

REGIONE SARDEGNA

Provincia del Nord-Est Sardegna

COMUNI DI LURAS E TEMPIO PAUSANIA



REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.
1	EMISSIONE PER ENTI ESTERNI	25/02/22	BALUCE S. BASSO G.	FURNO C.	NASTASI A.
0	EMISSIONE PER COMMENTI	31/01/22	BALUCE S. BASSO G.	FURNO C.	NASTASI A.

Committente:

VGE 04

Volta Green Energy

Piazza Manifattura, 1 - 38068 Rovereto (TN)
Tel. +39 0464 625100 - Fax +39 0464 625101 - PEC vge04@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 PETRA BIANCA

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:

C20042S05-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
1.1. Iniziativa	6
2. RIFERIMENTI NORMATIVI	9
3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO	13
4. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	13
4.1. Riferimenti Cartografici E Posizioni Aerogeneratori	13
4.2. Inquadramento Geologico e Geomorfologico	15
4.3. Contesto Idrogeologico.....	16
4.4. Sismicità	17
5. L'IMPIANTO EOLICO	18
6. LISTA ANAGRAFICA DEI COMPONENTI L'IMPIANTO.....	21
6.1. Aerogeneratori.....	21
6.1.1. Specifiche tecniche Aerogeneratori	24
6.1.2. Sistemi elettrici e di controllo interni.....	29
6.1.3. Sistemi elettrici e di controllo esterni.....	29
6.1.4. Descrizione dei componenti principali.....	29
6.1.5. Schemi di funzionamento dei componenti dell'impianto	33
6.1.6. Potenza Stimata del Parco eolico	34
6.1.7. Analisi acustica	39
6.2. Elettrodotti.....	45
6.2.1. Generalità.....	45
6.2.2. Dati tecnici del cavo utilizzato.....	46
6.2.3. Profondità e sistema di posa cavi	47
6.2.4. Fibra ottica di collegamento.....	49
6.2.5. Sistema di terra.....	50
6.2.6. Opere civili elettrodotti	50
6.3. Stazione di Utenza.....	51

6.4. Opere di rete per la connessione alla RTN	53
7. INFRASTRUTTURE ED OPERE CIVILI	55
7.1. Fondazione Aerogeneratore.....	55
7.2. Piazzole Aerogeneratori	55
7.3. Strade di Accesso e Viabilità di Servizio	56
7.3.1. Viabilità di accesso al Sito	56
7.3.2. Viabilità di Servizio	60
7.4. Rilevati e Sovrastrutture – Bonifiche e Sottofondi.....	61
7.4.1. Rilevati aridi e soprastrutture per piazzole e strade	61
7.4.2. Sovrastrutture per piazzole e strade	63
7.4.3. Sistemazione del piano di posa	63
7.4.4. Pavimentazione con materiale arido	65
7.5. Verifica Geotecnica della Fondazione Stradale.....	65
7.5.1. Caratteristiche geometriche delle strade e delle piazzole.....	65
7.5.2. Dimensionamento di massima della pavimentazione delle strade e delle piazzole	65
8. OPERE DI INGEGNERIA AMBIENTALE.....	67
8.1. Generalità	67
8.2. Specifiche tecniche degli interventi.....	69
8.2.1. Cunetta vivente	69
8.2.2. Canalizzazioni in pietrame e legno	69
8.2.3. Idrosemina e rivestimenti antierosivi	70
9. OPERE IDRAULICHE.....	74

1. PREMESSA

VGE 04 S.r.l. (di seguito anche la “Società”) è una società appartenente al Gruppo Volta Green Energy (di seguito anche “VGE”).

Volta Green Energy, con sede in 38068 Rovereto (TN), Piazza Manifattura n. 1, iscritta alla CCIAA di Trento al n° 02469060228, REA TN – 226969, Codice Fiscale e Partita IVA 02469060228 opera nel settore della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili e nasce dall’esperienza più che decennale di professionisti, con oltre 500 MW di parchi eolici e 100 MW di impianti fotovoltaici sviluppati, costruiti e gestiti.

Ad oggi, Volta Green Energy impiega poco più di una ventina di risorse e svolge in proprio la ricerca, lo sviluppo e la costruzione di nuovi progetti.

Ogni attività è svolta sulla base della conoscenza delle specifiche criticità e nel rispetto degli equilibri sociali, ambientali e territoriali in cui si inseriscono gli impianti in esercizio e le nuove iniziative.

Le attività svolte da Volta Green Energy afferiscono all’intero processo che porta alla produzione di energia da fonti rinnovabili: sviluppo di nuovi progetti, finanziamento, costruzione, Operation & Maintenance, vendita dell’energia; queste attività coinvolgono direttamente l’ambiente e le comunità dove sono presenti gli impianti. Per questo, Volta Green Energy è dotata di un Sistema di Gestione Integrato che include temi etici e legali (D.Lgs. 231/01), requisiti di sistema ambientale (ISO 14001:2015) e di gestione salute e sicurezza (UNI ISO 45001:2018).

Volta Green Energy ha recentemente completato i lavori di una delle prime installazioni eoliche in Italia che, da aprile 2020 con successo, è operativa su base merchant, e cioè si sostiene economicamente senza il ricorso a produzione incentivata.

Si tratta di due ampliamenti di un parco eolico già in esercizio da 48 MW con una potenza aggiuntiva di 18 MW. Tutte le altre attività di realizzazione dei due impianti (ingegneria, permitting, lavori civili ed elettrici, acquisti, consulenze, ecc), le attività di collaudo, nonché gestione, coordinamento e armonizzazione tra tutti i diversi soggetti coinvolti e le rispettive attività, sono state svolte da Volta Green Energy, le cui professionalità avevano portato avanti anche lo sviluppo delle iniziative.

Oggi Volta Green Energy, insieme ad un partner di primaria importanza nel settore delle energie rinnovabili, sta realizzando un impianto eolico della potenza di circa 44 MW, costituito da 9 aerogeneratori dopo aver portato avanti direttamente anche lo sviluppo dell’iniziativa.

VGE 04, anch’essa con sede in 38068 Rovereto (TN), Piazza Manifattura n. 1, iscritta alla CCIAA di Trento al n° 02630420228, REA n° TN - 238605, Codice Fiscale e Partita IVA 02630420228, ha in progetto la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica, mediante l’installazione di 14 aerogeneratori di potenza unitaria pari a 6 MW, per una potenza complessiva di 84 MW, sito nei Comuni di Luras e di Tempio Pausania, in provincia del Nord-Est Sardegna (di seguito anche “Parco Eolico Petra Bianca”).

Secondo quanto previsto dalla soluzione di connessione con Codice Pratica 202002705, rilasciata da Terna SpA in data 14/04/2021, poi accettata in data 21/05/2021, l’impianto si collegherà alla RTN per la consegna della energia elettrica prodotta attraverso una sottostazione elettrica utente di trasformazione e consegna (di seguito anche “SSEU”) da collegare in antenna a 150 kV sulla nuova Stazione Elettrica (SE) di Smistamento della RTN a 150 kV in GIS denominata “Tempio”

da inserire in entra – esce alla linea 150 kV “Olbia - Tempio” previa realizzazione di un nuovo elettrodotto di collegamento della RTN a 150 kV tra la SE di Santa Teresa e la nuova SE Buddusò.

Il modello tipo di aerogeneratore (di seguito anche “WTG”) scelto, dopo opportune considerazioni tecniche ed economico finanziarie, è il modello tipo Siemens Gamesa SG170 da 6 MW con altezza mozzo pari a 115 m, diametro rotore pari a 170 m e altezza massima al top della pala pari a 200 m. Questo modello tipo di aerogeneratore è allo stato attuale quello ritenuto più idoneo per il sito di progetto dell’impianto.

L’area interessata dal posizionamento degli aerogeneratori ricade in località Silonis, Calvonaiu, Cae’e Figu/Labias e Bisettara del Comune di Luras e in località La Menta, Monte Cuscuscione, Padru di Lampada, Petra Ruia, Li Espi, Funtana di casa, Tanca Longa e Bonifica Padulo del Comune di Tempio Pausania entrambi in provincia di Nord-Est Sardegna, su una superficie prevalentemente destinata a pascolo.

I terreni sui quali si intende realizzare l’impianto sono tutti di proprietà privata; di questi, quelli su cui è prevista l’installazione degli aerogeneratori sono per lo più già nella disponibilità della Società proponente. Il territorio è caratterizzato da un’orografia prevalentemente collinare, le posizioni delle macchine hanno all’incirca un’altitudine che varia dai 260 m ai 520 m s.l.m.

Il parco eolico in progetto convoglierà l’energia prodotta verso la Sotto Stazione Elettrica (SSEU) in progetto di proprietà di VGE 04 S.r.l. nel Comune di Calangianus, in provincia del Nord-Est Sardegna, nelle particelle 216 e 213 del foglio 45, per la trasformazione e la consegna dell’energia elettrica alla rete di trasmissione nazionale.

Detta Sotto Stazione sarà collegata alla stazione 150 kV “Tempio” nel Comune di Calangianus, in provincia del Nord-Est Sardegna, in catasto nel foglio 45, particella n. 271, da connettere alla rete di trasmissione nazionale.

L’elettrodotto in media tensione (“MT”) collegherà tutti gli aerogeneratori e serve per il vettoriamento dell’energia elettrica prodotta dagli stessi fino alla sottostazione elettrica utente. Un breve tratto di elettrodotto, previsto all’interno di una strada pubblica, ricadrà anche nel territorio del Comune di Aggius.

Le attività di progettazione definitiva e di studio di impatto ambientale sono state sviluppate dalla società di ingegneria Antex Group Srl, con sede in Siracusa.

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, nel settore della transizione ecologica e non solo.

È costituita da selezionati e qualificati professionisti uniti dalla comune esperienza professionale nell’ambito delle consulenze tecniche, ingegneristiche, ambientali, gestionali, legali e di finanza agevolata.

La società pone a fondamento delle proprie attività ed iniziative, i principi fondamentali della qualità, dell’ambiente e della sicurezza come espressi dalle norme ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001 nelle loro ultime edizioni.

1.1. Iniziativa

Il progetto cui la presente relazione fa riferimento riguarda la realizzazione di un impianto di produzione di energia rinnovabile da fonte eolica, che consta di n. 14 aerogeneratori, di potenza pari a 6 MW ciascuno, per un totale di 84 MW, delle piazzole a servizio degli stessi e delle opere elettriche utente e di connessione alla RTN.

Con la realizzazione dell'impianto, denominato "Petra Bianca", si intende contribuire al raggiungimento degli obiettivi legati alla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, ricorrendo, in questo caso, alla fonte eolica, tecnologia che assicura:

- la compatibilità con esigenze paesaggistiche e di tutela ambientale;
- un risparmio di combustibile fossile;
- una produzione di energia elettrica senza emissioni di sostanze inquinanti.

Il Piano nazionale integrato per l'energia e il clima (PNIEC) per gli anni 2021-2030 è stato predisposto dal MISE, con il Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare (ora Ministero della transizione ecologica - MITE) e il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (ora Ministero della mobilità sostenibile - MIMS), in attuazione del Regolamento 2018/1999/UE.

È stato adottato in via definitiva a dicembre 2019 ed è stato poi inviato alla Commissione UE a gennaio 2020, al termine di un percorso avviato nel dicembre 2018.

Di seguito si riportano i principali obiettivi del PNIEC al 2030 per le fonti rinnovabili (FER):

	Obiettivi 2020		Obiettivi 2030	
	UE	ITALIA	UE	ITALIA (PNIEC)
Energie rinnovabili (FER)				
Quota di energia da FER nei Consumi Finali Lordi di energia	20%	17%	32%	30%
Quota di energia da FER nei Consumi Finali Lordi di energia nei trasporti	10%	10%	14%	22%
Quota di energia da FER nei Consumi Finali Lordi per riscaldamento e raffrescamento			+1,3% annuo (indicativo)	+1,3% annuo (indicativo)

Il PNIEC prevede una percentuale di energia da FER nei Consumi Finali Lordi di energia pari al 30%, in linea con gli obiettivi previsti per l'Italia dalla UE, e una percentuale di energia da FER nei Consumi Finali Lordi di energia pari al 22% nei trasporti, a fronte del 14% previsto dalla UE.

Inoltre, nel quadro di un'economia a basse emissioni di carbonio, il PNIEC prospetta il phase out del carbone dalla generazione elettrica al 2025.

Gli obiettivi delineati nel PNIEC al 2030 sono destinati ad essere rivisti ulteriormente al rialzo, in ragione dei più ambiziosi target delineati in sede europea con il "Green Deal" (GD), presentato a dicembre 2019 dall'attuale Commissione Ue, guidata da Ursula von Der Leyen.

Il GD punta a realizzare un'economia "neutrale" sotto il profilo climatico entro il 2050, ossia azzerare le emissioni nette di CO2 con interventi in tutti i settori economici, dalla produzione di energia ai trasporti, dal riscaldamento/raffreddamento degli edifici alle attività agricole, nonché nei processi manifatturieri, nelle industrie "pesanti" e così via.

Tra i temi più importanti su energia e ambiente del GD:

- la possibilità di eliminare i sussidi ai combustibili fossili e in particolare le esenzioni fiscali sui carburanti per navi e aerei, seguendo la logica che il costo dei mezzi di trasporto deve riflettere l'impatto di tali mezzi sull'ambiente;
- la possibilità di adottare una "carbon border tax" per tassare alla frontiera le importazioni di determinati prodotti, in modo che il loro prezzo finale rispecchi il reale contenuto di CO2, ossia la quantità di CO2 rilasciata nell'atmosfera per produrre quelle merci;
- **Decarbonizzare il mix energetico, puntando in massima parte sulle rinnovabili**, con la contemporanea rapida uscita dal carbone.

Nel settembre 2020 la Commissione ha proposto di **elevare l'obiettivo della riduzione delle emissioni di gas serra per il 2030, compresi emissioni e assorbimenti, ad almeno il 55% rispetto ai livelli del 1990.**

Sono state prese in considerazione tutte le azioni necessarie in tutti i settori, compresi un aumento dell'efficienza energetica e dell'energia da fonti rinnovabili, in maniera da garantire il progredire verso un'economia climaticamente neutra e gli impegni assunti nel quadro dell'accordo di Parigi.

Obiettivi chiave per il 2030:

- una riduzione almeno del 40% delle emissioni di gas a effetto serra (rispetto ai livelli del 1990)
- una **quota almeno del 32% di energia rinnovabile**
- un miglioramento almeno del 32,5% dell'efficienza energetica.

L'obiettivo della riduzione del 40% dei gas serra è attuato mediante il sistema di scambio di quote di emissione dell'UE (il cd ETS), il regolamento sulla condivisione degli sforzi con gli obiettivi di riduzione delle emissioni degli Stati membri, e il regolamento sull'uso del suolo, il cambiamento di uso del suolo e la silvicoltura. In tal modo tutti i settori contribuiranno al conseguimento dell'obiettivo del 40% riducendo le emissioni e aumentando gli assorbimenti.

Al fine di mettere in atto e realizzare questi obiettivi chiave, **il 14 luglio 2021 la Commissione europea ha adottato un pacchetto di proposte per rendere le politiche dell'UE in materia di clima, energia, uso del suolo, trasporti e fiscalità idonee a ridurre le emissioni nette di gas serra di almeno il 55% entro il 2030, rispetto ai livelli del 1990** (cd. Pacchetto Fit for 55).

Il pacchetto contiene in tutto 13 nuove proposte legislative per riformare diversi settori e prevede innanzitutto di rivedere il sistema di scambio di quote di carbonio denominato ETS, che, nello specifico, viene anche allargato al settore marittimo; viene introdotto un nuovo sistema parallelo riservato ai trasporti su strada e ai sistemi di riscaldamento degli edifici.

I target di abbattimento delle emissioni del vecchio sistema ETS entro il 2030 passano dal -43% al -61% sui livelli del 2005. Il nuovo ETS, invece, avrà un obiettivo di taglio emissioni del 43% al 2030 sui livelli del 2005 e sarà in vigore dal 2025. È prevista altresì la **revisione della direttiva RED (Renewable Energy Directive) sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili**. La Commissione ha stabilito nuovi target vincolanti sulle fonti pulite, precisando anche quali fonti di energia possono essere considerate pulite. **La direttiva sulle energie rinnovabili fisserà un obiettivo**

maggiore per produrre il 40% della nostra energia da fonti rinnovabili entro il 2030. Tutti gli Stati membri contribuiranno a questo obiettivo e verranno proposti obiettivi specifici per l'uso delle energie rinnovabili nei trasporti, nel riscaldamento e raffreddamento, negli edifici e nell'industria. La produzione e l'uso di energia rappresentano il 75% delle emissioni dell'UE e, quindi, è fondamentale accelerare la transizione verso un sistema energetico più verde.

La neutralità climatica nell'UE entro il 2050 e l'obiettivo intermedio di riduzione netta di almeno il 55% delle emissioni di gas serra entro il 2030 hanno costituito il riferimento per l'elaborazione degli investimenti e delle riforme in materia di Transizione verde contenuti nei Piani nazionali di ripresa e resilienza, fulcro del programma Next Generation EU (NGEU), il pacchetto da 750 miliardi di euro, costituito per circa la metà da sovvenzioni, concordato dall'Unione Europea in risposta alla crisi pandemica dovuta al coronavirus.

Il Piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR) italiano delinea, fra l'altro, un aggiornamento degli obiettivi del PNIEC e della Strategia di lungo termine per la riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra, per riflettere anche le modifiche intervenute in sede europea, in particolare l'approvazione definitiva del Pacchetto legislativo europeo Fit for 55.

Nelle more di tale aggiornamento, il MITE ha adottato il Piano per la transizione ecologica (PTE), che fa da raccordo tra il Green Deal europeo e il PNRR. Il PTE indica un nuovo obiettivo nazionale di riduzioni emissioni climalteranti al 2030 e la necessità di operare ulteriori riduzioni di energia primaria rispetto a quanto già disposto nel PNIEC: la riduzione di energia primaria dovrebbe passare dal 43 al 45% (rispetto allo scenario energetico base europeo Primes 2007) da ottenere nei comparti a maggior potenziale di risparmio energetico come residenziale e trasporti, grazie anche alle misure avviate con il PNRR.

Inoltre, entro il 2025 il carbone non dovrà essere più utilizzato per la produzione di energia elettrica, che nel 2030 dovrà provenire per il 72% da fonti rinnovabili (nuova capacità da installare pari a circa 70-75 GW), fino a livelli prossimi al 95-100% nel 2050.

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 U_0/U non superiore a 0.6/1kV Fasc. 2312
- CEI UNEL35024/1 Portata dei cavi in regime permanente Fasc. 3516 Per impianti elettrici utilizzatori:
- CEI 64-8/1 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua Fasc. 4131
- CEI 70-1 Grado di protezione degli involucri (codice IP) Fasc. 3227C Per impianti elettrici ad alta tensione e di distribuzione pubblica di bassa tensione:
- CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1kV in corrente alternata Fasc. 5025
- CEI 11-18 Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Dimensionamento degli impianti in relazione alle tensioni Fasc. 3703R
- L'impianto dovrà essere conforme inoltre alle prescrizioni contenute nella Specifica Tecnica Terna "requisiti e caratteristiche di riferimento delle stazioni elettriche della RTN".

Opere civili

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

VGE 04	PARCO EOLICO PETRA BIANCA RELAZIONE GENERALE TECNICA DESCRITTIVA	 Ingegneria & Innovazione	
		25/02/2022	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"

	PARCO EOLICO PETRA BIANCA RELAZIONE GENERALE TECNICA DESCRITTIVA	 Ingegneria & Innovazione		
		25/02/2022	REV: 1	Pag.13

3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto prevede la realizzazione di 14 aerogeneratori ed opere di connessione, inclusive di piazzole di costruzione e di esercizio, viabilità di accesso, elettrodotti e sottostazione di trasformazione, ubicati in agro nei Comuni di Luras e Tempio Pausania, Provincia Nord-Est Sardegna, di potenza complessiva di 84,00 MW, denominato "Petra Bianca". Gli aerogeneratori saranno collegati alla nuova Sottostazione elettrica utente di trasformazione e consegna, posta nel Comune di Calangianus, tramite elettrodotti interrati con tensione nominale pari a 30 kV.

I centri urbani più vicini, Luras e Tempio Pausania, distano rispettivamente 2,1 km dalla turbina L12 e 5,3 km dalla turbina T06.

La sottostazione sarà ubicata nel Comune di Calangianus e dista circa 1,2 km dal centro abitato di appartenenza, mentre la cabina di sezionamento sarà installata nel Comune di Luras a circa 3,4 km dallo stesso.

4. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

4.1. Riferimenti Cartografici E Posizioni Aerogeneratori

Il progetto si colloca all'interno delle seguenti cartografie:

- Fogli IGM in scala 1:25.000 di cui alle seguenti codifiche:
 - 426 II Isola Rossa;
 - 427 III Aglientu;
 - 427 II Luogosanto;
 - 442 I Viddalba;
 - 443 IV Tempio Pausania;
 - 443 I Calangianus;
 - 442 II Perugas;
 - 443 III Bortigiadas e 443 II Monti.
- CTR in scala 1:10.000, di cui alle seguenti codifiche:
 - 443010; 443020; 443030; 443050; 443060 e 443070.

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

- Foglio di mappa n. 5 – 12 e 17 del Comune di Luras;
- Foglio di mappa n. 153 – 154 – 155 – 156 e 157 del Comune Di Tempio Pausania.

I fogli di mappa interessati dal solo passaggio dell'elettrodotto in MT, peraltro su strade comunali o provinciali, sono:

- Fogli di mappa n. 5, 6, 12, 15, 16, 17, 20, 24, 25 e 29 del Comune di Luras;
- Fogli di mappa n. 149, 151, 152, 153 – 154 - 155 – 156 – 157 - 159 - 160 del Comune di Tempio Pausania.

Il foglio di mappa interessato dalla sottostazione elettrica é:

- Fogli di mappa n. 45 del Comune di Calangianus.

Il foglio di mappa interessato dalla cabina di sezionamento è:

- Foglio di mappa n. 16 del Comune di Luras

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
T01	506480.00 m E	4536204.00 m N	447	Tempio Pausania
T02	504365,00 m E	4536101,00 m N	508	Tempio Pausania
T03	506251,00 m E	4534856,00 m N	413	Tempio Pausania
T04	505938,00 m E	4533637,00 m N	465	Tempio Pausania
T05	508322,00 m E	4535131,00 m N	412	Tempio Pausania
T06	509471,00 m E	4534051,00 m N	400	Tempio Pausania
T07	508691,00 m E	4535822,00 m N	398	Tempio Pausania
T08	509538,00 m E	4535751,00m N	404	Tempio Pausania
L09	512397,00 m E	4537601,00 m N	419	Luras
T10	505013,00 m E	4536122,00 m N	516	Tempio Pausania
L11	511532,00 m E	4537148,00 m N	433	Luras
L12	515567,00 m E	4534488,00 m N	301	Luras
L13	516376,00 m E	4534732,00 m N	285	Luras
L14	516245,00 m E	4535206,00 m N	262	Luras
CABINA SEZIONAMENTO	514312.70 m E	4535411.20 m N	313	Luras
SSE-UTENTE	514312.70 m E	4529313.39 m N	438	Calangianus

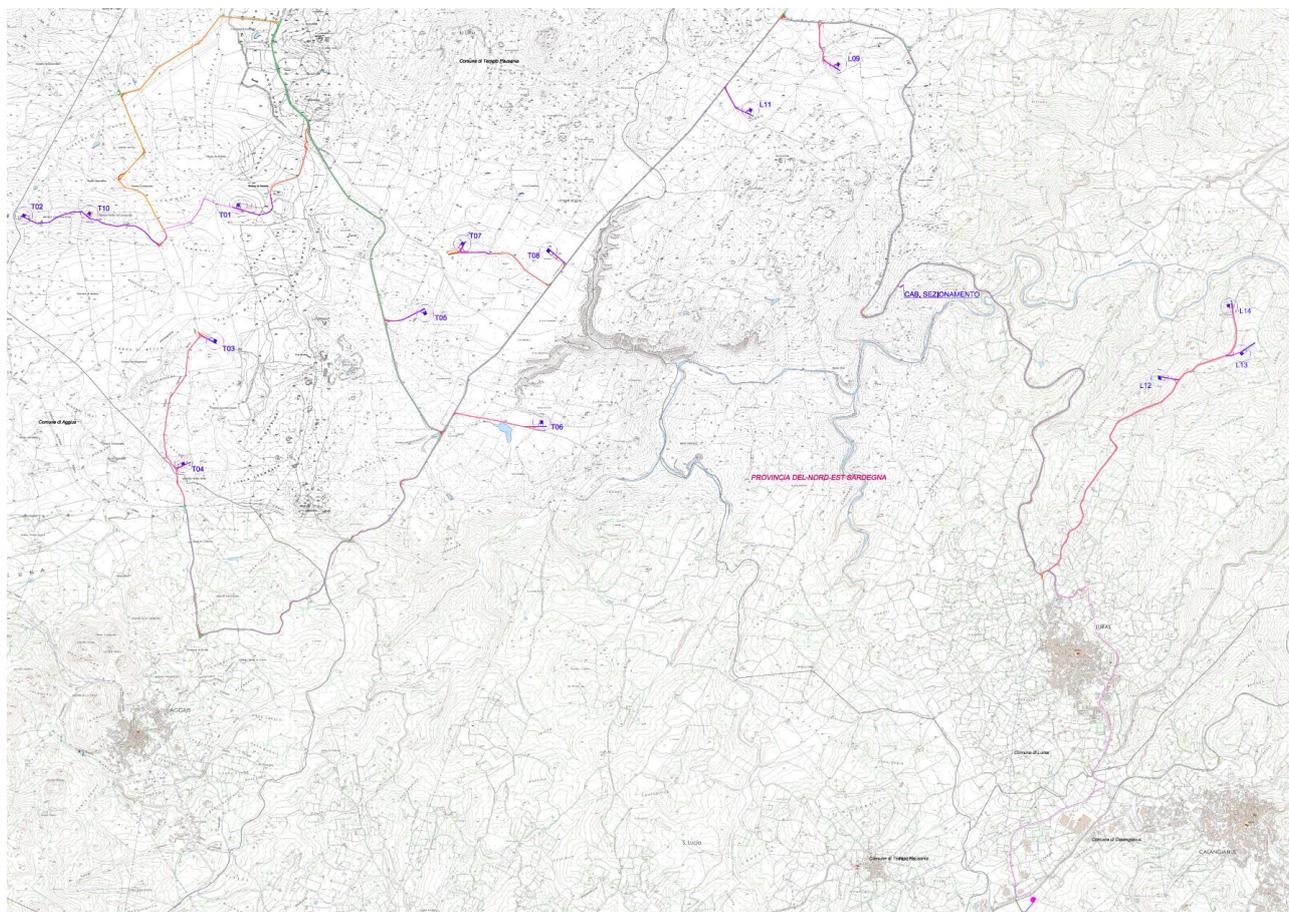


Figura 1 – Inquadramento su CTR dell'impianto

4.2. Inquadramento Geologico e Geomorfologico

L'area sulla quale verranno installate le turbine ricade nel Foglio 443 IV NO Tempio Pausania, 443 I Calangianus. Le turbine sono ubicate nel territorio comunale di Luras e Tempio Pausania, con la SSEU ubicata nel territorio di Calangianus tutte in provincia del Nord-Est Sardegna. L'area di intervento è individuata sulla cartografia tecnica della Regione Autonoma della Sardegna in scala 1:10000, più precisamente all'interno delle CTR n° 443070, 443060, 443050, 443030, 443020, 443010, 427150, 427140, 427130. Tale zona appartiene ad un contesto geomorfologico caratterizzato da un'area collinare digradante verso N e verso S confluendo nella valle del Riu Turrari con una pendenza media del 6%.

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

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

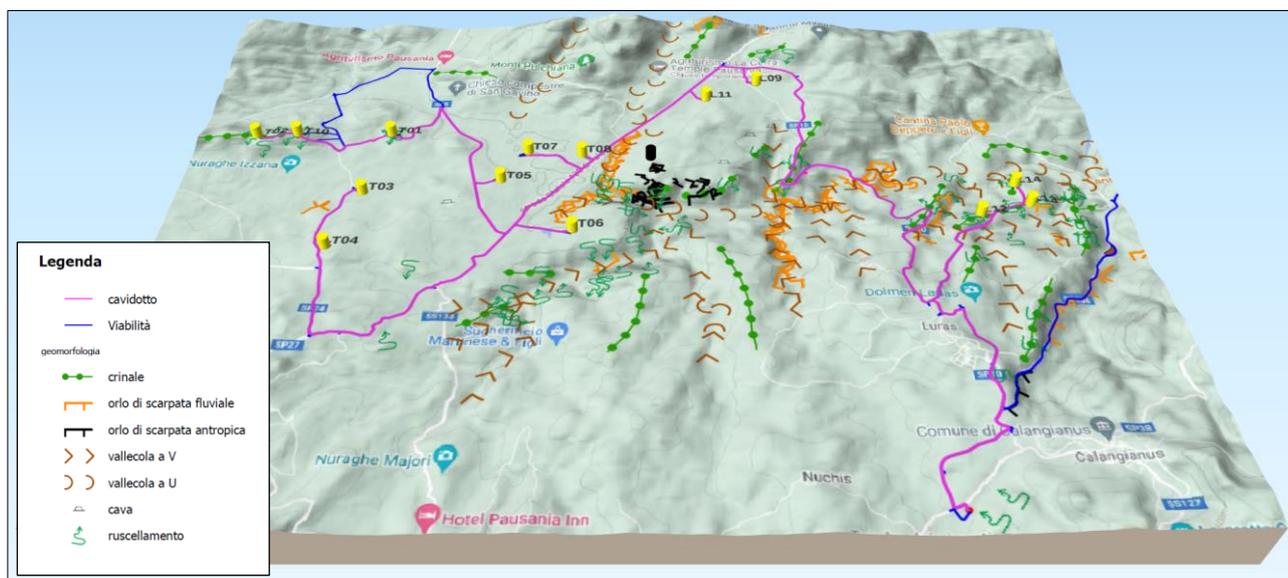


Figura 2 – Immagina rappresentativa delle strutture geomorfologiche presenti su base DEM

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

- **WTG T04, T03, T05, T06, L11, L12, L13, L14** sono ubicate all'interno della subunità di Catala ed unità intrusiva di Tempio Pausania, FACIS PUNTA PAOLEDDU, costituite da monzograniti inequigranulari, con abbondanti fenocristalli eudrali di Kfs aventi taglia compresa tra 1 e 4 cm;
- **WTG T02, T10, T01** sono ubicate su metatesiti indistinte risalenti al PRE-CAMBRIANO-PALEOZOICO;
- **WTG T08, T07, L09** sono ubicate su COLTRI ELUVIO-COLLUVIALI costituiti da detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica.

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

4.3. Contesto Idrogeologico

La particolare conformazione orografica del Foglio 443 “Tempio Pausania”, costituito in prevalenza da settori con elevata altimetria, come il massiccio del M. Limbara, che rappresenta la seconda area montuosa della Sardegna, condiziona fortemente l'evoluzione del reticolo idrografico, fondamentalmente caratterizzato dalla presenza di aste fluviali del primo, secondo e terzo ordine gerarchico.

I lineamenti strutturali di questo settore della Gallura, strettamente correlati agli effetti della tettonica terziaria, hanno invece condizionato fortemente su tutto il territorio la forma del reticolo idrografico, che è di tipo centrifugo attorno al massiccio del M. Limbara, e angolare quando si imposta e va a coincidere con le principali direttrici tettoniche.

La zona è caratterizzata da diverse incisioni tra le quali le più importanti sono il Riu Carana che attraversa il sito ed ha un bacino abbastanza esteso dall'alveo abbastanza inciso dovuto anche ai litotipi attraversati. Le WTG non interferiscono con il reticolo fluviale mentre l'elettrodotto presenta alcune inferenze che in molti casi possono essere risolte tramite tecnologia TOC, spinta ad una profondità tra i 1,50 – 2 metri di profondità, al fine di evitare problemi di erosione fluviale che ne intaccherebbe la funzionalità (per ulteriori approfondimenti si rimanda all'elaborato C20042S05-PD-PL-6 "Individuazione delle interferenze su CTR"). Dal punto di vista erosivo la litologia presente non favorisce una forte erosione dell'alveo, considerando che la stessa può avvenire durante forti piogge e posizionando l'elettrodotto alla giusta profondità questo problema verrebbe bypassato.

La falda si trova in alcuni punti intorno ai 20 m dal p.c, quella profonda intorno ai 60 m dal p.c.

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

La permeabilità è variabile a seconda del litotipo attraversato, si passa da permeabilità alta per porosità le WTG T08, T06 e L09, a permeabilità bassa per fratturazione le WTG T01, T02 e T10 e permeabilità medio-bassa per fratturazione T03, T04, T05, T07, L11, L12, L13 ed L14.

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

4.4. Sismicità

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

Considerando i vari litotipi presenti nel sito dovremmo aspettarci un V_{s30} compreso tra 360 m/s e 800 m/s, considerando anche che i primi metri siano molto fratturati, per cui, in questa fase si può ipotizzare un suolo di **Categoria B**: "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)".

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

5. L'IMPIANTO EOLICO

L'impianto Eolico sarà costituito da n°14 aerogeneratori, tipo Siemens Gamesa SG170, ciascuno di potenza massima fino a 6,0 MW, corrispondenti ad una potenza di impianto di 84 MW. Gli aerogeneratori saranno collegati alla nuova Stazione di trasformazione Utente, posta nel Comune di Calangianus, tramite elettrodotti interrati con tensione nominale pari a 30 kV. Come indicato nel preventivo di connessione, del quale si è già anticipato in Premessa e per la descrizione del quale si rimanda ai successivi paragrafi 6.3 e 6.4 e alle relazioni di progetto "C20042S05-PD-RT-10-01 - Rel. Sist. di Potenza connessione WTG alla RTN" e "C20042S05-PD-RT-12-01 - R.T. Raccordo interrato AT SSEU-SE", l'impianto si collegherà alla RTN per la consegna della energia elettrica prodotta attraverso una sottostazione elettrica utente di trasformazione da collegare in antenna a 150 kV sulla nuova Stazione Elettrica di Smistamento della RTN a 150 kV in GIS denominata "Tempio" da inserire in entra – esce alla linea 150 kV "Olbia - Tempio" previa realizzazione di un nuovo elettrodotto di collegamento della RTN a 150 kV tra la SE di Santa Teresa e la nuova SE Buddusò.

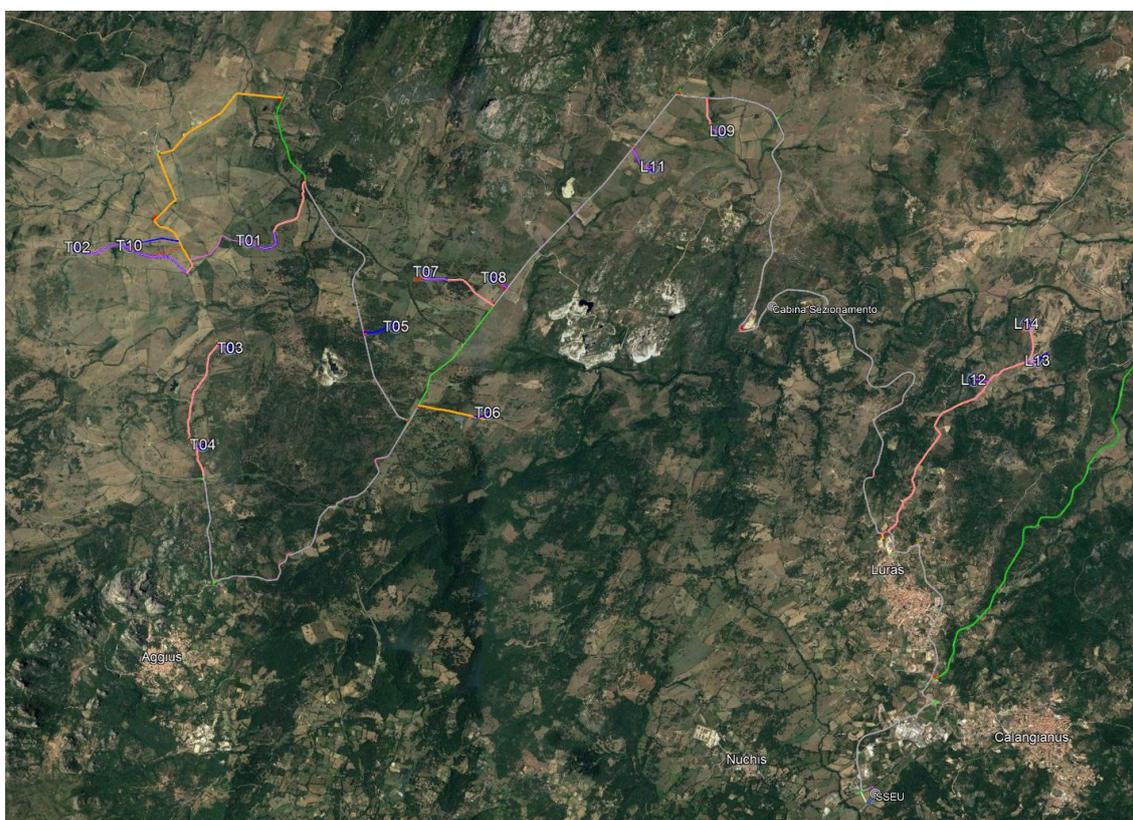


Figura 3 – Layout impianto eolico "Petra Bianca"

Dal punto di vista elettrico, gli aerogeneratori sono collegati fra di loro in cinque gruppi rispettivamente di 3 e 2 turbine ciascuno, tramite cavi di MT da 30 kV, costituendo così n.5 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 (SGRE SCADA).

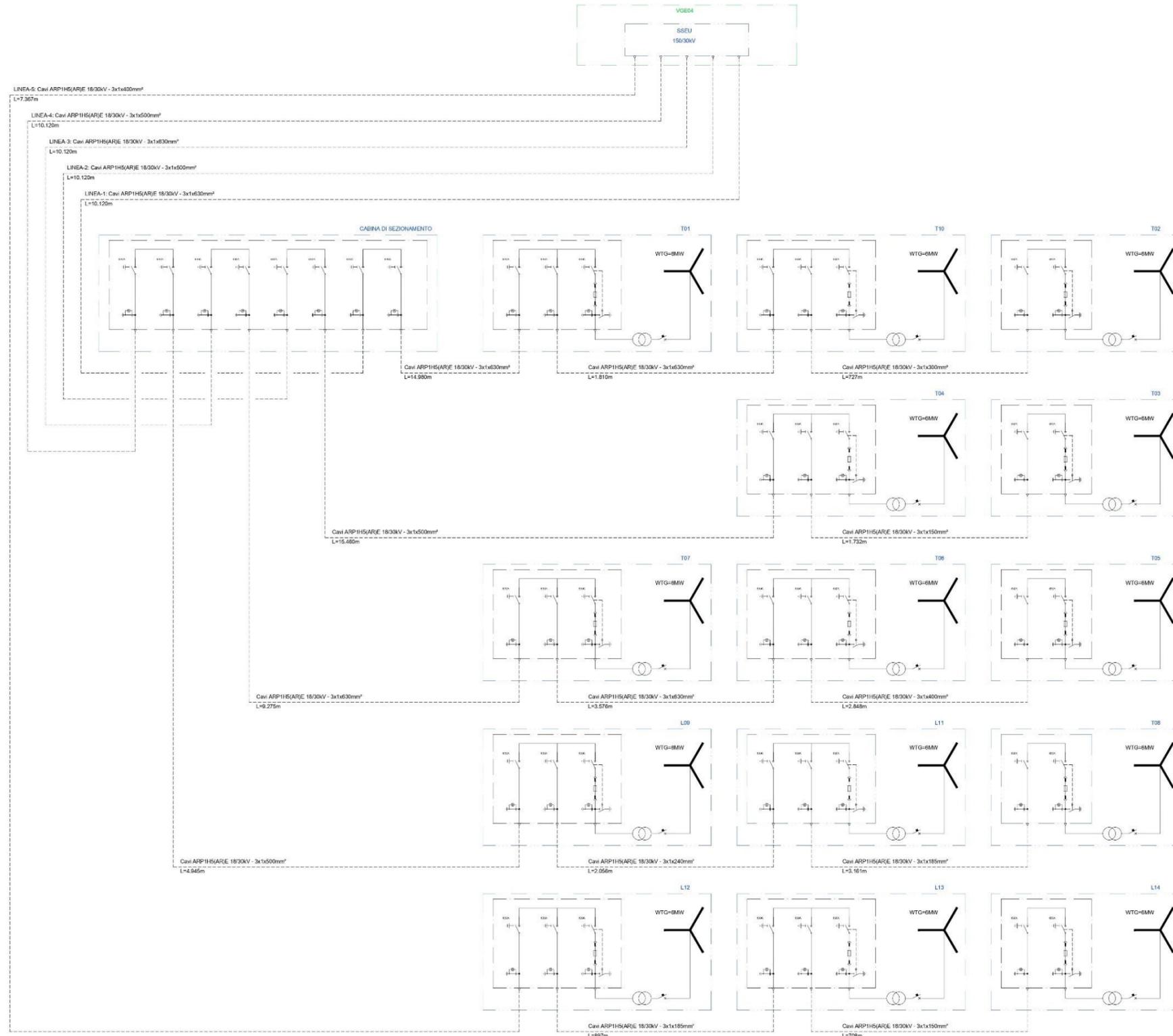


Figura 4 – Schema di rete distribuzione impianto

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 elettrodotti interrati MT, in adiacenza alla viabilità esistente, per il collegamento elettrico tra i singoli aerogeneratori, tra gli aerogeneratori e la sottostazione di consegna esistente.

La stazione di trasformazione utente, (di seguito SSEU), riceve l'energia proveniente dall'impianto 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 della cabina di stazione e dalla parte di alta tensione costituita dalle apparecchiature elettriche con isolamento in aria, ubicate nell'area esterna della stazione utente. La cabina di stazione sarà costituita dai locali contenenti i quadri di MT con gli scomparti di arrivo/partenza linee dall'impianto eolico, dagli scomparti per alimentare il trasformatore BT/MT dei servizi ausiliari di cabina, dagli scomparti misure e protezioni MT e dallo scomparto MT per il collegamento al trasformatore MT/AT, necessario per il collegamento RTN. La stazione di trasformazione è costituita da uno stallo trasformatore elevatore, questo sarà costituito dalle seguenti apparecchiature:

- Trasformatore elevatore 30/150 kV da 100 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;
- Sbarre AT.

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

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

All'interno della Stazione di Trasformazione sarà presente la cabina di stazione avente le seguenti caratteristiche generali. Essa è destinata a contenere i quadri di comando e controllo della stazione, gli apparati di tele-operazione e i vettori, gli uffici ed i servizi per il personale di manutenzione, sarà formato da un corpo di dimensioni in pianta 33,00 m x 6,70 m ed altezza fuori terra di 3,50 m.

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

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

Tale edificio conterrà seguenti locali:

- locale magazzino;
- locale gruppo elettrogeno;
- locale controllo e comando;
- locale quadri BT;
- locale quadri MT;
- locale misure.

6. LISTA ANAGRAFICA DEI COMPONENTI L'IMPIANTO

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

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

6.1. Aerogeneratori

L'aerogeneratore è una macchina che sfrutta l'energia cinetica posseduta dal vento per la produzione di energia elettrica. La macchina con le sue dimensioni è rappresentata nell'elaborato "C20042S05_PD_EC_11_00-Aerogeneratore Tipo". 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 del tipo Siemens Gamesa SG170 da 6.0MW, altezza mozzo pari a 115 m, ad asse orizzontale con rotore tripala, le cui caratteristiche principali sono di seguito riportate:

- rotore tripala a passo variabile, di diametro massimo di 170 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, 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 115 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, potranno essere 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 potranno avere, 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.

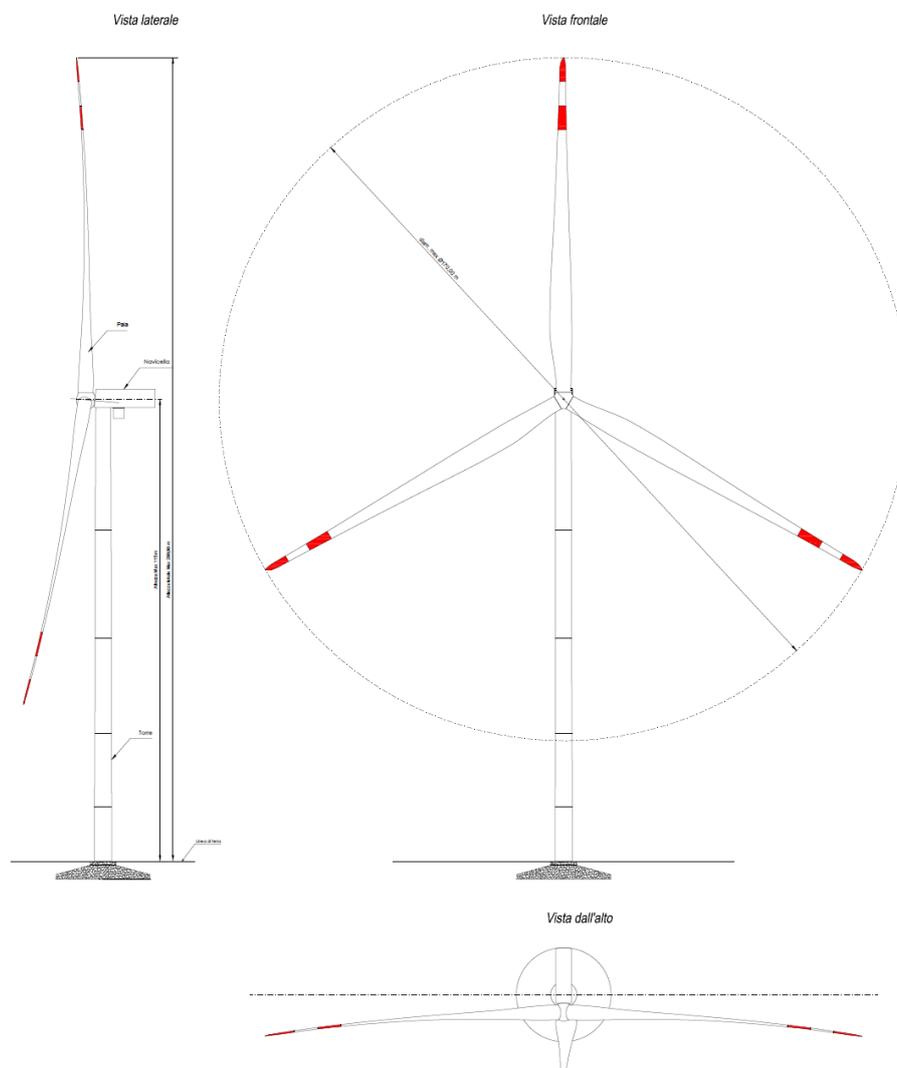


Figura 5 – Aerogeneratore tipo

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 11,0 m/s con una densità dell'aria pari a 1225 kg/m³. A velocità del vento superiori a 20 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 25 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 Siemens Gamesa SG6.0_170_HH115, scelti per il presente progetto:

GENERALI	
Intervallo di temperatura operativa	-20 °C / +40 °C
Intervallo di temperatura di fermo	-30 °C / +50 °C
Max. altezza s.l.m.	1000 m
Certificazioni	IEC 61400-1
Tipologia turbina	Rotore tripala ad asse orizzontale sopra-vento
Regolazione della potenza	Regolazione attiva singola pala
Potenza nominale	6000 kW
Velocità del vento per il raggiungimento della potenza nominale (con densità dell'aria di 1.225 kg/m ³)	Circa 11.0 m/s
Range velocità di funzionamento del rotore	Rpm max 10.6
Velocità vento di cut-in	3 m/s
Velocità vento di cut-out	25 m/s
Velocità vento di Cut-back-in	24 m/s
Vita di funzionamento stimata	≥ 20 anni
TORRE	
Tipologia	HH115 - IIIA
Altezza all' Hub	115 m
Classe vento	IIIA
Numero di sezioni	5

Rotor

Type 3-bladed, horizontal axis
 Position Upwind
 Diameter 170 m
 Swept area 22,698 m²
 Power regulation Pitch & torque regulation
 with variable speed
 Rotor tilt 6 degrees

Blade

Type Self-supporting
 Blade length 83,5 m
 Max chord 4.5 m
 Aerodynamic profile Siemens Gamesa
 proprietary airfoils
 Material G (Glassfiber) – CRP
 (Carbon Reinforced Plastic)
 Surface gloss Semi-gloss, < 30 / ISO2813
 Surface color Light grey, RAL 7035 or
 White, RAL 9018

Aerodynamic Brake

Type Full span pitching
 Activation Active, hydraulic

Load-Supporting Parts

Hub Nodular cast iron
 Main shaft Nodular cast iron
 Nacelle bed frame Nodular cast iron

Mechanical Brake

Type Hydraulic disc brake
 Position Gearbox rear end

Nacelle Cover

Type Totally enclosed
 Surface gloss Semi-gloss, <30 / ISO2813
 Color Light Grey, RAL 7035 or
 White, RAL 9018

Generator

Type Asynchronous, DFIG

Grid Terminals (LV)

Baseline nominal power . 6.0 MW / 6.2 MW
 Voltage 690 V
 Frequency 50 Hz or 60 Hz

Yaw System

Type Active
 Yaw bearing Externally geared
 Yaw drive Electric gear motors
 Yaw brake Active friction brake

Controller

Type Siemens Integrated Control
 System (SICS)
 SCADA system SGRE SCADA System

Tower

Type Tubular steel / Hybrid
 Hub height 100 m to 165 m and site-
 specific

Corrosion protection Painted
 Surface gloss Semi-gloss, <30 / ISO-2813
 Color Light grey, RAL 7035 or
 White, RAL 9018

Operational Data

Cut-in wind speed 3 m/s
 Rated wind speed 11.0 m/s (steady wind
 without turbulence, as
 defined by IEC61400-1)
 Cut-out wind speed 25 m/s
 Restart wind speed 22 m/s

Weight

Modular approach Different modules
 depending on restriction

Subject	ID	Issue	Unit	Value
0. Design lifetime	0.0	Design lifetime definition	-	IEC 61400-1 ¹
	0.1	Design lifetime	years	20 25
1. Wind, operation	1.1	Wind definitions	-	IEC 61400-1
	1.2	IEC class	-	IIIA IIIB
	1.3	Mean air density, ρ	kg/m ³	1.225 1.225
	1.4	Mean wind speed, V_{ave}	m/s	7.5 7.5
	1.5	Weibull scale parameter, A	m/s	8.46 8.46
	1.6	Weibull shape parameter, k	-	2 2
	1.7	Wind shear exponent, α	-	0.20 0.20
	1.8	Reference turbulence intensity at 15 m/s, I_{ref}	-	0.16 0.14
	1.9	Standard deviation of wind direction	Deg	- -
	1.10	Maximum flow inclination	Deg	8 8
	1.11	Minimum turbine spacing, in rows	D	- -
	1.12	Minimum turbine spacing, between rows	D	- -
2. Wind, extreme	2.1	Wind definitions	-	IEC 61400-1
	2.2	Air density, ρ	kg/m ³	1.225
	2.3	Reference wind speed average over 10 min at hub height, V_{ref}	m/s	37.5
	2.4	Maximum 3 s gust in hub height, V_{e50}	m/s	52.5
	2.5	Maximum hub height power law index, α	-	0.11
	2.6	Storm turbulence	-	N/A
3. Temperature	3.1	Temperature definitions	-	IEC 61400-1
	3.2	Minimum temperature, stand-still, $T_{min, s}$	Deg.C	-30
	3.3	Minimum temperature, operation, $T_{min, o}$	Deg.C	-20
	3.4	Maximum temperature, operation, $T_{max, o}$	Deg.C	40 ²
	3.5	Maximum temperature, stand-still, $T_{max, s}$	Deg.C	50
4. Corrosion	4.1	Atmospheric-corrosivity category definitions	-	ISO 12944-2
	4.2	Internal nacelle environment (corrosivity category)	-	C3H (std)
	4.3	Exterior environment (corrosivity category)	-	C3H (std)
5. Lightning	5.1	Lightning definitions	-	IEC61400-24:2010
	5.2	Lightning protection level (LPL)	-	LPL 1
6. Dust	6.1	Dust definitions	-	IEC 60721-3-4:1995
	6.2	Working environmental conditions	mg/m ³	Average Dust Concentration (95% time) → 0.05 mg/m ³
	6.3	Concentration of particles	mg/m ³	Peak Dust Concentration (95% time) → 0.5 mg/m ³
7. Hail	7.1	Maximum hail diameter	mm	20
	7.2	Maximum hail falling speed	m/s	20
8. Ice	8.1	Ice definitions	-	-
	8.2	Ice conditions	Days/y r	7
9. Solar radiation	9.1	Solar radiation definitions	-	IEC 61400-1
	9.2	Solar radiation intensity	W/m ²	1000
10. Humidity	10.1	Humidity definition	-	IEC 61400-1
	10.2	Relative humidity	%	Up to 95
11. Obstacles	11.1	If the height of obstacles within 500m of any turbine location height exceeds 1/3 of (H – D/2) where H is the hub height and D is the rotor diameter then restrictions may apply. Please contact Siemens Gamesa Renewable Energy for information on the maximum allowable obstacle height with respect to the site and the turbine type.		
12. Precipitation ³	12.1	Annual precipitation	mm/yr	1100

SPECIFICHE ELETTRICHE

Nominal output and grid conditions

Nominal power	6200 kW
Nominal voltage	690 V
Power factor correction.....	Frequency converter control
Power factor range.....	0.9 capacitive to 0.9 inductive at nominal balanced voltage

Generator

Type	DFIG Asynchronous
Maximum power.....	6350 kW @30°C ext. ambient

Nominal speed.....	1120 rpm-6p (50Hz) 1344 rpm-6p (60Hz)
--------------------	--

Generator Protection

Insulation class	Stator H/H Rotor H/H
Winding temperatures	6 Pt 100 sensors
Bearing temperatures.....	3 Pt 100
Slip Rings	1 Pt 100
Grounding brush.....	On side no coupling

Generator Cooling

Cooling system	Air cooling
Internal ventilation.....	Air
Control parameter	Winding, Air, Bearings temperatures

Frequency Converter

Operation.....	4Q B2B Partial Load
Switching	PWM
Switching freq., grid side...	2.5 kHz
Cooling	Liquid/Air

Main Circuit Protection

Short circuit protection.....	Circuit breaker
Surge arrester.....	varistors

Peak Power Levels

10 min average	Limited to nominal
----------------------	--------------------

Grid Capabilities Specification

Nominal grid frequency.....	50 or 60 Hz
Minimum voltage.....	85 % of nominal
Maximum voltage.....	113 % of nominal
Minimum frequency.....	92 % of nominal
Maximum frequency.....	108 % of nominal
Maximum voltage imbalance (negative sequence of component voltage).....	≤ 5 %
Max short circuit level at controller's grid	
Terminals (690 V)	82 kA

Power Consumption from Grid (approximately)

At stand-by, No yawing	10 kW
At stand-by, yawing.....	50 kW

Controller back-up

UPS Controller system.....	Online UPS, Li battery
Back-up time	1 min
Back-up time Scada.....	Depend on configuration

Transformer Specification

Transformer impedance requirement.....	8.5 % - 10.5%
Secondary voltage.....	690 V
Vector group.....	Dyn 11 or Dyn 1 (star point earthed)

Earthing Specification

Earthing system.....	Acc. to IEC62305-3 ED 1.0:2010
Foundation reinforcement ..	Must be connected to earth electrodes
Foundation terminals	Acc. to SGRE Standard
HV connection.....	HV cable shield shall be connected to earthing system

SPECIFICHE TECNICHE DEL TRASFORMATORE

Transformer

Type	Liquid filled
Max Current	7.11 kA + harmonics at nominal voltage $\pm 10\%$
Nominal voltage	30/0.69 kV
Frequency	50 Hz
Impedance voltage	9.5% $\pm 8.3\%$ at ref. 6.5 MVA
Loss ($P_0 / P_{k75^\circ C}$)	4.77/84.24 kW
Vector group	Dyn11
Standard	IEC 60076 ECO Design Directive

Transformer Cooling

Cooling type	KFWF
Liquid inside transformer	K-class liquid
Cooling liquid at heat exchanger	Glysantin

Transformer Monitoring

Top oil temperature	PT100 sensor
Oil level monitoring sensor	Digital input
Overpressure relay	Digital input

Transformer Earthing

Star point	The star point of the transformer is connected to earth
------------------	---

SPECIFICHE TECNICHE DEI QUADRI ELETTRICI

Switchgear

Make	TBD
Type	TBD
Rated voltage	20-40,5(Um) kV
Operating voltage	20-40,5(Um) kV
Rated current	630 A
Short time withstand current	20 kA/1s
Peak withstand current	50 kA
Power frequency withstand voltage	70 kV
Lightning withstand voltage	170 kV
Insulating medium	SF ₆
Switching medium	Vacuum
Consist of	2/3/4 panels
Grid cable feeder	Cable riser or line cubicle
Circuit breaker feeder	Circuit breaker
Degree of protection, vessel	IP65
Internal arc classification IAC:	A FL 20 kA 1s
Pressure relief	Downwards
Standard	IEC 62271
Temperature range	-25°C to +45°C

Grid cable feeder (line cubicle)

Rated current, Cubicle	630 A
Rated current, load breaker	630 A
Short time withstand current	20 kA/1s
Short circuit making current	50 kA/1s
Three position switch	Closed, open, earthed
Switch mechanism	Spring operated
Control	Local
Voltage detection system	Capacitive

Circuit breaker feeder

Rated current, Cubicle	630 A
Rated current circuit breaker	630 A
Short time withstand current	20 kA/1s
Short circuit making current	50 kA/1s
Short circuit breaking current	20 kA/1s
Three position switch	Closed, open, earthed
Switch mechanism	Spring operated
Tripping mechanism	Stored energy
Control	Local
Coil for external trip	230V AC
Voltage detection system	Capacitive

Protection

Over-current relay	Self-powered
Functions	50/51 50N/51N
Power supply	Integrated CT supply

Interface- MV Cables

Grid cable feeder	630 A bushings type C M16 Max 2 feeder cables
Cable entry	From bottom
Cable clamp size (cable outer diameter) **	26 - 38mm 36 - 52mm 50 - 75mm
Circuit breaker feeder	630 A bushings type C
Cable entry	M16 From bottom

Interface to turbine control

Breaker status	
SF6 supervision	1 NO contact
External trip	1 NO contact

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

6.1.3. Sistemi elettrici e di controllo esterni

L'energia prodotta verrà trasportata alla sottostazione elettrica di trasformazione utente 150/30 kV, per la consegna sulla rete di TERNA. Le linee interrate saranno ubicate preferibilmente lungo la rete viaria esistente.

Il cavo, all'interno della trincea, sarà posizionato in modo tale da avere l'estradosso ad una profondità minima di 1,0 m.

Le linee elettriche in MT dell'impianto saranno realizzate posando il cavo il più possibile all'interno delle strade già esistenti e collegherà gli aerogeneratori alla rete nazionale di distribuzione elettrica.

6.1.4. Descrizione dei componenti principali

All'interno dell'aerogeneratore, la tensione a 0,69 kV prodotta dalla macchina verrà elevata a 30 kV tramite le seguenti componenti all'interno dello stesso:

- l'arrivo del cavo BT (0,69 kV) dall'aerogeneratore;
- il trasformatore BT/MT (0,69/30 kV);
- la cella MT (30 kV) per la partenza verso i quadri di macchina e da lì verso la cabina di raccolta.

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

- un quadro MT 30 kV composto da uno scomparto per l'arrivo dal trasformatore BT/MT e uno o due scomparti, a seconda della posizione della macchina nel radiale di collegamento alla stazione utente, per l'arrivo e la partenza dai quadri delle altre macchine del radiale;
- un quadro BT di alimentazione dei servizi ausiliari di cabina;
- un quadro BT di alimentazione del sistema di controllo e di emergenza.

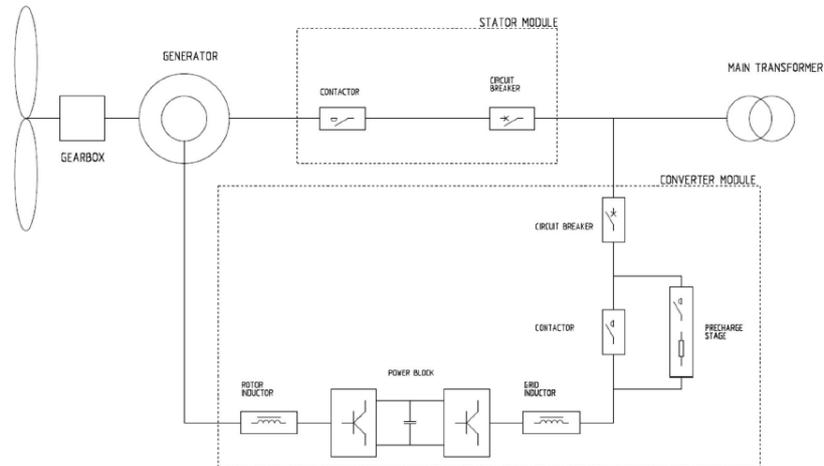


Figura 6 – Schematico aerogeneratore

Da tale punto partiranno i collegamenti dapprima alla cabina di sezionamento (linee MT1, MT2, MT3 e MT4), per poi giungere alla sottostazione di trasformazione utente MT/AT per la successiva connessione alla RTN. La linea MT5, vista la posizione delle turbine T12, T13 e T14, giungerà direttamente alla sottostazione di trasformazione.

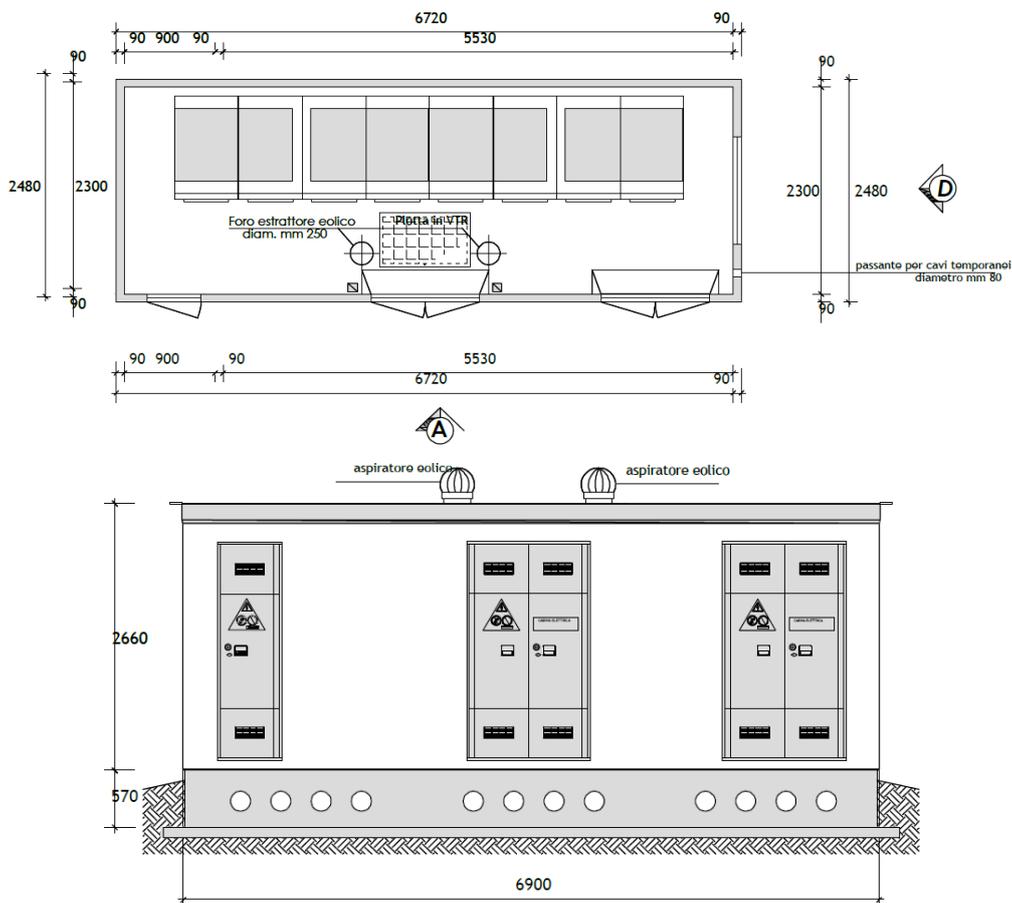


Figura 7 – Layout tipico Cabina di Sezionamento

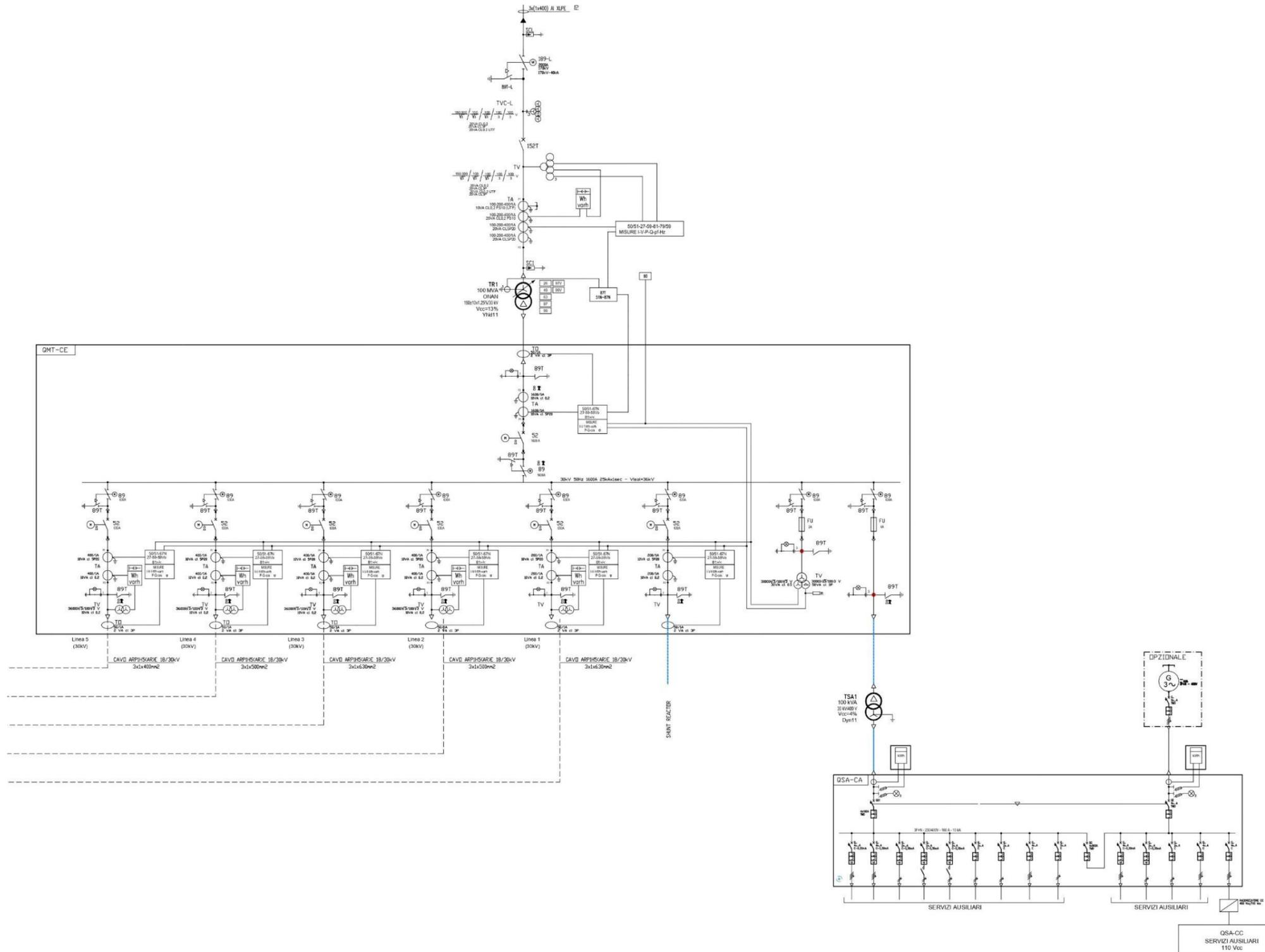


Figura 8 – Schema elettrico unifilare SSE Utente e RTN

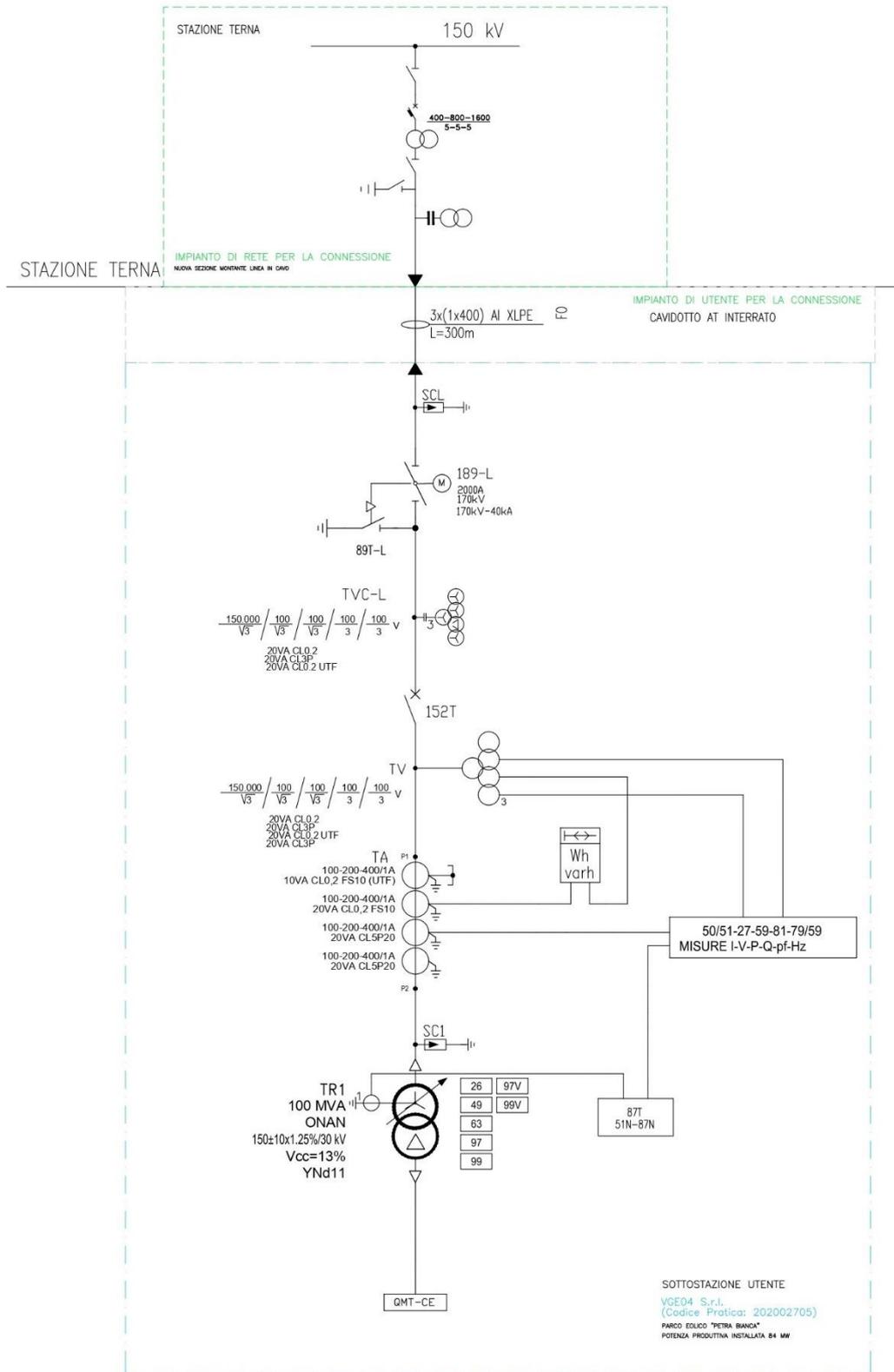


Figura 9 – Schema unifilare parte AT di SSEU e di connessione alla RTN di Terna

6.1.5. Schemi di funzionamento dei componenti dell'impianto

Tutti i generatori eolici possiedono sistemi di regolazione e controllo, in grado di adeguare istantaneamente le condizioni di lavoro della macchina al variare della velocità e della direzione dei venti. Il funzionamento dell'aerogeneratore è regolato da un sistema di controllo che ne gestisce le diverse operazioni di lavoro e aziona il dispositivo di sicurezza per l'arresto in caso di malfunzionamento e di sovraccarico dovuto ad eccessiva velocità del vento. Tutte le funzioni dell'aerogeneratore sono costantemente monitorate e controllate da diverse unità a microprocessore. Ogni turbina eolica è dotata di sistema SGRE SCADA, il quale attraverso controllo remoto invia informazioni utili per la valutazione del funzionamento delle macchine tra cui dati elettrici e meccanici, stato di funzionamento e guasto, dati meteorologici e della stazione. I segnali originati dagli aerogeneratori vengono trasmessi attraverso sensori di cavi a fibre ottiche. I dati raccolti dalle macchine vengono registrati e analizzati attraverso un computer, collegato al sistema, da cui è possibile anche regolare i valori di velocità del rotore e del passo delle pale. Questo sistema garantisce quindi anche la supervisione dell'impianto elettrico e del meccanismo di regolazione del passo ubicato nel mozzo.

Restituisce tutte le informazioni relative alla velocità del rotore e del generatore, alla tensione di rete, alla frequenza, alla fase, alla pressione dell'olio, alle vibrazioni, alle temperature di funzionamento, allo stato dei freni, ai cavi e perfino alle condizioni meteorologiche. Le apparecchiature e i meccanismi più sensibili vengono monitorati continuamente e, in caso di emergenza, è possibile arrestarne il funzionamento attraverso un circuito cablato, anche senza l'uso di un computer e di un'alimentazione esterna. In questo modo possono essere attivate in tempo reale le operazioni di manutenzione e si può garantire la continuità di funzionamento dell'impianto.

Oltre al sistema SGRE SCADA, la turbina eolica è caratterizzata da un sistema che controlla il livello di vibrazione dei componenti principali e confronta l'effettivo spettro di vibrazione con una serie di spettri di riferimento stabiliti, revisionando poi i risultati si ottiene un'analisi dettagliata sullo stato degli aerogeneratori. I dati trasmessi ai centri diagnostici, consentono la rilevazione precoce di anomalie e la prevenzione di potenziali guasti ottimizzando il piano di assistenza e anticipando le riparazioni prima che si verifichino danni gravi.

6.1.6. Potenza Stimata del Parco eolico

L'impianto in progetto è ubicato nella Regione Sardegna, nel territorio dei Comuni di Luras e Tempio Pausania. L'altitudine media del sito è pari a circa 400 m sul livello del mare. Nella tabella sottostante vengono riportati gli elementi identificativi dell'ubicazione delle turbine in progetto.

Dal punto di vista anemologico le valutazioni del potenziale di sito sono state stimate mediante installazione di una stazione anemologica nel Comune di Luras.

Codice	Denominazione	Coordinate Geografiche WGS84 Fuso 32		Quota (s.l.m.) (m)	Altezza sost. (m)	Periodo di misura disponibile	
		N	E			Inizio	Fine
RIF1	Riferimento 1	41° 00'	9° 10'	490	30	Novembre 2013	Marzo 2015

I dati dalle elaborazioni statistiche dei dati vengono riportati nelle tabelle seguenti:

m/s	ore/anno	%	m/s	ore/anno	%
0.0	8760.0	100.00	0.5	8445.5	96.41
1.0	8246.6	94.14	1.5	8009.2	91.43
2.0	7690.8	87.79	2.5	7286.8	83.18
3.0	6810.1	77.74	3.5	6328.5	72.24
4.0	5810.1	66.33	4.5	5321.2	60.74
5.0	4838.2	55.23	5.5	4386.3	50.07
6.0	3962.2	45.23	6.5	3586.4	40.94
7.0	3233.0	36.91	7.5	2919.2	33.32
8.0	2628.7	30.01	8.5	2355.1	26.88
9.0	2112.8	24.12	9.5	1894.6	21.63
10.0	1687.0	19.26	10.5	1488.6	16.99
11.0	1319.0	15.06	11.5	1155.6	13.19
12.0	1011.8	11.55	12.5	872.4	9.96
13.0	749.9	8.56	13.5	643.7	7.35
14.0	547.3	6.25	14.5	463.0	5.28
15.0	386.1	4.41	15.5	322.4	3.68
16.0	266.8	3.05	16.5	220.4	2.52
17.0	175.1	2.00	17.5	139.0	1.59
18.0	103.3	1.18	18.5	78.8	0.90
19.0	57.8	0.66	19.5	43.9	0.50
20.0	31.6	0.36	20.5	24.4	0.28
21.0	18.6	0.21	21.5	14.3	0.16
22.0	11.1	0.13	22.5	8.1	0.09
23.0	6.0	0.07	23.5	4.3	0.05
24.0	2.3	0.03	24.5	0.9	0.01
25.0	0.8	0.01	25.5	0.4	0.00
26.0	0.4	0.00	26.5	0.1	0.00
27.0	0.0	0.00	27.5	0.0	0.00
28.0	0.0	0.00	28.5	0.0	0.00
29.0	0.0	0.00	29.5	0.0	0.00
30.0	0.0	0.00	30.5	0.0	0.00

Dall'elaborazione del dataset si è riscontrata una Velocità media di circa **7,02 m/s**.

Codice Stazione	Periodo	H misura	V med	Energia	Param. distribuzione	
	(mesi)	s.l.s.	(m/s)	(W/m ²)	Vc (m/s)	k
RIF1	15.4	30	6.41	411	7.02	1.47

Inoltre tramite l'utilizzo del software si sono ottenuti tutti i parametri della velocità del vento suddivisi in 12 settori angolari principali in cui si riportano:

- Nome del settore
- Frequenza percentuale della direzione del vento nei diversi settori;
- Numero di rilievi registrati n ;
- Media aritmetica delle velocità;
- Scarto quadratico medio;
- Media cubica delle velocità;
- Valore massimo della velocità;
- Potenza specifica media P_v .

Sett.	%	n	Vmed (m/s)	sigV (m/s)	Vcub (m/s)	Vmax (m/s)	Pv (W/m ²)	
N	2.3	1576	4.43	2.47	5.83	16.4	121	
NNE	7.3	4899	6.66	3.63	8.42	20.0	365	
ENE	14.4	9663	4.27	2.23	5.33	17.4	93	
E	6.0	4060	4.25	2.81	5.87	16.4	124	
ESE	1.0	643	2.84	2.20	4.30	11.6	49	
SSE	0.6	379	2.81	2.35	4.53	12.4	57	
S	0.9	597	3.67	2.51	5.08	14.7	80	
SSO	4.8	3224	5.66	3.16	7.19	21.3	227	
OSO	37.5	25206	7.71	4.20	9.72	26.5	562	
O	17.2	11586	8.74	4.59	10.80	26.4	772	
ONO	2.6	1740	4.70	2.41	5.84	15.1	122	
NNO	1.8	1188	3.67	1.29	4.08	9.6	42	
NoDir	0.0	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
Calme	3.6	2412	(velocità del vento minore o uguale a 0.5 m/s)					
Totale	=	67173	6.41	4.21	8.75	26.5	411	

La tabella seguente riporta i parametri della velocità del vento nei mesi dell'anno:

Mese	Meq.	Vmed (m/s)	sigV (m/s)	Vcub (m/s)	Vmax (m/s)	Pv (W/m ²)	Ev (kWh/m ²)
Dic	2.00	5.64	4.04	8.10	23.1	325	242
Gen	1.96	6.86	5.00	9.88	26.4	591	440
Feb	2.00	7.33	4.16	9.33	23.7	497	334
Mar	1.30	7.34	4.36	9.57	24.4	537	400
Apr	1.00	6.96	4.31	9.20	20.8	476	343
Mag	1.00	6.98	3.71	8.66	20.9	397	296
Giu	1.00	5.39	3.31	7.17	17.7	225	162
Lug	1.00	8.15	4.70	10.37	22.1	682	508
Ago	1.00	6.48	3.81	8.36	18.5	358	267
Set	1.00	5.53	3.48	7.46	26.5	255	183
Ott	1.00	4.81	3.50	7.08	22.8	218	162
Nov	1.12	4.79	3.26	6.62	17.8	178	128

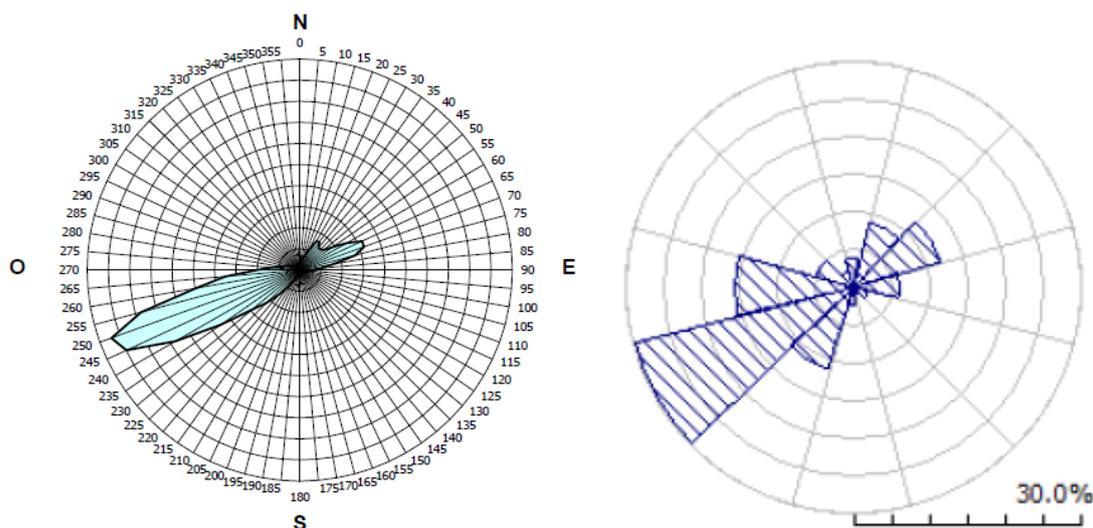
Stagione	Vmed (m/s)	sigV (m/s)	Vcub (m/s)	Vmax (m/s)	Pv (W/m ²)	Ev (kWh/m ²)
Inverno (Dic - Feb)	6.58	4.49	9.16	26.4	470	1016
Primavera (Mar - Mag)	7.09	4.14	9.16	24.4	470	1038
Estate (Giu - Ago)	6.69	4.15	8.85	22.1	424	936
Autunno (Set - Nov)	5.04	3.43	7.07	26.5	217	473

Anno	6.35	4.14	8.64	26.5	395	3464
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	------------	-------------

Per approfondire lo studio del vento a lungo termine, si sono utilizzati i dati di ventosità rilevati per diversi anni da una o più serie di dati anemometrici storici, mettendo in correlazione quest'ultimi con i dati rilevati in sito per il quale si vuole valutare la velocità media di lungo periodo. I punti del territorio a cui fanno riferimento le serie da confrontare devono essere possibilmente nelle medesime condizioni orografiche di esposizioni ai venti ed abbastanza vicini in modo che si possa ipotizzare che siano soggetti agli stessi regimi di vento; è comunque possibile, mediante confronti e correlazioni, verificare la validità di queste condizioni. Nel caso specifico, si dispone della serie storica di una stazione facente parte della Rete Meteorologica dell'Aeronautica Militare, specificatamente Olbia Costa Smeralda, i cui dettagli sono esposti nella tabella seguente:

Codice	Coordinate Geografiche WGS84	Alt. (s.l.m.)	H	Periodo di misura	
		(m)	(m)	Inizio	Fine
16531	Lat. 40.54° Long. 9.31°	10	10	Gennaio 1995	* attiva *

Correlando tramite software i dati ottenuti dalla stazione anemologica installata e quelli provenienti dalla Stazione dell'Aeronautica Militare, si ricava che la velocità media annua stabile, a lungo periodo, da utilizzare al fine del calcolo della producibilità del parco eolico "Petra Bianca" è pari a **6.32 m/s a 30 m dal suolo**. Si portano di seguito la distribuzione dei venti a breve termine (immagine di sinistra) e a lungo termine (immagine di destra).



La ventosità che interessa il rotore degli aerogeneratori di media e di grande taglia, che tipicamente hanno un'altezza del mozzo che varia da 50 m ad oltre 100 m, è generalmente ben rappresentata da quella che interessa una quota dal suolo pari a 70 m. A tal fine, la verifica di questa condizione verrà svolta con il modello WAsP, cioè verrà effettuata una

simulazione del campo di vento a 70 m dal suolo, fornendo in input i dati rilevati nel punto della stazione considerata e l'orografia del sito. Nella tabella seguente vengono riepilogate le ventosità all'altezza di 70 m stimate in tutte le posizioni ipotizzate per l'impianto in progetto.

ID	Coordinate ED50 Fuso 32		HH	Vmed [m/s]
	Longitudine [m]	Latitudine [m]		
T01	506,561	4,536,395	70	6.72
T02	504,446	4,536,292	70	6.89
T03	506,332	4,535,047	70	6.10
T04	506,019	4,533,828	70	6.43
T05	508,403	4,535,322	70	6.13
T06	509,552	4,534,242	70	6.17
T07	508,772	4,536,013	70	5.99
T08	509,619	4,535,942	70	6.10
L09	512,478	4,537,792	70	5.94
T10	505,094	4,536,313	70	7.27
L11	511,613	4,537,339	70	6.43
L12	515,648	4,534,679	70	6.18
L13	516,457	4,534,923	70	6.30
L14	516,326	4,535,397	70	6.73

Velocità media a 70 m	6,38 m/s
------------------------------	-----------------

Successivamente, per le stime di ventosità ad altezza mozzo 115 m è stata eseguita una simulazione con il modello di calcolo WASP 10.2 basati su un modello matematico del flusso del vento. Nello specifico sono state effettuate verifiche sull'approssimazione della distribuzione in ingresso al modello e sul gradiente al suolo, cioè rispettivamente sulla capacità del modello di rappresentare mediante una curva di Weibull la ventosità misurata e di valutare correttamente le variazioni di velocità del vento al variare dell'altezza dal suolo. Da tale simulazione si ricava una velocità media del vento ad altezza mozzo 115m pari a 7 m/s.

AG / RIF.	Coordinate UTM ED50 - Fuso 32		Base macchina (m s.l.m.)	Dati al mozzo					
	Longitudine	Latitudine		Stima svolta con WASP					
				H mozzo (m)	V (m/s)	P Lorda (GWh/a)	P Lorda netto scie (GWh/a)	P Lorda netto scie (GWh/a)	Ore equiv. (MWh/MW)
T01	506.561	4.536.395	450	115,0	7,21	22,765	2,08	22,292	3715
T02	504.446	4.536.292	510	115,0	7,40	23,571	0,75	23,395	3899
T03	506.332	4.535.047	418	115,0	6,78	20,918	1,90	20,521	3420
T04	506.019	4.533.828	467	115,0	7,06	22,106	1,30	21,819	3637
T05	508.403	4.535.322	414	115,0	6,80	20,958	4,85	19,942	3324
T06	509.552	4.534.242	402	115,0	6,87	21,271	1,64	20,922	3487
T07	508.772	4.536.013	400	115,0	6,68	20,436	6,15	19,180	3197
T08	509.619	4.535.942	406	115,0	6,78	20,882	7,17	19,384	3231
L09	512.478	4.537.792	420	115,0	6,68	20,438	5,67	19,278	3213
T10	505.094	4.536.313	522	115,0	7,67	24,635	3,15	23,860	3977
L11	511.613	4.537.339	433	115,0	7,08	22,219	4,09	21,311	3552
L12	515.648	4.534.679	306	115,0	6,85	21,216	2,70	20,642	3440
L13	516.457	4.534.923	288	115,0	6,95	21,624	5,46	20,443	3407
L14	516.326	4.535.397	263	115,0	7,18	22,595	3,29	21,850	3642
MEDIE			407	115,0	7,00	21,831	3,59	21,060	3510
TOTALI						305,634		294,839	

In definitiva l'impianto, composto da 14 turbine, con potenza unitaria fino a 6.0 MW e per un totale di 84.0 MW, avrà una producibilità lorda stimata pari a **294.839 GWh/anno P₅₀** a cui corrispondono **3.510 Ore Equivalenti**.

Ottenuti tali valori, si è stimata la resa energetica per le turbine al netto delle perdite per scia e decurtandola delle perdite fisse aggiuntive legate a fattori indipendenti dalle potenzialità eoliche del sito e dalle caratteristiche di performance del modello di turbina adottato. Tale perdita è stata stimata in circa il 10%, pertanto la producibilità media annua è pari a:

Configurazione	Aerogeneratore tipo	Potenza installabile [MW]	AEP netta, LP (P50) [GWh/anno]	Ore Equivalenti [MWh/MW/anno]
n° 14 wtg x 6.0 MW	Siemens Gamesa SG170	6,0	264,634	3.150

Inoltre la dislocazione ottimale delle turbine dovrà seguire, compatibilmente con i vincoli territoriali, una direttrice di allineamento lungo gli assi normali a quelli delle direzioni prevalenti del vento, e quindi preferibilmente lungo l'asse **N-NO/S-SE**.

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

6.1.7. Analisi acustica

Come riportato nello specifico studio specialistico “Valutazione previsionale di impatto acustico e di clima acustico”, al quale si rimanda per maggiori dettagli, le schede tecniche del fornitore riportano che la modalità di funzionamento degli aerogeneratori più gravosa dal punto di vista acustico sia quella caratterizzata da una velocità del vento all’hub (115 metri) pari a:

Rotor Configuration	NRS Mode	Rating [MW]	Noise [dB(A)]	Power Curve Document	Acoustic Emission Document	Max temperature With Max active power and electrical capabilities ⁶
SG 6.0-170	N1	6.00	105.5	D2323420	D2359593	30°C
SG 6.0-170	N2	5.80	104.5	D2314784	D2359593	30°C
SG 6.0-170	N3	5.24	103.0	D2314785	D2359593	30°C
SG 6.0-170	N4	5.12	102.0	D2314786	D2359593	30°C
SG 6.0-170	N5	4.87	101.0	D2314787	D2359593	30°C
SG 6.0-170	N6	4.52	100.0	D2314788	D2359593	30°C
SG 6.0-170	N7	3.60	99.0	D2314789	D2359593	30°C

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

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

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

Valori limite di emissione LAeq in dB(A)

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

Valori limite di immissione LAeq in dB(A)

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

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

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

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

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

Per l'analisi del calcolo previsionale si è fatto riferimento alle condizioni di potenziale massima criticità delle emissioni sonore per l'attività in esame. Le condizioni più gravose dal punto di vista acustico si avranno quando le sorgenti di rumore saranno in funzione contemporaneamente, di conseguenza prendendo in considerazione il funzionamento contemporaneo dei 14 aerogeneratori in progetto.

Nell'aria di influenza sono presenti ricettori che appartengono principalmente alle seguenti categorie:

- ovili/depositi accatastati nel catasto fabbricati come categoria D/10;
- edifici residenziali accatastati come categoria A/2, A/3, A/4.

Dalla totalità dei fabbricati, in questo studio sono stati esclusi come ricettori gli ovili, i depositi e i fienili in quanto non presidiati da persone se non saltuariamente e per brevi periodi di tempo; sono tenuti in considerazione tutti i fabbricati regolarmente censiti al catasto fabbricati.

Ai fini dello studio previsionale di impatto acustico, per la verifica del rispetto dei limiti normativi, si sono presi in considerazione i ricettori accatastati nelle categorie A/2, A/3 e A/4 caratterizzati da distanze dagli aerogeneratori inferiori a 700 metri. Per i ricettori non considerati nello studio, caratterizzati da una minore esposizione sonora dovuta dall'impianto in progetto e/o da una maggiore distanza rispetto a quelli scelti, si può ragionevolmente presumere che i livelli sonori indotti dalla presenza del parco eolico siano inferiori a quelli dei ricettori presi in esame.

Si evidenzia in ogni caso che nell'area in esame non sono presenti ricettori sensibili quali scuole e asili nido, ospedali, case di cura e riposo. Si riportano di seguito i ricettori interessati:

CODICE RECETTORE	COMUNE	MAPPALE	PARTICELLA	CATEGORIA CATASTALE	WTG DI INFLUENZA	DISTANZA [m]
R-03	Tempio Pausania	154	61	A/4	T01	407
R-04	Tempio Pausania	154	71	A/3	T01	405
R-29	Tempio Pausania	153	129	A/3	T10	393
R-62	Tempio Pausania	155	100	A/3	T05	487
R-94	Tempio Pausania	156	131	A/3	T06	400
R-96	Tempio Pausania	156	172	A/3	T06	585
R-171	Luras	5	165	A/4	L11	520
R-175	Luras	5	225	A/3	L09	450
R-226	Luras	13	121	A/4	L14	575

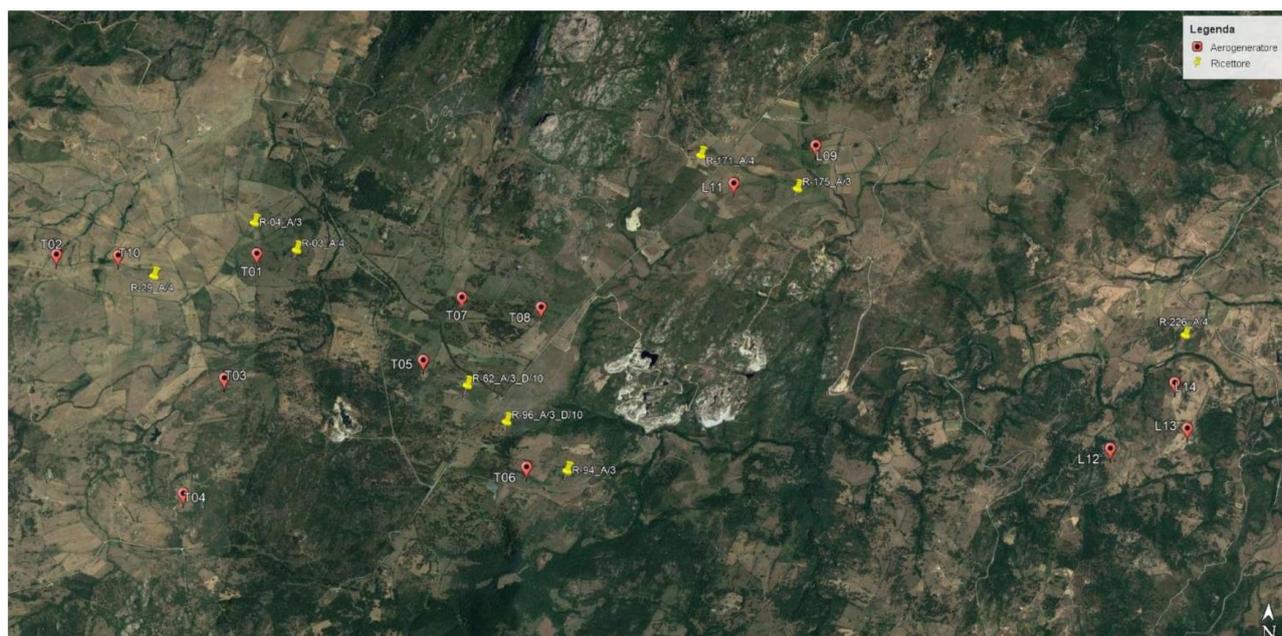


Figura 10 – Collocazione geografica dei ricettori rispetto alle turbine eoliche

Per definire meglio l'impatto acustico che potrà avere il Parco eolico sull'ambiente circostante si è provveduto ad individuare le sorgenti sonore esistenti. L'area interessata è caratterizzata prevalentemente dalla presenza di alcune arterie stradali tra le quali le più importanti dal punto di vista dei flussi di traffico sono la SS 133, e la SP 74 che costituiscono di fatto le principali sorgenti sonore dell'area. Per il resto si tratta di un territorio costituito quasi esclusivamente da terreni a destinazione pascolo, le cui uniche sorgenti sonore sono rappresentate dall'attività delle aziende zootecniche disseminate nel territorio che fanno uso di macchinari agricoli e mezzi quali trattori, ecc.

I rilievi sono stati effettuati mediante l'installazione di 4 stazioni fonometriche con durata dei rilievi comprese tra 120 e

720 minuti. I punti di misura nei quali sono stati effettuati i rilievi sono stati individuati in posizioni ritenute significative per la descrizione del clima acustico delle aree e in funzione della loro accessibilità. Laddove è stato consentito l'accesso in aree private si sono posizionati gli strumenti all'interno di tali aree, altrimenti si sono scelte aree pubbliche di facile accesso.

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

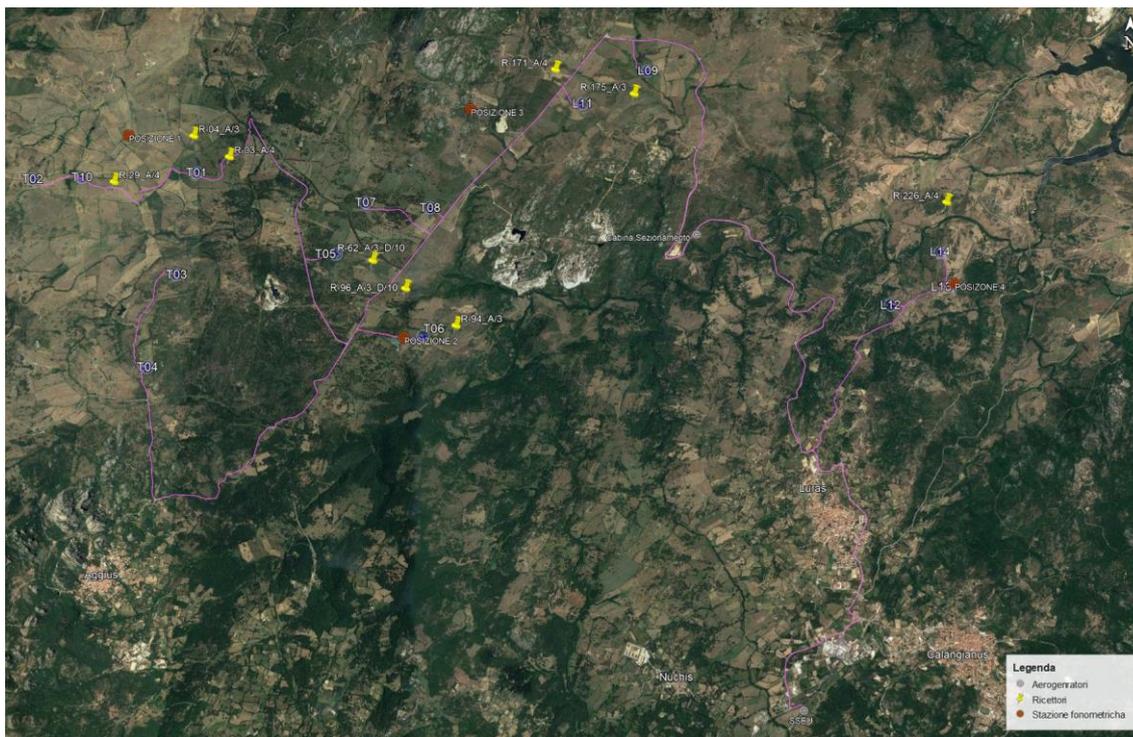


Figura 11 – Collocazione geografica delle stazioni fonometriche

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

Postazione di misura	Ricettori nell'area di misura	Giorni di misura	Ventosità media giornaliera a 10 metri [m/s]	Ventosità media giornaliera a 2 metri [m/s]	Tempo di riferimento diurno (06:00 – 22:00)	Tempo di riferimento notturno (22:00 – 06:00)
					dB(A)	dB(A)
1	R-03, R-04, R-29	18/01/2021	2,5	2,0	37,8	40,0
		19/01/2021	3,6	2,8		
2	R-62, R-94, R-96	18/01/2021	2,5	2,0	37,2	40,9
		19/01/2021	3,6	2,8		
3	R-171, R-175	18/01/2021	2,5	2,0	36,6	42,2
		19/01/2021	3,6	2,8		
4	R-226	18/01/2021	2,5	2,0	34,5	32,5

Ottenuti tali valori si è proceduto con il calcolo previsionale dell'impatto acustico nelle condizioni più gravose dal punto di vista acustico che risulteranno essere quando le sorgenti di rumore saranno in funzione contemporaneamente, di conseguenza prendendo in considerazione il funzionamento contemporaneo dei 14 aerogeneratori in progetto.

Mediante l'utilizzo del software **Cadna Versione 4.4.145**, © **DataKustik GmbH** si è simulato l'impatto acustico che le

sorgenti del parco eolico avranno sui ricettori presenti nell'area. La valutazione previsionale ha tenuto conto, oltre che del contributo di rumore immesso dai soli aerogeneratori sui ricettori, anche del clima acustico caratteristico delle aree interessate dalla presenza del parco eolico, determinato sulla base dei rilievi fonometrici effettuati.

La simulazione tiene conto anche delle principali arterie stradali presenti (la SS 133 e la SP74). Tali sorgenti sono state modellizzate come sorgenti lineari caratterizzate dai flussi veicolari ricavati dal Piano Regionale dei trasporti:

- Strada statale n. 133: 2.970 veicoli/giorno, con velocità di 70 km/h;
- Strada provinciale n. 74: 5.200 veicoli/giorno, con velocità di 70 km/h;

I flussi veicolari vengono ripartiti al 90% nel tempo di riferimento diurno (06:00 – 22:00) e al 10% nel tempo di riferimento notturno (22:00 – 06:00).

Combinando, pertanto, le variabili e tenendo conto del rumore residuo dovuto alle condizioni di ventosità, si ottengono i seguenti valori di immissione sui ricettori:

Ricettore	Altezza [m]	Immissione diurno [dB(A)]	Immissione notturno [dB(A)]
R-03	2	44,2	46,2
R-04	2	44,2	46,1
R-29	2	44,2	46,1
R-62	2	47,7	46,6
R-94	2	45,1	46,3
R-96	2	50,3	46,8
R-171	2	48,1	46,2
R-175	2	45,4	46,3
R-226	2	42,5	44,3

I valori di immissione ottenuti sono inferiori rispetto ai limiti di legge, art. 6 del DM 1° marzo 1991, che impone per il tempo di riferimento diurno 70 dB(A) e per il tempo di riferimento notturno 60 dB(A).

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

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

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

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

Si ottiene, per il caso in esame:

Differenziale in orario diurno (< 5dB)

Ricettore	Altezza [m]	Ambientale Diurno [dB(A)]	Residuo Diurno [dB(A)]	Differenziale Diurno [dB(A)]
R-03	2	44,2	40,6	3,6
R-04	2	44,2	40,6	3,6
R-29	2	44,2	40,6	3,6
R-62	2	47,7	46,4	1,3
R-94	2	45,1	42,2	2,9
R-96	2	50,3	49,9	0,4
R-171	2	48,1	47,5	0,6
R-175	2	45,4	43	2,4
R-226	2	42,5	39,8	2,7

Differenziale in orario notturno (< 3 dB)

Ricettore	Altezza [m]	Ambientale Notturno [dB(A)]	Residuo Notturno [dB(A)]	Differenziale Notturno [dB(A)]
R-03	2	46,2	44,2	2
R-04	2	46,1	44,2	1,9
R-29	2	46,1	44,2	1,9
R-62	2	46,6	44,9	1,7
R-94	2	46,3	44,3	2
R-96	2	46,8	45,9	0,9
R-171	2	46,2	45,1	1,1
R-175	2	46,3	44,4	1,9
R-226	2	44,3	42,7	1,6

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

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

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

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

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

Le attività del cantiere verranno svolte durante il periodo di riferimento diurno (06:00 - 22:00) per tutta la durata delle attività, per una durata stimata di 8 ore/giorno.

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

tutte le sorgenti del cantiere in funzione. Inserendo i valori si ottiene:

$$L_{Aeq, TR, scen 1} = 36,4 \text{ dB(A)}$$

$$L_{Aeq, TR, scen 2} = 34,5 \text{ dB(A)}$$

Tali valori rispettano i limiti di immissione assoluta per il periodo di riferimento diurno previsti anche nel caso di assegnazione delle aree in cui ricadono i ricettori alla classe acustica III. Si fa riferimento ai limiti previsti dalla classe acustica e non ai limiti in deroga per i cantieri in quanto, dalle verifiche effettuate, non risulta l'esistenza di un PCA per i comuni di Tempio Pausania e di Luras dal quale estrapolare i valori degli eventuali limiti in deroga per le attività temporanee.

6.2. Elettrodotti

6.2.1. Generalità

Coerentemente con la suddivisione in sottocampi di cui si è già parlato, l'intero sistema di raccolta dell'energia dagli aerogeneratori verso le SSEU 30/150 kW è articolato su n.5 distinte linee elettriche a 30 kV, quattro linee arriveranno dalla cabina di sezionamento (Linee MT 1, 2, 3, e 4) ed una (Linea MT 5) dalle turbine L12-L13-L14. Dall'aerogeneratore capofila di ciascun sottocampo, infatti, si diparte una linea elettrica di vettoriale in cavo interrato MT 30 kV, di sezione pari al massimo a 500 mm².

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

Linea MT 1 - in cavo 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	T02>>T10	128,30	727	300	20,0	0,067	2,9	0,000	ST - Trifoglio
2	T10>>T01	256,60	1810	630	65,8	0,219	15,2	0,000	ST - Trifoglio
3	T01>>SSEU	384,90	25100	630	1369,4	4,565	474,1	0,003	ST - Trifoglio
	TOTALE		27637		1455	4,85	492,17	0,003	
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	T03>>T04	128,30	1732	150	76,9	0,256	13,6	0,000	ST - Trifoglio
2	T04>>SSEU	256,60	25580	500	1074,1	3,580	261,2	0,002	ST - Trifoglio
	TOTALE		27312		1151	3,84	274,83	0,002	
Linea MT 3 - in cavo unipolare posato a trifoglio (Impianto Utente)									
N° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	T05>>T06	128,30	2848	400	66,7	0,222	9,0	0,000	ST - Trifoglio
2	T06>>T07	256,60	3576	630	130,1	0,434	30,0	0,000	ST - Trifoglio
3	T07>>SSEU	384,90	19395	630	1058,2	3,527	366,4	0,002	ST - Trifoglio
	TOTALE		25819		1255	4,18	405,34	0,002	
Linea MT 4 - in cavo unipolare posato a trifoglio (Impianto Utente)									
N° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	T08>>L11	128,30	3161	185	120,7	0,402	20,0	0,000	ST - Trifoglio
2	L11>>L09	256,60	2056	240	128,8	0,429	40,0	0,000	ST - Trifoglio
3	L09>>SSEU	384,90	15065	500	948,9	3,163	346,2	0,002	ST - Trifoglio
	TOTALE		20282		1198	3,99	406,14	0,003	
Linea MT 5 - 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	L14>>L13	128,30	708	150	31,4	0,105	5,6	0,000	ST - Trifoglio
2	L13>>L12	256,60	897	185	68,5	0,228	22,7	0,000	ST - Trifoglio
3	L12>>SSEU	384,90	7367	400	517,5	1,725	208,9	0,001	ST - Trifoglio
	TOTALE		8972		617	2,06	237,13	0,001	

In generale, per tutte le linee elettriche, si prevede la posa direttamente interrata dei cavi, con protezioni meccaniche ove necessario, ad una profondità che prevede l'estradosso del cavo maggiore o uguale a 1 m. In caso di particolari

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

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

6.2.2. Dati tecnici del cavo utilizzato

Sono stati adottati cavi in alluminio **ARP1H5(AR) - 18/30KV - Umax 36KV**. La Norma CEI 20-13 "Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV" definisce le principali regole costruttive per i cavi isolati con gomme di qualità G5 e G7 a base di elastomeri etilenpropilenici e stabilisce le prescrizioni di prova a cui devono rispondere nel collaudo. Il paragrafo "Portate di corrente" afferma che per le portate in regime permanente si deve fare riferimento alla Norma CEI 20-21 "Calcolo delle portate dei cavi elettrici in regime permanente (fattore di carico 100%)" e alle tabelle CEI-UNEL 35027 (nel nostro caso). La Norma CEI-UNEL 35027 è ricavata dalla serie di Norme CEI 20-21 (recepimento della Norma IEC 60287 - serie) ed incorpora la revisione dei valori delle portate in corrente citate nelle Norme CEI. Poiché la sezione massime 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. Di seguito alcune delle caratteristiche tecniche del cavo in MT:

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



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

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

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

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

Dati costruttivi / Construction charact. - 12/20 kV

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

Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV

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

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

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

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

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

Dati costruttivi / Construction charact. - 12/20 kV

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

Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV

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

Figura 12 – Caratteristiche tecniche ed elettriche dei cavi MT utilizzati

Il trasporto dell'energia in MT avviene mediante cavi, con conduttore in alluminio, che verranno posati ad una profondità di circa 1,1-1,2 m con una protezione meccanica (lastra o tegolo) ed un nastro segnalatore.

6.2.3. Profondità e sistema di posa cavi

In generale, per tutte le linee elettriche, si prevede la posa direttamente interrata dei cavi, senza ulteriori protezioni meccaniche, ad una profondità di 1,1-1,2 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 degli elettrodotti su strade di parco, nell'ipotesi in cui vengano realizzati contestualmente, saranno le seguenti:

- FASE I (apertura delle piste laddove necessario):

- apertura delle piste e stesura della fondazione stradale per uno spessore di cm 40;
- **FASE 2** (posa elettrodotti);
 - 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 in tubo della fibra ottica;
 - rinterro con materiale granulare classifica A1 secondo la UNI CNR 10001 e s.m.i.
 - rinterro con materiale proveniente dagli scavi compattato, per uno spessore di 25 cm;
 - collocazione di nastro segnalatore della presenza di cavi di media tensione;
 - rinterro con materiale proveniente dagli scavi del pacchetto stradale precedentemente steso (in genere 40 cm);
- **FASE 3** (finitura del pacchetto stradale):
 - Stesura dello strato di finitura stradale pari a 20 cm fino al piano stradale di progetto finale con materiale proveniente da cava o da riutilizzo del materiale estratto in situ (vedi piano di utilizzo in situ delle terre e rocce da scavo).

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

- **FASE 1** (posa elettrodotti):
 - 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 in tubo della fibra ottica;
 - rinterro con rinterro con materiale da scavo vagliato;
 - collocazione di nastro segnalatore della presenza di cavi di media tensione;
 - collocazione di fondazione stradale con materiale proveniente dagli scavi se idoneo (Classe A1 UNICNR10006) fino al raggiungimento della quota della strada esistente.
- **FASE 2** (finitura del pacchetto stradale):
 - Collocazione di fondazione stradale con materiale proveniente dagli scavi se idoneo (Classe A1 UNICNR10006) fino alla profondità relativa di -0,20 m dalla quota di progetto stradale finale;
 - stesura dello strato di finitura stradale pari a 20 cm fino al piano stradale di progetto finale con materiale proveniente da cava o da riutilizzo del materiale estratto in situ (vedi piano di utilizzo in situ delle terre e rocce da scavo);

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

6.2.4. Fibra ottica di collegamento

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

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

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

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

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



Figura 13 – Schema rete fibra ottica

6.2.5. Sistema di terra

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

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

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

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

6.2.6. Opere civili elettrodotti

I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligata che in funzione al numero di terne, avranno larghezza e profondità diverse, come riportato nelle immagini seguenti (Fig.14 e Fig. 15).

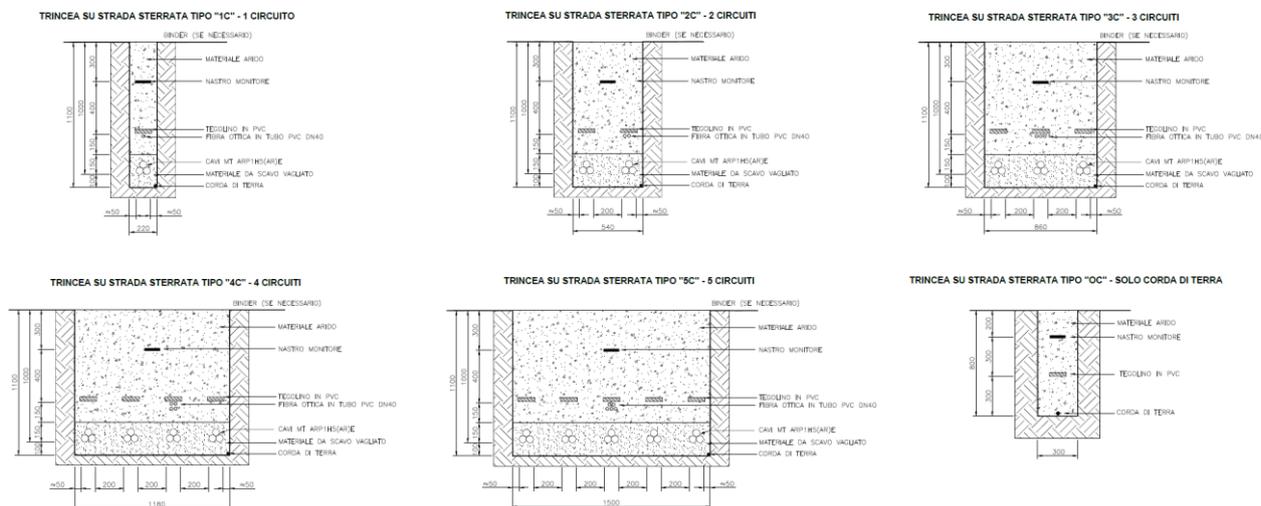


Figura 14 – Sezioni trincee per posa elettrodotti MT su strada sterrata

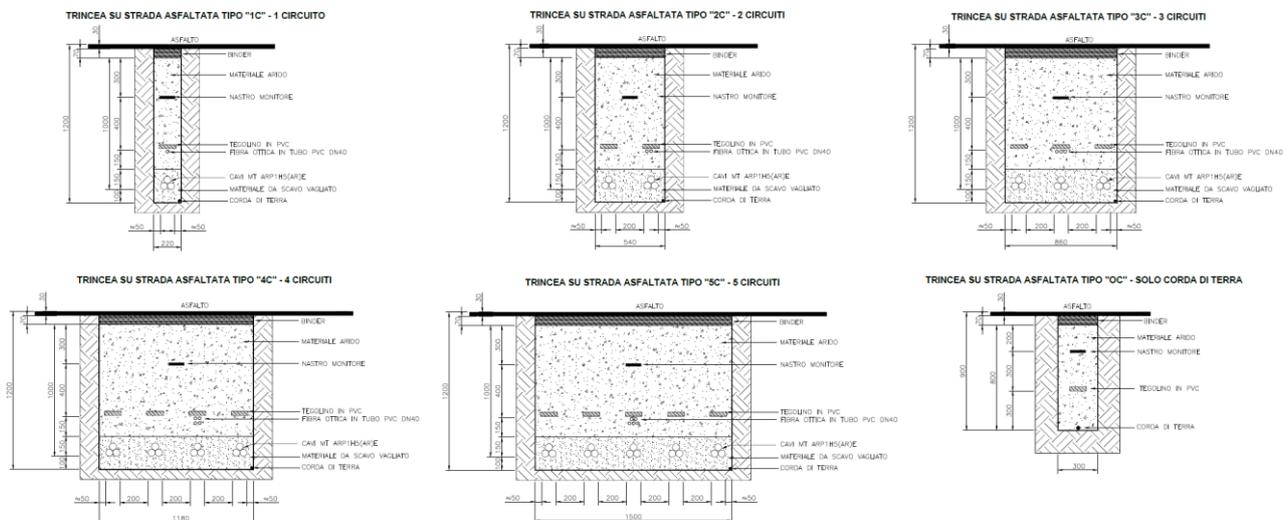


Figura 15 – Sezioni trincee per posa elettrodotti MT su strada asfaltata

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

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

6.3. Stazione di Utenza

La stazione di trasformazione utente, (di seguito SSEU), riceve l'energia proveniente dall'impianto eolico e la eleva alla tensione di 150kV. La stazione utente sarà costituita da due sezioni, in funzione dei livelli di tensione: la parte di media tensione, contenuta all'interno della cabina di stazione e dalla parte di alta tensione costituita dalle apparecchiature elettriche con isolamento in aria, ubicate nell'area esterna della stazione utente. La cabina di stazione sarà costituita dai locali contenenti i quadri di MT con gli scomparti di arrivo/partenza linee dall'impianto eolico, dagli scomparti per alimentare il trasformatore BT/MT dei servizi ausiliari di cabina, dagli scomparti misure e protezioni MT e dallo scomparto MT per il collegamento al trasformatore MT/AT, necessario per il collegamento RTN. La stazione di trasformazione è costituita da uno stallo trasformatore elevatore, questo costituito dalle seguenti apparecchiature:

- Trasformatore elevatore 30/150 kV da 100 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;
- Sbarre AT.

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

- Quadri MT a 30 kV, completi di:

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

All'interno della Stazione di Trasformazione sarà presente la cabina di stazione avente le seguenti caratteristiche generali. Essa è destinata a contenere i quadri di comando e controllo della stazione, gli apparati di tele-operazione e i vettori, gli uffici ed i servizi per il personale di manutenzione, sarà formato da un corpo di dimensioni in pianta 33,00 m x 6,70 m ed altezza fuori terra di 3,50 m.

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

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

Tale edificio conterrà seguenti locali:

- locale magazzino;
- locale gruppo elettrogeno;
- locale controllo e comando;
- locale quadri BT;
- locale quadri MT;
- locale misure.

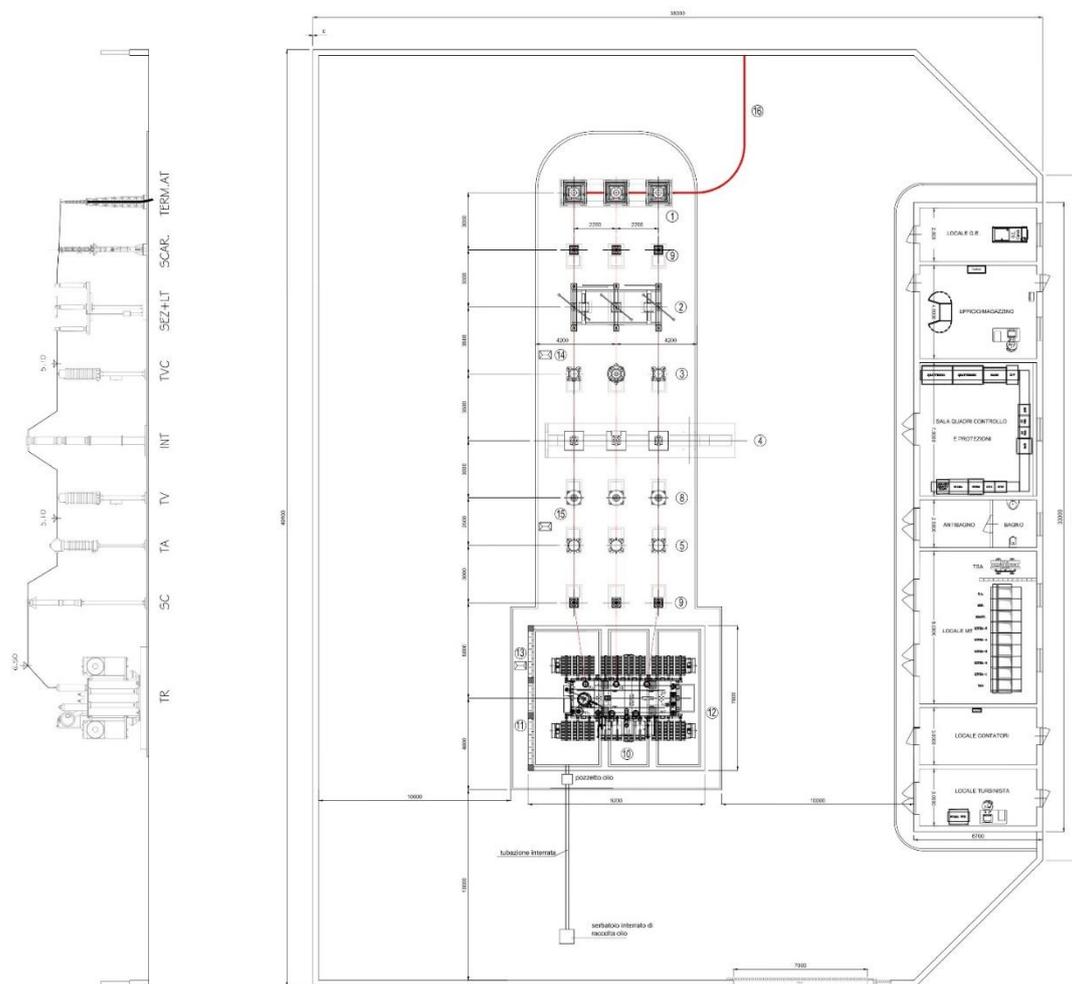


Figura 16 – Planimetria Elettromeccanica SSEU

6.4. Opere di rete per la connessione alla RTN

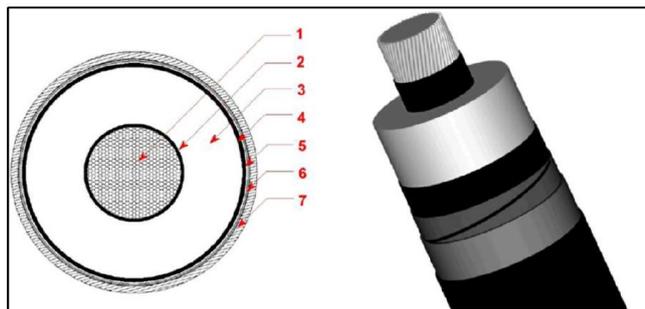
Come detto, la soluzione di connessione alla RTN rilasciata dal Gestore di Rete Terna S.p.A. (di seguito, Terna) e accettata dal proponente (CODICE PRATICA: 202002705), prevede che l'impianto di produzione venga collegato in antenna a 150 kV sulla nuova Stazione Elettrica (SE) di Smistamento della RTN a 150 kV in GIS denominata "Tempio" (prevista dal Piano di sviluppo Terna) da inserire in entra – esce alla linea 150 kV "Olbia - Tempio" previa realizzazione di un nuovo elettrodotto di collegamento della RTN a 150 kV tra la SE di Santa Teresa e la nuova SE Buddusò (di cui al Piano di Sviluppo Terna). Il preventivo di connessione stabilisce che, al fine di razionalizzare l'utilizzo delle strutture di rete, potrà essere necessario condividere lo stallo in stazione con altri impianti di produzione.

Lo stallo a 150 kV in GIS a cui si conetterà in antenna il cavo interrato a 150 kV proveniente dalla SSEU dovrà essere approntato secondo le specifiche tecniche Terna.

Esso sarà dotato di organi di sezionamento di linea, di terra e di sbarre, di organi di interruzione e di misura della tensione e della corrente per fini di protezione.

I collegamenti tra le apparecchiature, isolate in GIS (Gas Insulated System), saranno realizzati in esecuzione blindata. Le apparecchiature elettriche, esercite con sistema tipo GIS, relative al montante sono: sezionatore orizzontale con lame di terra (sezionatore di linea), interruttore, trasformatori di corrente e tensione, scaricatori di sovratensione, sezionatori verticali (sezionatori di sbarra), sezionatori di terra sbarre ed accessori vari. I collegamenti fra gli apparati di stallo avranno altezza da terra tale da garantire le opportune distanze di sicurezza in accordo alle Norme CEI di riferimento ed al Codice di Rete di TERNA.

Il cavo impiegato sarà del tipo con isolamento estruso; ciascun elettrodotto sarà costituito da tre cavi unipolari posti in un unico scavo. Nello stesso scavo sarà pure posato un tubo per il successivo passaggio del cavo di teletrasmissione e/o di un tritubo per cavo ottico dielettrico. secondo le indicazioni che saranno fornite in sede di progetto esecutivo. Nel seguito si riportano le caratteristiche tecniche principali dei cavi AT utilizzati. Tali dati potranno subire adattamenti comunque non essenziali dovuti alla successiva fase di progettazione esecutiva e di cantierizzazione, anche in funzione delle soluzioni tecnologiche adottate dai fornitori e/o appaltatori. Ciascun cavo d'energia a 150 kV sarà costituito da un conduttore in alluminio compatto di sezione indicativa pari a circa 400 mm² tamponato (1), schermo semiconduttivo sul conduttore (2), isolamento in polietilene reticolato (XLPE) (3), schermo semiconduttivo sull'isolamento (4), nastri in materiale igroespandente (5), guaina in rame longitudinalmente saldata (6), rivestimento in polietilene con grafitatura esterna (7).



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

L'elettrodotto sarà costituito da terne di cavi unipolari, con isolamento in XLPE, costituiti da un conduttore in alluminio di sezione pari a 400 mm² per i cavi.

7. INFRASTRUTTURE ED OPERE CIVILI

7.1. Fondazione Aerogeneratore

Il dimensionamento effettuato in questa fase tiene conto del modello di aerogeneratore, scelto dalla committenza, con diametro rotore pari a 170 m e altezza al mozzo pari a 115 m, con relativa aria spazzata pari a 22,698 m².

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 4,40 m. All'interno del plinto di fondazione sarà annegata una gabbia metallica di forma cilindrica per l'ancoraggio della torre.

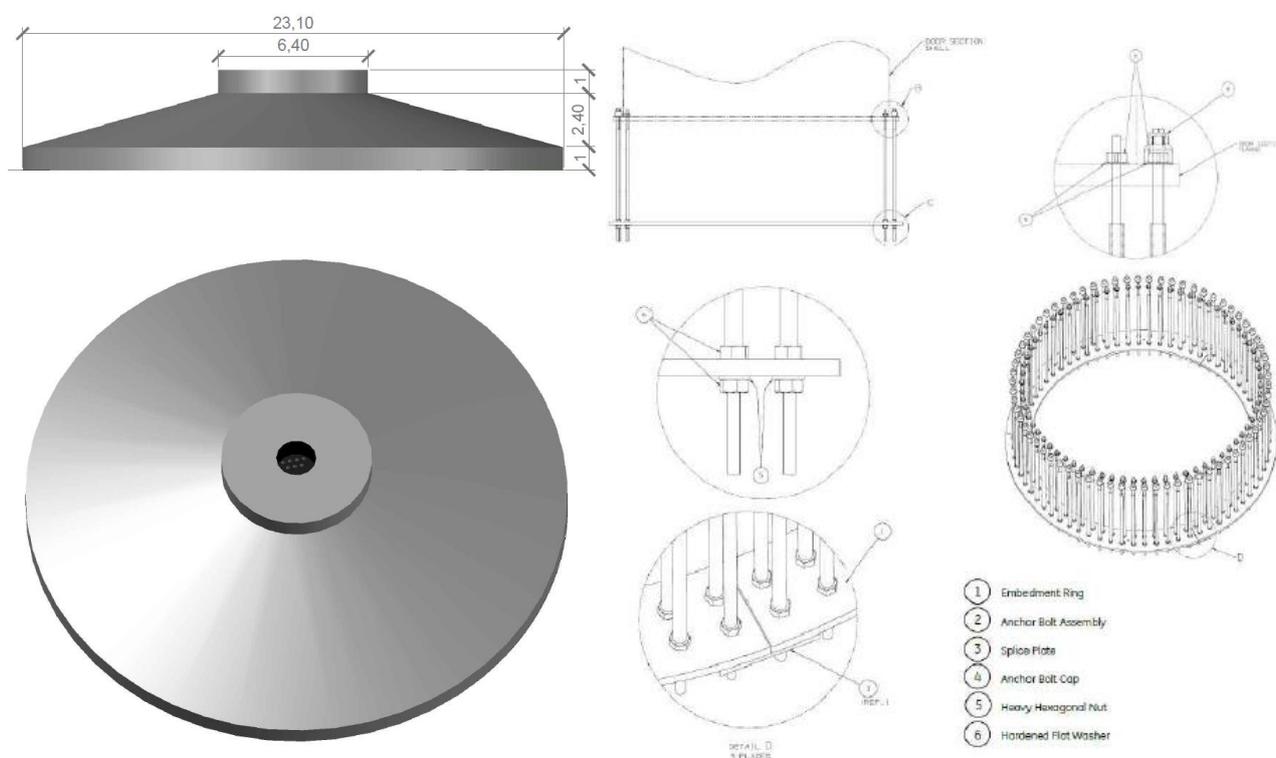


Figura 17 – Fondazione tipo studiata per l'aerogeneratore e con particolare dell'anello di ancoraggio

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 12x90 m o 22x90 m a seconda dei casi, subito adiacente a quella definitiva, per lo stoccaggio temporaneo delle pale, una delle dimensioni di circa 40x30 m 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 101÷127 x 15÷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.

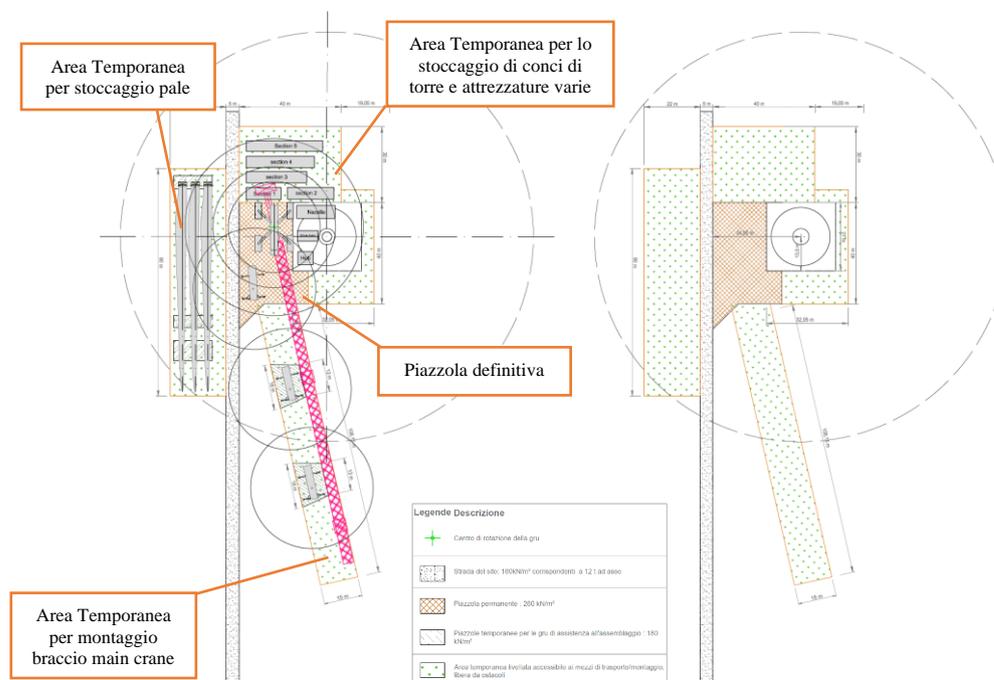


Figura 18 – Tipico piazzola aerogeneratore durante la fase di montaggio con indicazione delle aree definitive (in marrone) e temporanee (in verde) e posizionamento indicativo delle componenti necessarie al montaggio (a sinistra)

7.3. Strade di Accesso e Viabilità di Servizio

7.3.1. Viabilità di accesso al Sito

I mezzi utilizzati per il trasporto delle componenti gli aerogeneratori, come precedentemente descritto, saranno di tipo eccezionale e di considerevoli dimensioni. Per tale motivo lo studio della viabilità e dei trasporti, in un progetto come quello in oggetto, riveste particolare importanza sia per la fattibilità sia per la valutazione economica dello stesso. Le componenti più voluminose e pesanti degli aerogeneratori arriveranno in Sardegna via nave, presumibilmente al porto di Olbia. Dal porto si procederà alla consegna a destinazione, in agro dei Comuni di Luras e Tempio Pausania, con trasporto gommato. A seguito dei sopralluoghi eseguiti, al fine di valutare l'itinerario da percorrere per il trasporto delle macchine,

è emersa la necessità di particolari accorgimenti da adottare per il raggiungimento del sito in sicurezza. Data la configurazione orografica del territorio e le particolari condizioni di percorribilità degli assi viari coinvolti, si è deciso di suddividere l'intero percorso in due parti la cui differenza principale sta nell'utilizzo di differenti tipologie di mezzi di trasporto: viabilità esterna e viabilità interna.

- 1. VIABILITA' ESTERNA** – dal Porto di Olbia, in ordine di percorrenza, E840, SS125, SP82, via Taiwan, Circonvallazione Ovest, SP38 bis, SP38, SP136, SP10, ingresso sito;
- 2. VIABILITA' INTERNA** – dall'ingresso sito attraverso le SP10, SS133, SP5, SP27 e SP74;



Figura 19 Inquadramento viabilità dal porto di Olbia al sito

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

In ogni caso le componenti che presentano le maggiori difficoltà nel trasporto sono senza alcun dubbio le pale. Le scelte di viabilità precedentemente descritte sono state calibrate anche per queste ultime: infatti nel primo tratto di viabilità, proprio per le sue caratteristiche, si opterà per il trasporto fisso in orizzontale con i sistemi "SWC" ("Super Wing Carrier", Fig.20) o "RBTS" ("Rotor Blade Transport System" o più conosciuto come "DOLL System, Fig.21), nel secondo tratto si utilizzerà invece il sistema carrello con "Blade Lifter Trailer" (Fig. 22), un sistema di aggancio e sollevamento che permette l'innalzamento della pala per il trasporto in verticale diminuendo sensibilmente l'ingombro orizzontale

permettendo l'ingresso in curve con raggi di curvatura quasi comparabili a mezzi di trasporto convenzionali. Quest'ultimo sistema di trasporto ha di contro l'essere estremamente lento e instabile in quanto tutto il carico scarica su un unico punto di ancoraggio ed il trasporto, a causa della natura stessa dell'elemento trasportato, deve avvenire in condizioni di assenza, o quasi, di vento. Inoltre, proprio perché il carico in curva viene sollevato per diverse decine di metri in altezza, non ci deve essere presenza di ostacoli aerei che attraversano la carreggiata.



Figura 20 – Esempio di trasporto con SWC (Super Wing Carrier)



Figura 21 – Esempio di trasporto con “RBTS” (Rotor Blade Transport System)



Figura 22 – Esempio di trasporto con Blade Lifter Trailer

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



Figura 23 – Esempio di trasporto con convogli a pianale allungabile per conchi di torre



Figura 24 – Esempio di trasporto Nacelle

Naturalmente, visto l'utilizzo di mezzi diversi per percorrere le due tratte, è necessario prevedere una "Transshipment Area". Questa è un'apposita area di trasbordo, appunto, in cui approdano i mezzi a carrellone ribassato che hanno già percorso la prima tratta proveniente dal porto e dai quali verranno scaricate le componenti per essere poi ricaricate su mezzi a carrellone modulare che da qui inizieranno la seconda tratta fino a raggiungere la destinazione finale di montaggio dell'aerogeneratore. La posizione dell'area di transshipment, al pari della viabilità esterna, sarà decisa insieme al trasportatore e al fornitore in una fase successiva della progettazione.

Inoltre, al fine di non ostacolare il passaggio dei mezzi, sui percorsi saranno effettuati interventi di adeguamento stradale leggeri, tipo eliminazione di segnaletica stradale verticale e siepi, regolamentazione del traffico, interrimento di linee elettriche BT e MT aeree che attraversano la carreggiata stradale, mentre interventi più invasivi e pesanti come la rimozione di guard rail, ricostruzione di rotatorie, ampliamenti stradali, manovre complesse di svolta e interessamento di proprietà private verranno opzionate solo in caso di reale necessità.

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 43.808,00 m di cui oggetto di intervento circa 19.111,00 m, a loro volta suddivisi in 14.146,00 m riguardanti la viabilità esistente da adeguare e solamente 4.965,00 m riguardanti nuova viabilità da realizzare; dunque nel complesso per una potenza di 84,0 MW di nuovo impianto occorrerà realizzare solamente 4.965,00 m di nuove strade sterrate pari a circa l'11% di tutta la viabilità presente di progetto. Queste ultime, ove possibile, saranno realizzate in modo tale da interessare marginalmente i fondi agricoli; essi avranno lunghezze e pendenze delle livellette tali da seguire la morfologia propria del territorio evitando eccessive opere di scavo e riporto.

La carreggiata avrà un'ampiezza di 5,00 m per il 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 (utilizzo di materiali leganti) mentre per pendenze maggiori si dovrà ricorrere al traino ed in ogni caso bisognerà valutare in accordo con il trasportista.

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

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

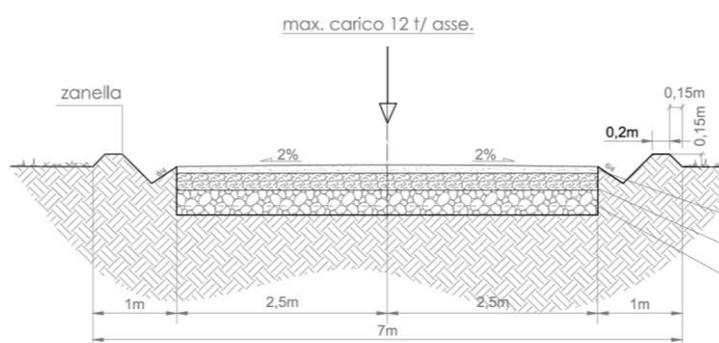


Figura 25 – Sezione stradale tipo in piano

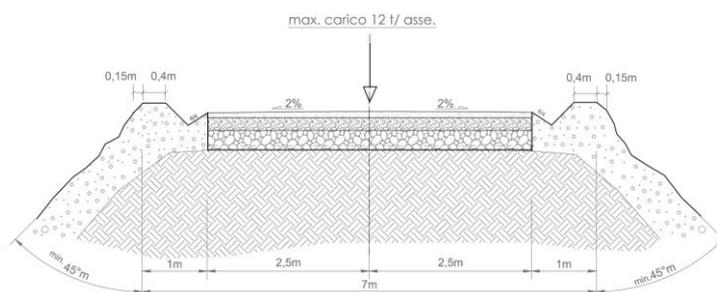


Figura 26 – Sezione stradale tipo in rilevato

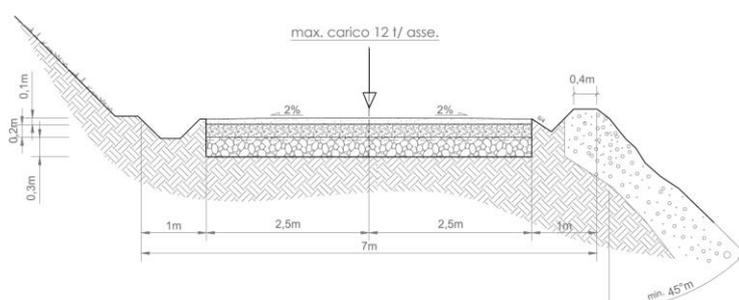


Figura 27 – Sezione stradale tipo a mezza costa

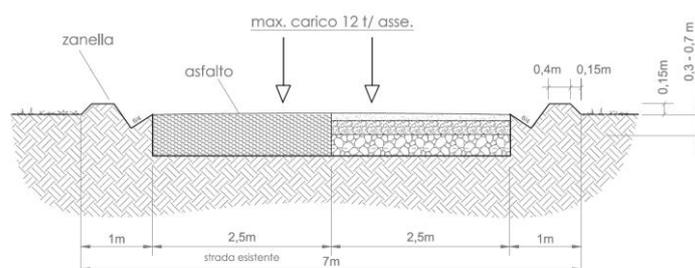


Figura 28 – Adeguamento della carreggiata in presenza di carreggiata esistente in asfalto

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. A seconda della geologia o di altre condizioni progettuali a contorno, potrebbe non essere sufficiente la preventiva gradonatura degli scavi per l'esecuzione dei rilevati. Potrebbero essere necessarie specifiche opere di contenimento che dovrebbero essere in primis, laddove

possibile, opere di ingegneria naturalistica e dove non possibile opere tradizionali. Ove queste ultime si posano su sottofondo ottenuto mediante scavo di sbancamento, allorché la compattazione del terreno in sito non raggiunge il valore prefissato si deve provvedere alla bonifica del sottofondo stesso mediante sostituzione di materiale, come previsto al successivo punto "Bonifica dei piani di posa".

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

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

Classificazione Generale	Terre ghiaio-sabbiose							Terre limo-argillose				Torbe e terre organiche palustri
	Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%							Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 > 35%				
Gruppo	A1		A3	A2			A4	A5	A6	A7	A7-6	A8
Sottogruppo	A 1-a	A 1-b		A 2-4	A 2-5	A 2-6	A 2-7					
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
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI 2332												
Limite liquido	-	-	≤ 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
Indice di gruppo	0		0	0			≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20	

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

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

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 Mr di almeno 30 N/mm², da determinarsi mediante prove di carico su piastra, con le modalità riportate nel seguito, e con frequenza di una prova ogni 200 m di area trattata o frazione di essa.

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

sottofondo. Il valore finale si ottiene per interpolazione tra i valori di prova.

7.4.2. Sovrastrutture per piazzole e strade

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

L'esecuzione della soprastruttura può avvenire solo quando il relativo piano di posa risulta regolarizzato, privo di qualsiasi materiale estraneo, costipato fino ai previsti valori di capacità portante (pari ad un "Mr" di almeno 30 N/mm² per piani di sbancamento o bonifica, e pari ad un "Mr" di almeno 80 N/mm² per piani ottenuti con rilevato) da determinarsi mediante prove di carico su piastra con la frequenza sopra definita.

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

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

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

Per l'eventuale primo strato della soprastruttura è richiesto un Mr di almeno 80 N/mm² mentre per lo strato finale della soprastruttura è richiesto un Mr di almeno 100 N/mm².

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.

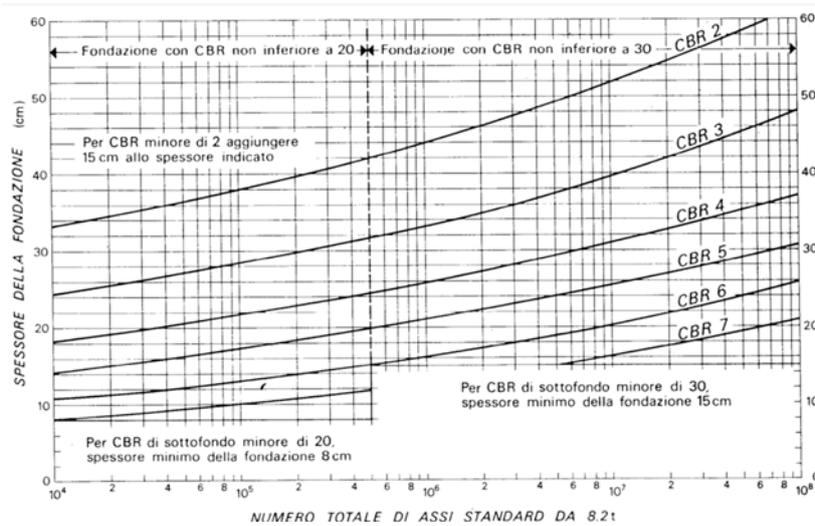


Figura 29 – Diagramma per la determinazione dello spessore dello strato di fondazione

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 proposti da realizzare sono di accesso alle nuove turbine ed il contesto geomorfologico è sempre della stessa natura.

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



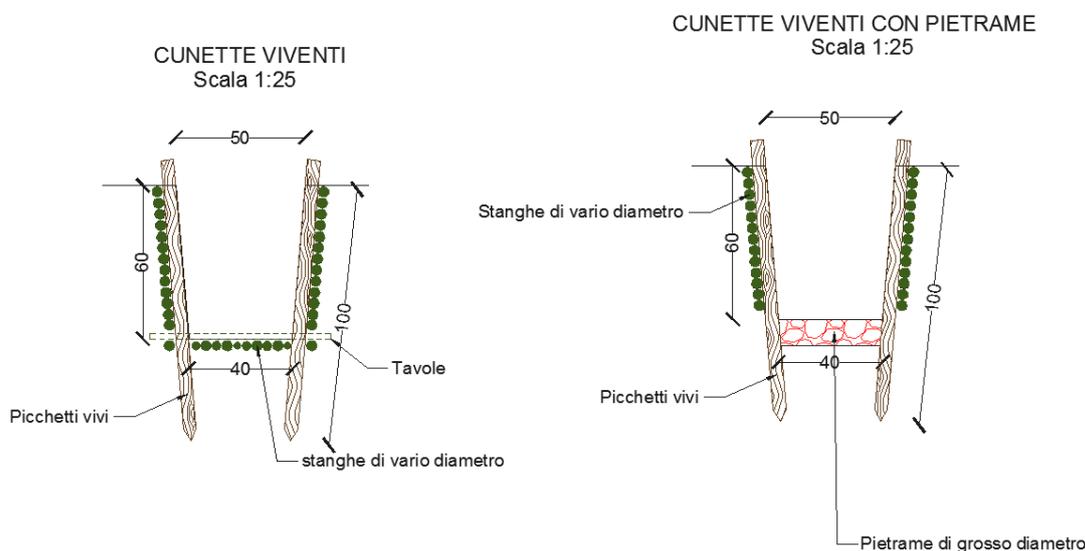
Figura 30 – Alcune foto rappresentative della viabilità interna al parco eolico. In alto: viabilità esistente che può essere utilizzata così com'è; al centro: viabilità esistente da adeguare per essere percorsa dai mezzi; in basso: viabilità di nuova realizzazione.

8.2. Specifiche tecniche degli interventi

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

8.2.1. Cunetta vivente

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

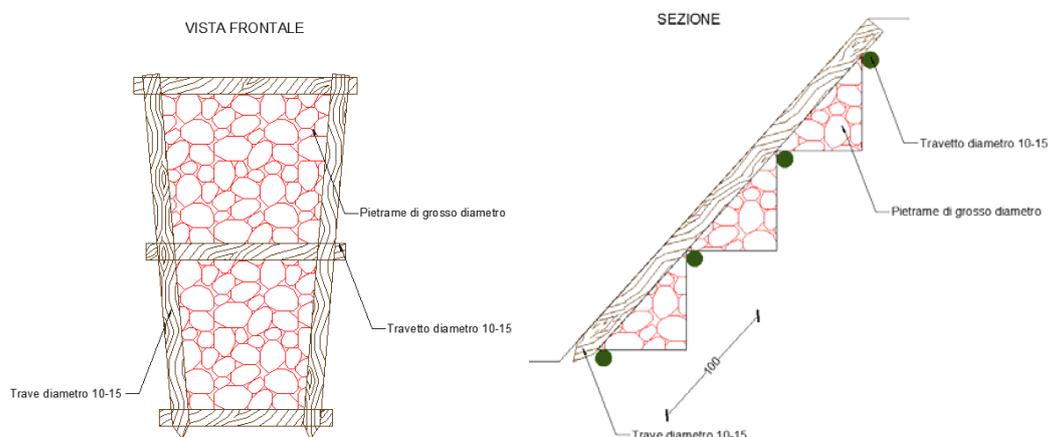


Descrizione dell'attività:

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

8.2.2. Canalizzazioni in pietrame e legno

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



8.2.3. Idrosemina e rivestimenti antierosivi

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

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

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

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

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

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

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

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

- Geostuoie tridimensionali
- Geocompositi
- Geocelle

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

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

Le geostuoie sono principalmente impiegate con funzione antierosiva negli interventi di sistemazione idraulico-forestale e di consolidamento di pendii instabili. Sono sempre abbinare 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 $\geq 12,00\%$);

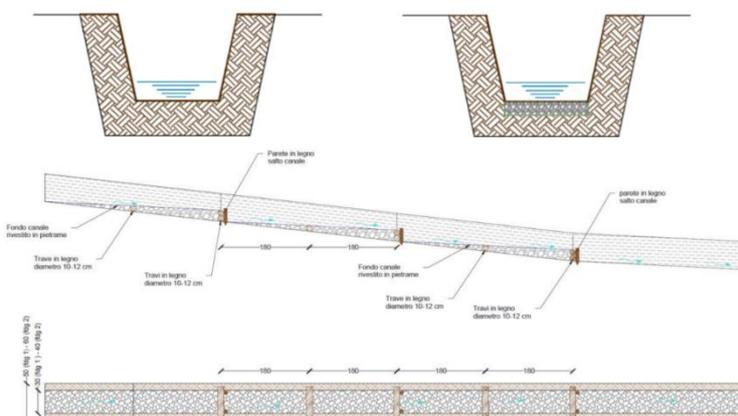


Figura 32 – Fosso di guardia tipo con o senza fondo rivestito in pietrame

- 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.

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