III	RUM_03	37.5	43.1	44.2	39.2	n.a.	n.a.	n.a.	OK
REC_14	D/10	Tinnura	I	RUM_01	43.0	41.0	45.1	40.1	n.a.	n.a.	n.a.	OK
REC_25	A/3	Tinnura	I	RUM_01	43.0	42.9	46.0	41.0	n.a.	n.a.	n.a.	OK
REC_29	A/3	Suni	III	RUM_03	37.5	43.1	44.2	39.2	n.a.	n.a.	n.a.	OK
REC_35	D/10	Suni	III	RUM_03	37.5	40.9	42.5	37.5	n.a.	n.a.	n.a.	OK
REC_40	D/10	Sagama	II	RUM_01	43.0	45.0	47.1	42.1	n.a.	n.a.	n.a.	OK
REC_47	D/10	Sagama	II	RUM_01	43.0	40.4	44.9	39.9	n.a.	n.a.	n.a.	OK
REC_51	D/10	Sagama	II	RUM_01	43.0	28.1	43.1	38.1	n.a.	n.a.	n.a.	OK
REC_61	D/10	Scano	III	RUM_01	43.0	27.2	43.1	38.1	n.a.	n.a.	n.a.	OK
REC_67	D/10	Sindia	III	RUM_02	41.5	38.0	43.1	38.1	n.a.	n.a.	n.a.	OK
REC_82	D/10	Sindia	III	RUM_02	41.5	41.7	44.6	39.6	n.a.	n.a.	n.a.	OK
REC_85	D/10	Sindia	III	RUM_02	41.5	36.5	42.7	37.7	n.a.	n.a.	n.a.	OK
REC_87	D/10	Sindia	III	RUM_02	41.5	41.2	44.4	39.4	n.a.	n.a.	n.a.	OK
REC_91	D/10	Sindia	III	RUM_02	41.5	46.6	47.8	42.8	n.a.	n.a.	n.a.	OK

n.a. = limite differenziale non applicabile perché il livello ambiente interno è minore di 50 dB(A) (art. 4, c. 2, D.P.C.M. 14/11/1997)

Livelli differenziali periodo *NOTTURNO*:

RICETTORE				ESTERNO				INTERNO				
ID	Uso (castasto)	Comune	Classe DPCM	Rif. PM	RES [dBA]	EMI [dBA]	AMB [dBA]	AMB [dBA]	RES [dBA]	DIFF [dBA]	LIM [dBA]	VERIFICA
REC_01	D/10	Suni	III	RUM_03	35.0	37.5	39.4	34.4	n.a.	n.a.	n.a.	OK
REC_03	A/4-C/2	Suni	III	RUM_03	35.0	42.7	43.4	38.4	n.a.	n.a.	n.a.	OK
REC_07	D/10	Suni	III	Corpo aziendale a uso diurno				Corpo aziendale a uso diurno				
REC_14	D/10	Tinnura	I	Corpo aziendale a uso diurno				Corpo aziendale a uso diurno				
REC_25	A/3	Tinnura	I	RUM_01	38.5	42.9	44.2	39.2	n.a.	n.a.	n.a.	OK
REC_29	A/3	Suni	III	RUM_03	35.0	43.1	43.7	38.7	n.a.	n.a.	n.a.	OK
REC_35	D/10	Suni	III	Corpo aziendale a uso diurno				Corpo aziendale a uso diurno				
REC_40	D/10	Sagama	II	Corpo aziendale a uso diurno				Corpo aziendale a uso diurno				
REC_47	D/10	Sagama	II	Corpo aziendale a uso diurno				Corpo aziendale a uso diurno				
REC_51	D/10	Sagama	II	Corpo aziendale a uso diurno				Corpo aziendale a uso diurno				
REC_61	D/10	Scano	III	RUM_01	38.5	27.2	38.8	33.8	n.a.	n.a.	n.a.	OK
REC_67	D/10	Sindia	III	RUM_02	35	38.0	39.8	34.8	n.a.	n.a.	n.a.	OK
REC_82	D/10	Sindia	III	Corpo aziendale a uso diurno				Corpo aziendale a uso diurno				
REC_85	D/10	Sindia	III	Corpo aziendale a uso diurno				Corpo aziendale a uso diurno				
REC_87	D/10	Sindia	III	Corpo aziendale a uso diurno				Corpo aziendale a uso diurno				
REC_91	D/10	Sindia	III	Corpo aziendale a uso diurno				Corpo aziendale a uso diurno				

n.a. = limite differenziale non applicabile perché il livello ambiente interno è minore di 40 dB(A) (art. 4, c. 2, D.P.C.M. 14/11/1997)

Sulla base dei valori ottenuti si prevede che i limiti differenziali di rumore in ambiente abitativo, dove applicabili, sono rispettati presso tutti i ricettori esaminati in entrambi i periodi di riferimento, sia diurno sia notturno.

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

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

L'attività del cantiere, che normalmente interesserà il solo periodo diurno su un turno di 8 ore lavorative può essere così sintetizzata:

- sistemazione della viabilità esistente;
- realizzazione della viabilità di cantiere per accedere ai siti dei nuovi aerogeneratori;
- scavo per le fondazioni degli aerogeneratori;
- realizzazione delle fondazioni degli aerogeneratori (armature + getti calcestruzzo);
- trasporto e montaggio degli aerogeneratori;
- realizzazione della linea di connessione alla rete elettrica e delle opere connesse;
- sistemazione dei piazzali esterni.

La rumorosità delle attività di cantiere sarà strettamente connessa alle tipologie di macchinari che verranno impiegati e alle scelte operative dell'Impresa Appaltatrice che realizzerà l'opera. Pertanto, una valutazione dettagliata degli impatti potrà essere effettuata solo in presenza del progetto esecutivo della cantieristica. In ogni caso, ai fini di una valutazione qualitativa dell'impatto acustico del cantiere relativo alla presente fase progettuale, sono comunque state effettuate alcune ipotesi di emissione sonora dei macchinari, formulate in base a esperienze pregresse su cantieri simili, assumendo livelli di potenza sonora conformi alla Direttiva 2000/14/CE "Emissione acustica ambientale delle attrezzature destinate a funzionare all'aperto", recepita con il D.Lgs. n° 262 del 14/05/2002 e s.m.i.

Sono state considerate le due fasi di cantiere più significative dal punto di vista acustico:

- Scenario 1 – Realizzazione della viabilità di cantiere con adeguamento della viabilità esistente;
- Scenario 2 – Scavo delle fondazioni degli aerogeneratori.

Di seguito si riportano le tabelle con la suddivisione dei mezzi utilizzati per le differenti attività svolte, presi in analogia con altri cantieri per le medesime lavorazioni:

Scenario 1:

Macchina	N°	L _{WA} [dBA]	Riferimento	Operatività
Escavatore cingolato con benna	1	106	CAT 352	50%
Pala meccanica cingolata	1	108	CAT 963K	50%
Autocarro	1	102	MERCEDES/IVECO	100%
Rullo compattatore	1	107	DYNAPAC CA302D	25%
Valore medio lavorazione (L_{WA,Med})		109		

Scenario 2:

Macchina	N°	L _{WA} [dBA]	Riferimento	Operatività
Escavatore con benna cingolato	1	106	CAT 352	100%
Escavatore con martellone cingolato	1	121	CAT H45S	50%
Pala meccanica cingolata	1	108	CAT 963K	50%
Autocarro	1	102	MERCEDES/IVECO	100%
Valore medio lavorazione (L_{WA,Med})		119		

Si riportano i risultati dei calcoli dei livelli puntuali di emissione e immissione sonora in ambiente esterno previsti presso i principali ricettori con le relative verifiche del limite massimo di immissione sonora di 70 dB(A) normalmente prescritto per l'autorizzazione in deroga ai limiti dei cantieri da parte del Comune interessato, ai sensi dell'art. 6 c. 1 lettera h della L. 447/1995 e della Parte V della D.G.R. Sardegna n. 62/9 del 14/11/2008.

Scenario 1:

RICETTORE				CANTIERE	IMMISSIONE				
ID	Uso (castasto)	Comune	Classe DPCM	EMI [dBA]	Rif. PM	RES (L _{A50,TM}) [dBA]	IMM [dBA]	LIM [dBA]	VERIFICA
REC_01	D/10	Suni	III	45.0	RUM_03	37.5	45.7	70	OK
REC_03	A/4-C/2	Suni	III	65.3	RUM_03	37.5	65.3	70	OK
REC_07	D/10	Suni	III	50.5	RUM_03	37.5	50.7	70	OK
REC_14	D/10	Tinnura	I	64.4	RUM_01	40.0	64.4	70	OK
REC_25	A/3	Tinnura	I	57.7	RUM_01	40.0	57.8	70	OK
REC_29	A/3	Suni	III	47.0	RUM_03	37.5	47.5	70	OK
REC_35	D/10	Suni	III	42.8	RUM_03	37.5	43.9	70	OK
REC_40	D/10	Sagama	II	50.8	RUM_01	40.0	51.1	70	OK
REC_47	D/10	Sagama	II	56.7	RUM_01	40.0	56.8	70	OK
REC_51	D/10	Sagama	II	37.4	RUM_01	40.0	41.9	70	OK
REC_61	D/10	Scano	III	42.0	RUM_01	40.0	44.1	70	OK
REC_67	D/10	Sindia	III	62.8	RUM_02	38.5	62.8	70	OK
REC_82	D/10	Sindia	III	63.9	RUM_02	38.5	63.9	70	OK
REC_85	D/10	Sindia	III	36.6	RUM_02	38.5	40.7	70	OK
REC_87	D/10	Sindia	III	51.8	RUM_02	38.5	52.0	70	OK
REC_91	D/10	Sindia	III	59.5	RUM_02	38.5	59.5	70	OK

Scenario 2:

RICETTORE				CANTIERE	IMMISSIONE				
ID	Uso (castasto)	Comune	Classe DPCM	EMI [dBA]	Rif. PM	RES [dBA]	IMM [dBA]	LIM [dBA]	VERIFICA
REC_01	D/10	Suni	III	47.4	RUM_03	37.5	47.8	70	OK
REC_03	A/4-C/2	Suni	III	53.5	RUM_03	37.5	53.6	70	OK
REC_07	D/10	Suni	III	57.8	RUM_03	37.5	57.8	70	OK
REC_14	D/10	Tinnura	I	51.6	RUM_01	40.0	51.9	70	OK
REC_25	A/3	Tinnura	I	58.8	RUM_01	40.0	58.9	70	OK
REC_29	A/3	Suni	III	54.9	RUM_03	37.5	55.0	70	OK
REC_35	D/10	Suni	III	51.0	RUM_03	37.5	51.2	70	OK
REC_40	D/10	Sagama	II	59.1	RUM_01	40.0	59.2	70	OK
REC_47	D/10	Sagama	II	50.8	RUM_01	40.0	51.1	70	OK
REC_51	D/10	Sagama	II	37.0	RUM_01	40.0	41.8	70	OK
REC_61	D/10	Scano	III	35.5	RUM_01	40.0	41.3	70	OK
REC_67	D/10	Sindia	III	49.0	RUM_02	38.5	49.4	70	OK
REC_82	D/10	Sindia	III	56.6	RUM_02	38.5	56.7	70	OK
REC_85	D/10	Sindia	III	46.7	RUM_02	38.5	47.3	70	OK
REC_87	D/10	Sindia	III	55.9	RUM_02	38.5	56.0	70	OK
REC_91	D/10	Sindia	III	57.7	RUM_02	38.5	57.8	70	OK

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.

6.2. CAVIDOTTI

6.2.1. 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 33/150 kW è articolato su n.4 distinte linee elettriche a 33 kV, una per ciascun sottocampo. Dall'aerogeneratore capofila di ciascun sottocampo, infatti, si diparte una linea elettrica di vettoriamento in cavo interrato MT 33 kV, di sezione pari al massimo a 630 mm².

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

Linea MT 1 - in cavo unipolare posato a trifoglio (Impianto Utente)									
N° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	SI06>>SI09	116,64	903	150	53,1	0,161	9,8	0,000	ST - Trifoglio
2	SI09>>SI08	233,27	2382	240	185,6	0,562	62,6	0,001	ST - Trifoglio
3	SI08>>SSEU	349,91	6109	400	517,4	1,568	228,9	0,001	ST - Trifoglio
	TOTALE		9394		756	2,29	301	0,002	
Linea MT 2 - in cavo unipolare posato a trifoglio (Impianto Utente)									
N° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	SU03>>SI07	116,64	6240	240	243,1	0,737	41,0	0,001	ST - Trifoglio
2	SI07>>SI10	233,27	2251	240	175,4	0,531	59,2	0,000	ST - Trifoglio
3	SI10>>SSEU	349,91	14037	630	853,3	2,586	327,4	0,002	ST - Trifoglio
	TOTALE		22528		1272	3,85	428	0,003	
Linea MT 3 - in cavo unipolare posato a trifoglio (Impianto Utente)									
N° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	SU02>>SU04	116,64	6102	240	237,7	0,720	40,1	0,001	ST - Trifoglio
2	SU04>>SSEU	233,27	22022	500	1029,3	3,119	288,0	0,002	ST - Trifoglio
	TOTALE		28124		1267	3,84	328	0,003	
Linea MT 4 - in cavo unipolare posato a trifoglio (Impianto Utente)									
N° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	SA05>>TI01	116,64	4386	240	170,9	0,518	28,8	0,000	ST - Trifoglio
2	TI01>>SSEU	233,27	27577	630	1117,6	3,387	285,9	0,002	ST - Trifoglio
	TOTALE		31963		1288	3,90	315	0,003	

In generale, per tutte le linee elettriche, si prevede la posa direttamente interrata dei cavi, con protezioni meccaniche ove necessario, ad una profondità di 0,80 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.

6.2.2. 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 mm² (cavi in Cu e Al), per i valori di portata in corrente in regime permanente di cavi di dimensioni superiori rimanda alle specifiche tecniche rilasciate dai costruttori per i cavi costruiti in conformità alla CEI 20-13.

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

Costruzione e requisiti: CEI 20-13, IEC 60502
CEI 20-29
 Non propagazione dell'incendio: CEI 20-22 III



Figura 18 – Cavi MT utilizzati

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 contospirale
- 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 contospirale
- Guainetta: PVC
- Armatura: due nastri di alluminio, avvolti a coprigiunto
- Guaina: mescola a base di PVC, qualità Rz
- Colore: rosso

ARG7H1RNR / Caratteristiche funzionali

- Tensione nominale di esercizio
ARG7H1RNR -12/20 kV: U_o/U 12/20 kV
ARG7H1RNR -18/30 kV: U_o/U 18/30 kV
- Tensione U max:
ARG7H1RNR -12/20 kV: U_m 24 kV
ARG7H1RNR -18/30 kV: U_m 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

ARG7H1RNRX / Caratteristiche funzionali

- Tensione nominale di esercizio
ARG7H1RNRX -12/20 kV: U_o/U 12/20 kV
ARG7H1RNRX -18/30 kV: U_o/U 18/30 kV
- Tensione U max:
ARG7H1RNRX -12/20 kV: U_m 24 kV
ARG7H1RNRX -18/30 kV: U_m 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/mm² 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/mm² 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.

Ammissa la posa interrata anche non protetta, in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17.



ARG7H1RNR - 18/30 kV
U_o/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 ²	mm	mm	mm	kg/km	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano
1 x 50	8,2	8,0	36,1	1560	174	183	168	177
1 x 70	9,8	8,0	38,2	1750	218	229	207	218
1 x 95	11,45	8,0	39,7	1910	266	280	247	260
1 x 120	12,9	8,0	42,4	2190	309	325	281	296
1 x 150	14,2	8,0	43,7	2360	352	371	318	335
1 x 185	16,0	8,0	45,7	2570	406	427	361	380
1 x 240	18,4	8,0	48,3	2915	483	508	418	440
1 x 300	20,5	8,0	51,8	3290	547	576	472	497
1 x 400	23,6	8,0	55,2	3800	640	674	543	572
1 x 500	26,55	8,0	58,35	4330	740	779	621	654
1 x 630	30,1	8,0	62,8	5090	862	907	706	743

* Resistività termica del terreno 100°C cm/W

Caratteristiche elettriche

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Resistenza apparente a 90°C e 50Hz		Reattanza di fase		Capacità a 50Hz
		Ω/Km	Ω/km	Ω/Km	Ω/Km	
n° x mm ²	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

Il trasporto dell'energia in MT avviene mediante cavi, con conduttore in alluminio, che verranno posati ad una profondità di circa 0,8 m con una protezione meccanica (lastra o tegolo) ed un nastro segnalatore.

6.2.3. 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 0,8 m: $K_3 = 1,00$

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 1,5 k*m/W (terreno secco): $K_4 = 1,00$

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) 2 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 ^(a) (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:

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

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 [mm ²]	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 ²]	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	186,30	0,3250	0,13	0,35
150	222,30	0,2650	0,12	0,29
185	252,90	0,2110	0,12	0,24
240	286,20	0,1610	0,11	0,19
300	324,90	0,1300	0,11	0,17
400	376,20	0,1020	0,11	0,15
500	424,80	0,0801	0,1	0,13
630	488,70	0,0635	0,099	0,12

6.2.4. Profondità e sistema di posa cavi

In generale, per tutte le linee elettriche, si prevede la posa direttamente interrata dei cavi, senza ulteriori protezioni meccaniche, ad una profondità di 0,80 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;

- 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);

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

6.2.5. 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.

6.2.6. 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 mm², 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 95mm² del tipo FG7(O)R, opportunamente giuntato al conduttore di rame nudo, tale da garantire una resistenza pari a quella della corda di rame nudo di 50 mm².

 INFRASTRUTTURE	PARCO EOLICO DI "SUNI" RELAZIONE GENERALE TECNICA DESCRITTIVA	 Ingegneria & Innovazione		
		05/11/2021	REV: 1	Pag.53

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
 - o (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; 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).

6.3. STAZIONE DI UTENZA

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.

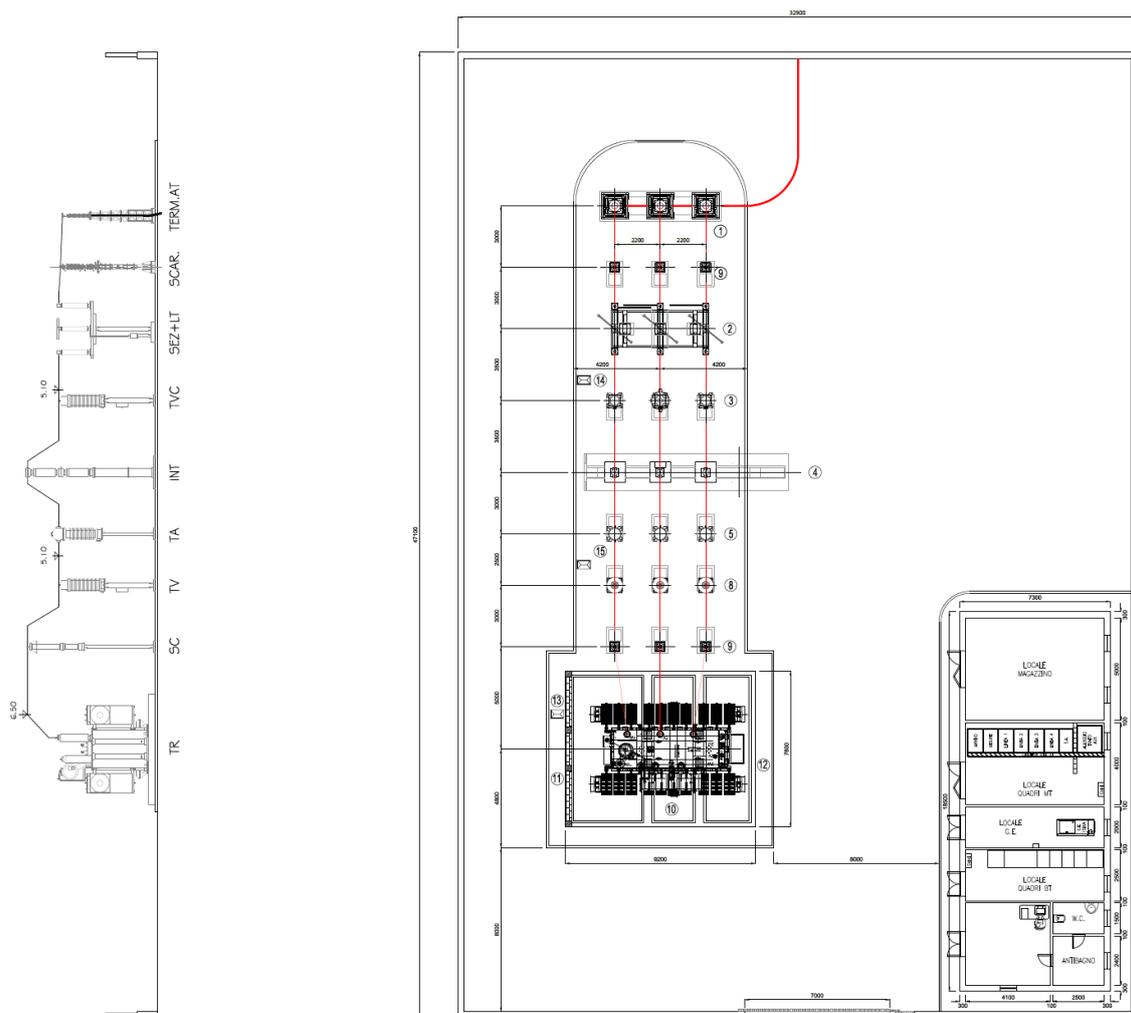


Figura 20 – Planimetria e sezione elettromeccanica SSE Utente

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

- Trasformatore elevatore 33/150 kV da 80 MVA ONAN;
- 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 33 kV, completi di:
- Scomparti di sezionamento linee di campo;
- Scomparti misure;
- Scomparti protezione generale;
- Scomparto trafo ausiliari;
- Trasformatore MT/BT servizi ausiliari 33/0,4 kV da 100 kVA;
- Quadri servizi ausiliari;
- Quadri misuratori fiscali;
- Sistema di monitoraggio e controllo.

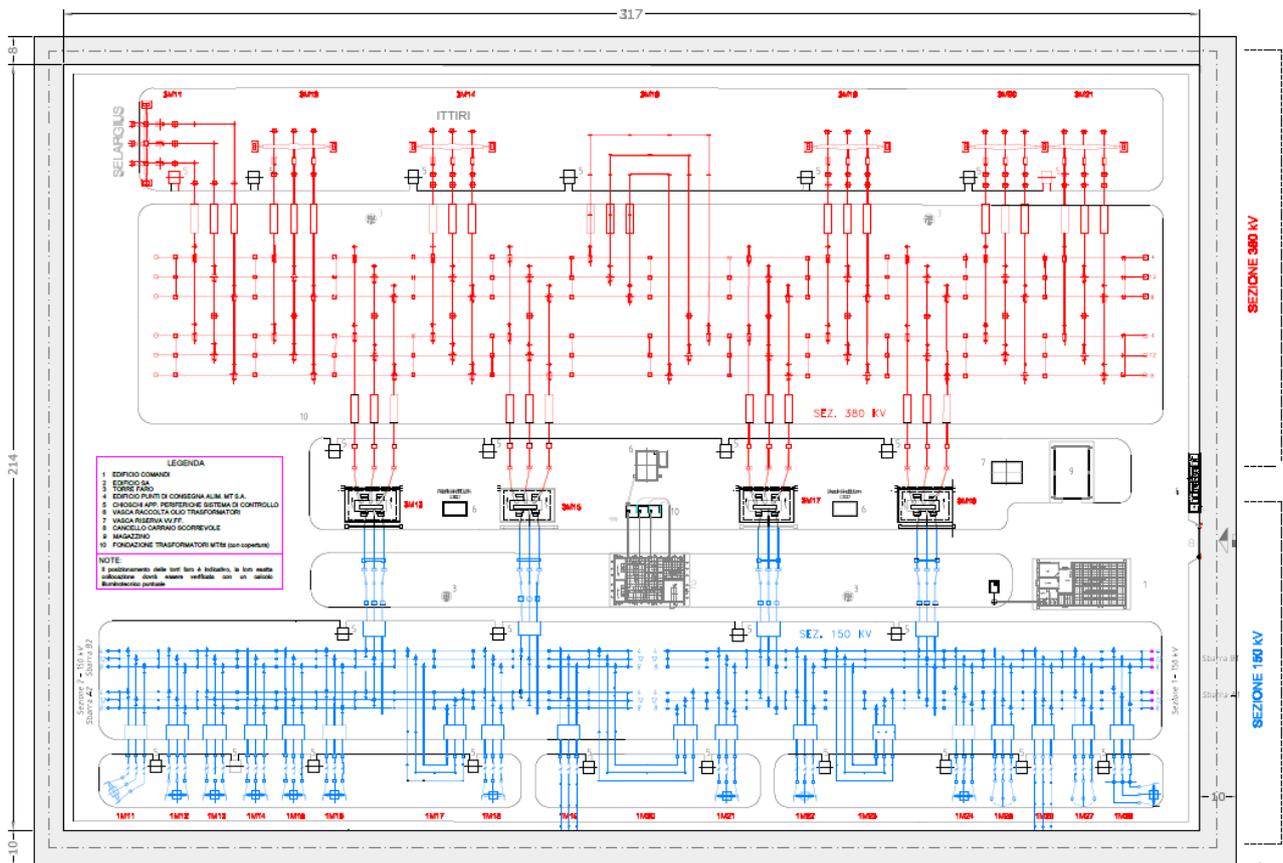
6.4. OPERE ELETTRICHE PER LA CONNESSIONE ALLA RTN

Al fine di connettere l'impianto in esame alla RTN occorre realizzare i seguenti impianti:

- Impianto di rete per la connessione alla RTN – Nuova SE 380/150 kV: Nuova Stazione Elettrica di Trasformazione 380/150 kV della RTN (da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "Ittiri-Selargius").
- Impianto di rete per la connessione alla RTN – Raccordi aerei entra-esce alla linea RTN 380 kV "Ittiri-Selargius": Nuovi raccordi aerei a 380 kV al fine di realizzare la connessione in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "Ittiri-Selargius".
- Impianto di rete per la connessione alla RTN – Stallo arrivo linea AT: Realizzazione di stallo AT per arrivo cavidotto interrato a 150 kV da realizzare sulla sezione a 150 kV all'interno della nuova SE di Trasformazione della RTN 380/150 kV.
- Impianto utente per la connessione alla RTN – Raccordo interrato: Realizzazione di un cavidotto interrato a 150 kV tra la nuova SE di Trasformazione 380/150 kV e l'Area Comune (ai produttori).

- Impianto utente per la connessione alla RTN - Area Comune Produttori: Opere di condivisione dello stallo in stazione con altri produttori.
- Impianto utente per la connessione alla RTN: Nuova SSE Utente "Infrastrutture" di trasformazione 33/150 kV e raccordo mediante collegamento in cavidotto interrato AT a semplice terna a 150 kV all'Area Comune Produttori.

Viene di seguito mostrata la planimetria elettromeccanica della Nuova SE RTN 380/150 kV in fase di autorizzazione:



N.B.: Tutti i materiali, le apparecchiature, i manufatti ed i componenti utilizzati per la progettazione, sono indicativi e potranno essere soggetti a variazioni dovute all'evoluzione tecnologica degli stessi ed alle disponibilità di mercato, pur mantenendo le loro caratteristiche funzionali indicate nel progetto.

7. INFRASTRUTTURE ED OPERE CIVILI

7.1. FONDAZIONE AEROGENERATORE

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

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

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

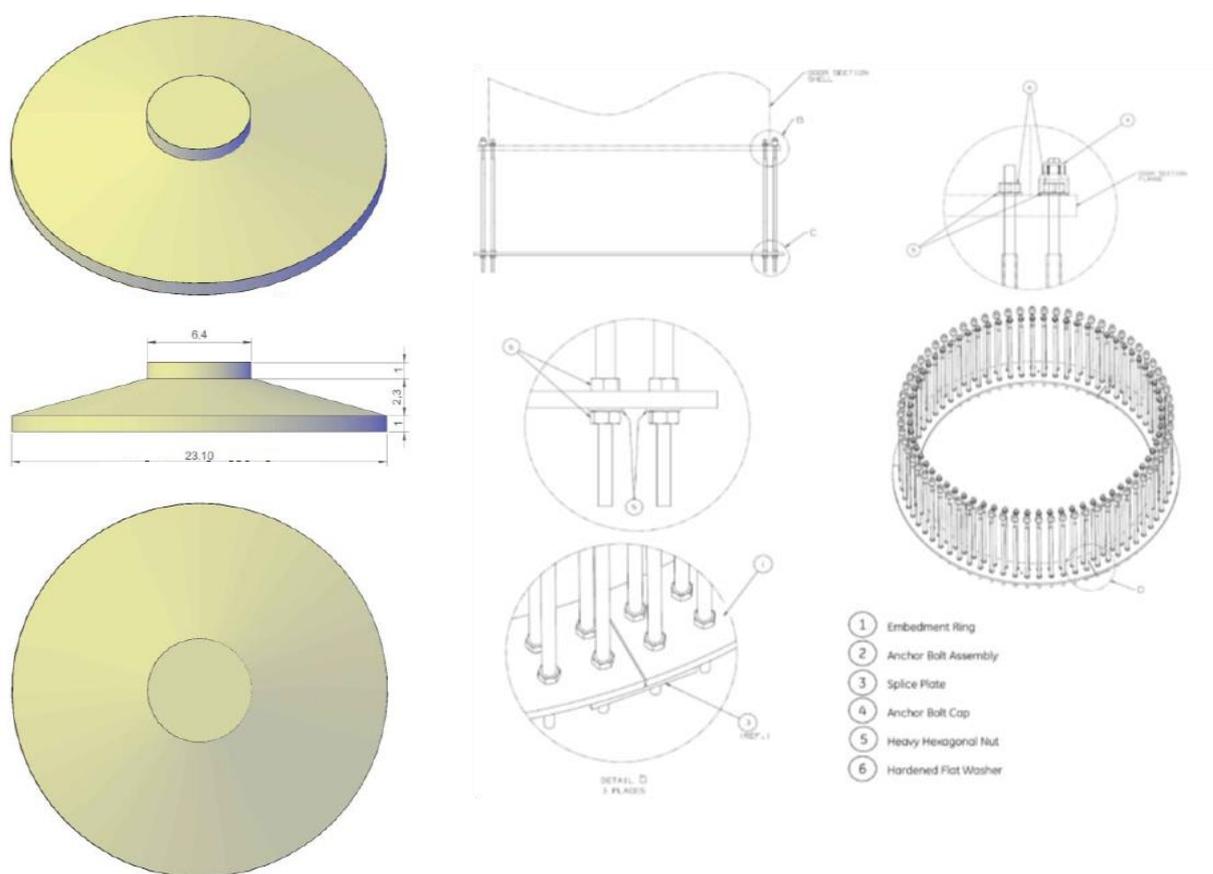


Figura 21 – *Fondazione tipo studiata per l'aerogeneratore e con particolare dell'anello di ancoraggio*

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

7.2. PIAZZOLE AEROGENERATORI

Per consentire il montaggio degli aerogeneratori dovrà predisporci, nelle aree subito attorno alla fondazione, lo scotico superficiale, la spianatura, il riporto di materiale vagliato e compattazione di una superficie di circa 40x27 m per quanto riguarda l'area della piazzola definitiva che servirà al posizionamento della gru principale e allo stoccaggio di alcune componenti della navicella e alcuni conci di torre in attesa di essere montate. Invece per quanto riguarda le aree temporanee, necessarie solo per il tempo sufficiente al montaggio della macchina, saranno predisposte un'area temporanea di circa 15x90 m, subito adiacente a quella definitiva, per lo stoccaggio temporaneo delle pale, una delle dimensioni di circa 40x15 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.

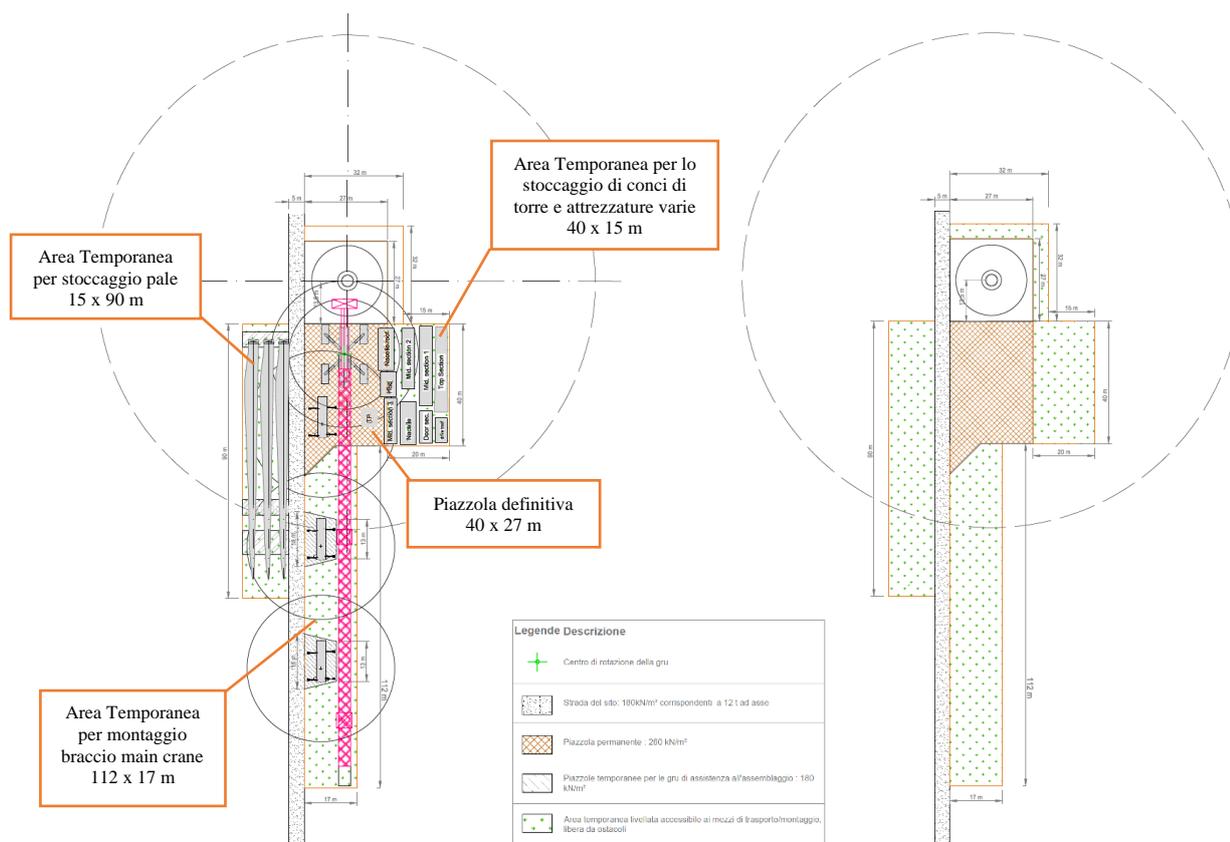


Figura 22 – Tipico piazzola aerogeneratore durante la fase di montaggio con indicazione delle aree definitive (in marrone) e temporanee (in verde) e posizionamento indicativo delle componenti necessarie al montaggio (a sinistra)

7.3. STRADE DI ACCESSO E VIABILITÀ DI SERVIZIO

7.3.1. Viabilità di accesso al Sito

A seguito di sopralluoghi eseguiti sia da parte del trasportatore sia da parte del progettista, al fine di valutare l'itinerario da percorrere durante il trasporto delle macchine, è emerso quanto di seguito riportato. Dal porto si procederà alla consegna a destinazione, in agro ai Comuni di Tinnura, Suni, Sagama e Sindia, con trasporto gommato. I mezzi utilizzati a tale scopo, come precedentemente descritto, saranno di tipo eccezionale e di considerevoli dimensioni. Per tale motivo lo studio della viabilità e dei trasporti, in un progetto come quello in oggetto, riveste particolare importanza sia per la fattibilità sia per la valutazione economica dello stesso. Data la configurazione orografica del territorio e le particolari condizioni di percorribilità degli assi viari coinvolti, si è deciso di trasbordare, dal porto di Oristano, le pale direttamente sul Blade Lifter Device, percorrendo il tragitto dal porto fino al raggiungimento dell'ingresso al sito:

- **VIABILITA' ESTERNA** – dal Porto di Oristano in ordine di percorrenza, le SP97, SP49, SS131/E25, SP8, SP44, SS129bis;

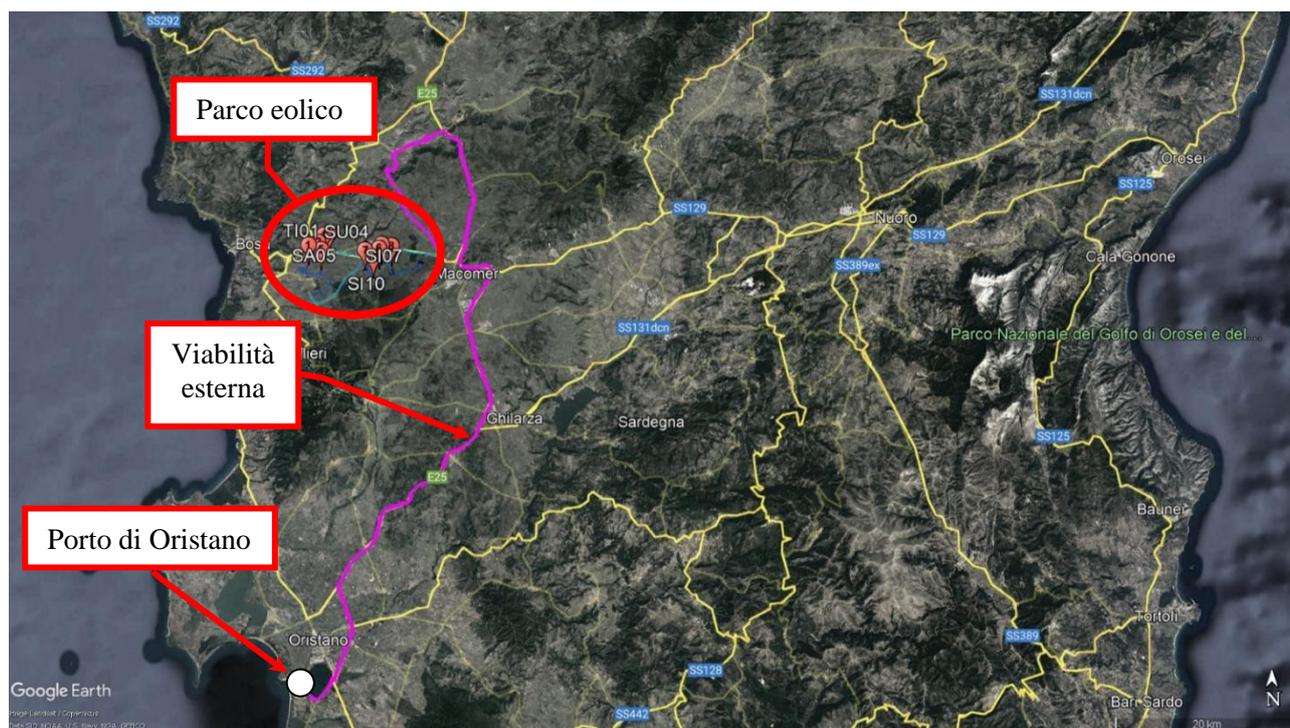


Figura 23 – Inquadramento viabilità dal porto di Oristano al sito

La prima parte del percorso ipotizzato, prima dell'imbocco sulla SP8, è caratterizzata da ampi raggi di curvatura e spazi necessari alle varie manovre di cambio direzione con una sufficiente larghezza della carreggiata, potrà essere percorsa dai mezzi senza particolari problematiche. La seconda parte della viabilità esterna, dal bivio per la SP8 in direzione Semestene, è caratterizzata da punti con raggi di curvatura risicati e pochi spazi di manovra. La scelta del trasportista è quella di trasbordare i componenti voluminosi come le pale direttamente sul Blade lifter Device dal porto di Oristano: il

vantaggio sta nel necessitare, a parità di componenti trasportate, di minori raggi di curvatura e spazi di manovra, di contro raggiungono altezze maggiori che spesso necessitano dell'eliminazione di eventuali ostacoli che attraversano il percorso per poter passare, come ad esempio le linee elettriche aeree.

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 utilizzerà il sistema carrello con "Blade Lifter Trailer" (Fig. 21), un sistema di aggancio e sollevamento che permette l'innalzamento della pala per il trasporto in verticale diminuendo sensibilmente l'ingombro orizzontale permettendo l'ingresso in curve con raggi di curvatura quasi comparabili a mezzi di trasporto convenzionali. Questo sistema di trasporto ha di contro l'essere estremamente lento e instabile in quanto tutto il carico scarica su un unico punto di ancoraggio ed il trasporto, a causa della natura stessa dell'elemento trasportato, deve avvenire in condizioni di assenza o quasi di vento. Inoltre, proprio perché il carico in curva viene sollevato di diverse decine di metri, non ci deve essere presenta di ostacoli aerei che attraversano la carreggiata.



Figura 24 – Esempio di trasporto con *Blade Lifter Trailer*

Al fine di non ostacolare il passaggio dei mezzi sui percorsi indicati saranno effettuati interventi di adeguamento stradale leggeri, eliminazione di segnaletica stradale verticale, di siepi, regolamentazione del traffico, e 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.

7.3.2. Viabilità di Servizio

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

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

Complessivamente gli assi stradali interni al sito sommano a 40.590,00 m di cui oggetto di intervento circa 16.350,00 m, a loro volta suddivisi in 13.711,00 m riguardanti la viabilità esistente da adeguare e solamente 2.639,00 m riguardanti nuova viabilità da realizzare; dunque nel complesso per una potenza di 60.0 MW di nuovo impianto occorrerà realizzare solamente 2.639,00 m di nuove strade sterrate pari a circa l'6% 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:

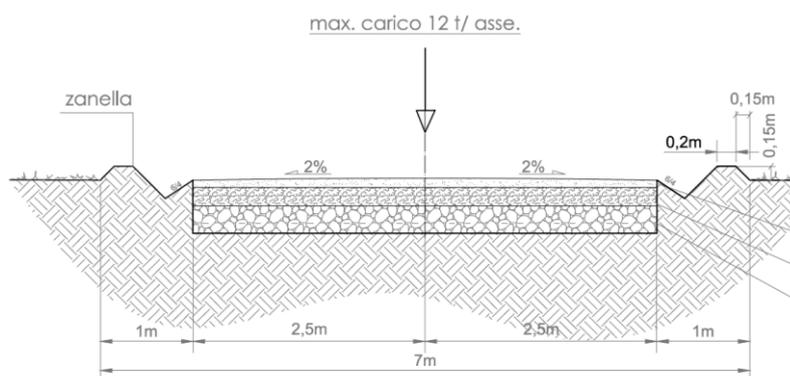


Figura 25 – Sezione stradale tipo in piano

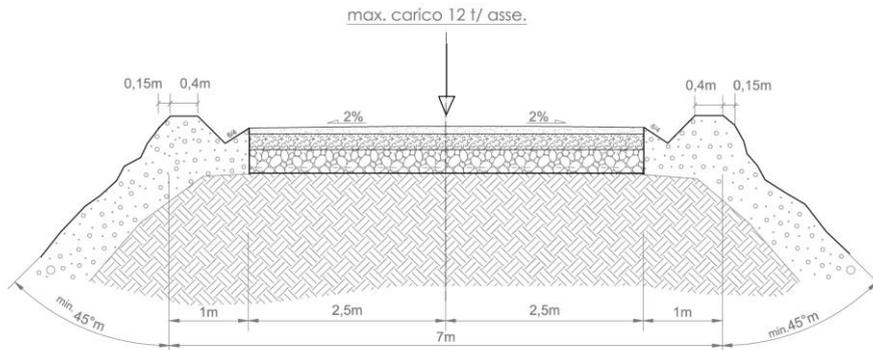


Figura 26 – Sezione stradale tipo in rilevato

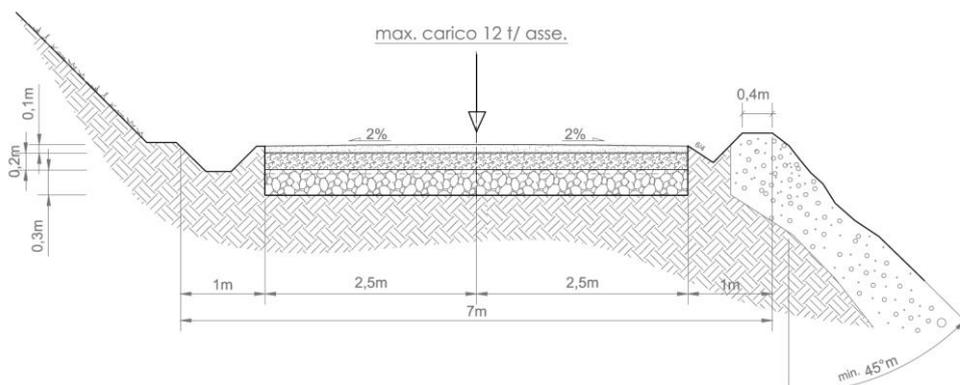


Figura 27 – Sezione stradale tipo a mezza costa

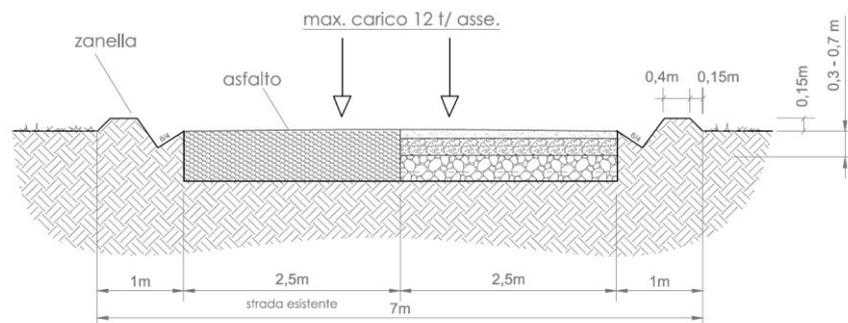


Figura 28 – Adeguamento della carreggiata in presenza di carreggiata esistente in asfalto

7.4. RILEVATI E SOVRASTRUTTURE – BONIFICHE E SOTTOFONDI

7.4.1. Rilevati aridi e soprastrutture per piazzole e strade

L'esecuzione dei corpi di rilevato e delle soprastrutture (ossatura di sottofondo) per le strade e per le piazzole degli aerogeneratori deve avvenire coerentemente ai disegni ed alle prescrizioni di progetto. 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
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	A8	
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													
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	> 10	> 10
Indice di gruppo	0	0	0	0	0	0	0	≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20	≤ 20

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

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

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

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

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

7.4.2. Sovrastrutture per piazzole e strade

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

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

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

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

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

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

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

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

7.4.3. Sistemazione del piano di posa

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

Qualora, al disotto della coltre vegetale, si rinvenga un ammasso costituito da terreni A1, A3, A2 (secondo la classificazione C.N.R.) sarà sufficiente eseguire la semplice compattazione del piano di posa così che il peso del secco in sito (massa volumica apparente secca nelle unità S.I.) risulti pari al 90% del valore massimo ottenuto in laboratorio nella prova A.A.S.H.T.O. Mod. su un campione del terreno.

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

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

I provvedimenti da prendere possono risultare i seguenti:

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

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

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

Ad operazioni di sistemazione ultimate potranno essere ulteriormente controllate la portanza del piano di posa mediante la valutazione del modulo di compressibilità M_e , secondo le norme CNR, eventualmente a doppio ciclo:

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

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

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

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

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

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

I piani di posa in corrispondenza di piazzole o sedi stradali ottenuti per sbancamento ed atti a ricevere la soprastruttura, allorché il terreno di imposta non raggiunge nella costipazione il valore di M_r pari a 30 N/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 soprastrutture per piazzole e strade".

Nel caso di piazzole e strade, la bonifica può ritenersi accettabile quando a costipamento avvenuto viene raggiunto il valore di capacità portante corrispondente ad un M_r di almeno 30 N/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 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 N/mm^2 .

7.4.4. Pavimentazione con materiale arido

Il pacchetto stradale avrà uno spessore complessivo di circa 60 cm e dovrà essere realizzata con materiale classificato come A1. I primi 30 cm. a contatto con il terreno naturale, saranno realizzati con materiali provenienti dagli scavi, previa classificazione tipo A1 secondo la classificazione UNI 10006 mentre i rimanenti 30 cm saranno realizzati con misto granulometrico, proveniente da cava, tipo A1 avente dimensioni massima degli inerti pari a 30 mm, rullato fino all'ottenimento di un $M_d > 100 \text{ N/mm}^2$.

7.5. VERIFICA GEOTECNICA DELLA FONDAZIONE STRADALE

7.5.1. Caratteristiche geometriche delle strade e delle piazzole

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

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

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

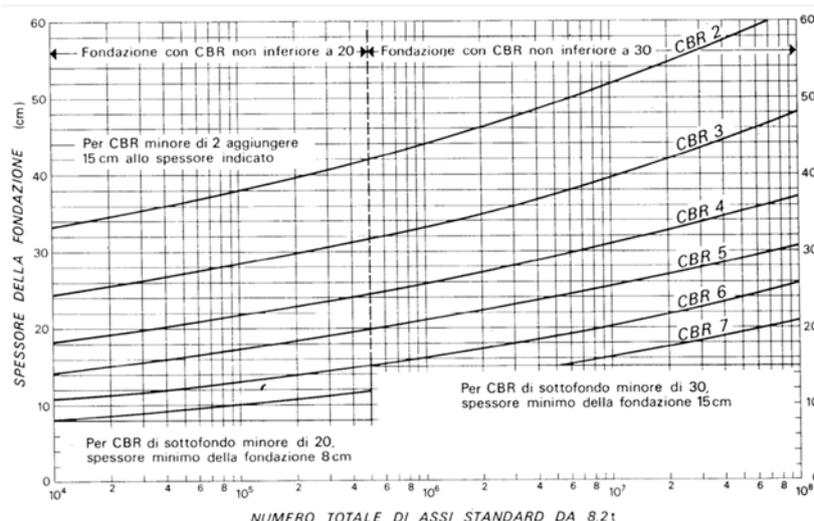


Figura 29 – Diagramma per la determinazione dello spessore dello strato di fondazione

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

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

Dall'esame del grafico si evince che, anche nel caso di valori CBR bassi, lo spessore della pavimentazione non supera i 60 cm, valore preso a riferimento dalla progettazione stradale.

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

8. OPERE DI INGEGNERIA AMBIENTALE

8.1. GENERALITÀ

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

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

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

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

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

Vista la natura dell'area in oggetto, si può affermare che per la tipologia intrinseca del terreno non sono necessari importanti interventi di salvaguardia, o ancora più precisamente, non sono necessari costruzioni e opere particolari per il contenimento del terreno.

La viabilità interna è, quasi nella sua totalità, ripresa dall'esistente e quindi già consolidata. I nuovi tratti 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 30 – 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.

Nel complesso, il territorio è collinare e, vista la natura dei terreni e la morfologia del territorio, 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:

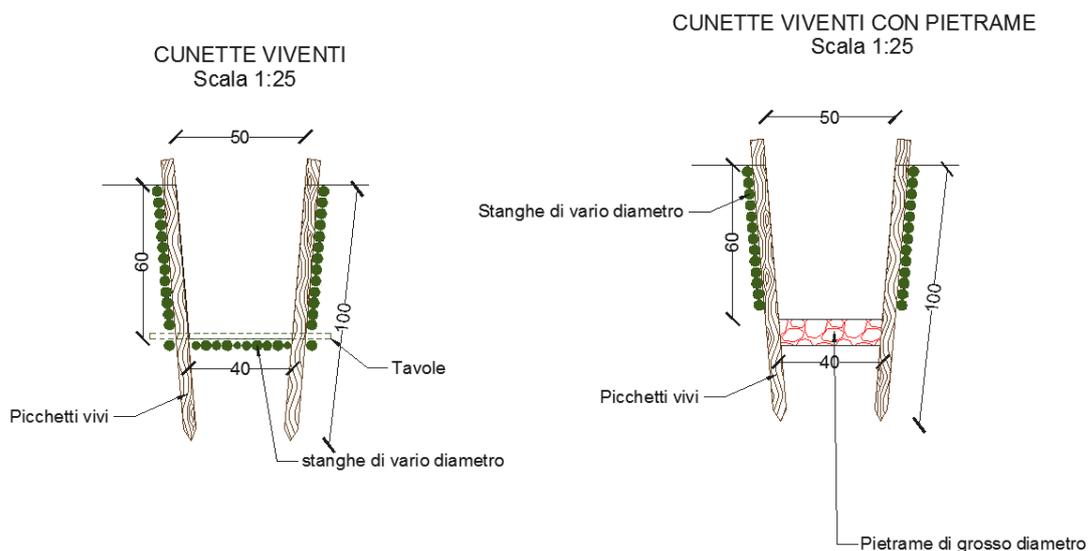


8.2. SPECIFICHE TECNICHE DEGLI INTERVENTI

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

8.2.1. Cunetta vivente

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

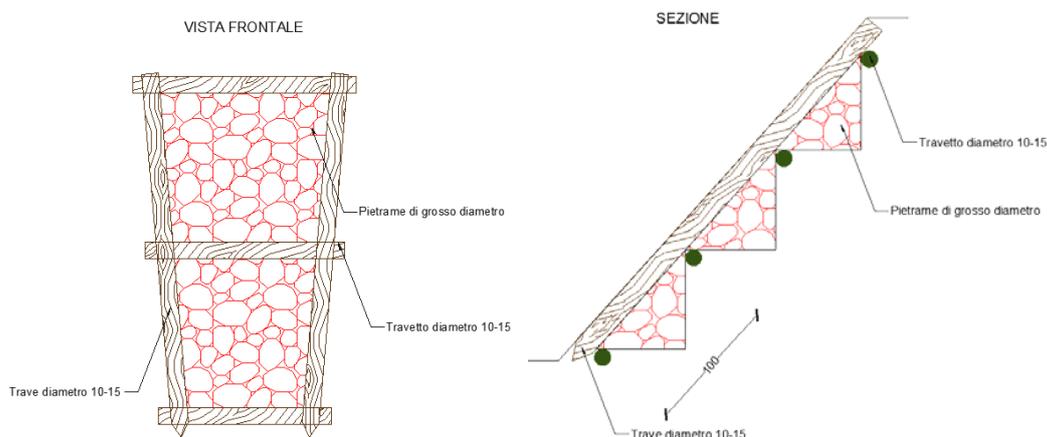


Descrizione dell'attività:

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

8.2.2. Canalizzazioni in pietrame e legno

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



8.2.3. Idrosemina e rivestimenti antiersivi

Le tecniche con idrosemina sono impiegate soprattutto nelle situazioni in cui il terreno si trova completamente denudato

e privo di copertura organica. Questa tecnica consente di generare in tempi brevi un manto vegetale di protezione. L'inerbimento ed il consolidamento mediante idrosemina che consiste nello spruzzare ad alta pressione, sul terreno preventivamente preparato, una soluzione di acqua, semi, collante ed altri eventuali componenti. La possibilità di variare in molti modi la composizione delle miscele, rende l'idrosemina adatta alla soluzione di quasi tutti i problemi di rinverdimento. L'efficacia di questo sistema è assicurata solo se viene utilizzato in abbinamento ad altre tecniche di protezione e regimentazione delle acque meteoriche. L'intervento è adatto a coprire grandi e medie superfici anche a elevata pendenza. Un componente spesso presente nelle idrosemine è il mulch, termine con cui ci si riferisce a tutti quei materiali che, aggiunti alla miscela, conferiscono una maggiore resistenza meccanica e capacità di ritenzione idrica. In relazione alla composizione della miscela si distingue tra idrosemina di base e idrosemina con mulch.

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

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

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

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

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

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

- Geostuoie tridimensionali
- Geocompositi
- Geocelle

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

ruolo autonomo di consolidamento superficiale e di rinaturalizzare contesti degradati dalla costruzione di opere di ingegneria. Le geostuoie sono costituite da filamenti di materiali sintetici (polietilene ad alta densità, poliammide, polipropilene od altro), aggrovigliati in modo da formare un materassino molto flessibile dello spessore di 10-20 mm. La forma tipica di una geostuoia consiste in una struttura tridimensionale con un indice dei vuoti molto elevato, mediamente superiore al 90% (idonea al contenimento di terreno vegetale o dell'idrosemina). Le geostuoie sono principalmente impiegate con funzione antierosiva negli interventi di sistemazione idraulico-forestale e di consolidamento di pendii instabili. Sono sempre abbinata 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 31 – 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.



9. OPERE IDRAULICHE

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

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

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

- Fossi di guardia in terra, eventualmente con fondo rivestito in pietrame (per pendenze $\geq 7,00\%$) e con briglie filtranti in legname (per pendenze $\geq 12,00\%$);

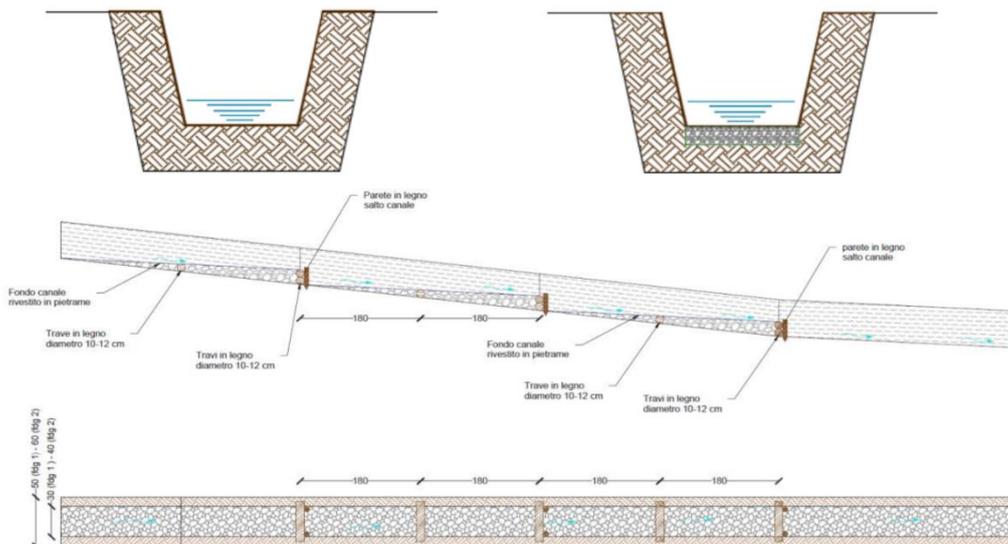


Figura 32 – Fosso di guardia tipo con o senza fondo rivestito in pietrame

- 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.