

PROPONENTE:

D&D Costruzioni s.r.l.

Sede in:

Viale Aleardo Aleardi, 1/D - 50124 Firenze, Italia

Pec: costruzionided@pec.it



PROVINCIA DI
NUORO



PROVINCIA
DEL SUD
SARDEGNA



COMUNE DI
USSASSAI



COMUNE DI
SEUI



COMUNE DI
ESCALAPLANO



COMUNE DI
ESTERZILI



REGIONE
AUTONOMA DELLA
SARDEGNA

OGGETTO:

PROGETTO DEFINITIVO DI UN IMPIANTO EOLICO COMPOSTO DA 6 AEROGENERATORI CON POTENZA COMPLESSIVA DI 36 MW, DENOMINATO "SU CASTEDDU", NEL COMUNE DI USSASSAI (NU) E OPERE CONNESSE NEI COMUNI DI USSASSAI (NU), SEUI (SU), ESTERZILI (SU) ED ESCALAPLANO (SU)

NOME ELABORATO:

PIANO DI MANUTENZIONE E GESTIONE DELL'IMPIANTO E
DELLE OPERE CONNESSE

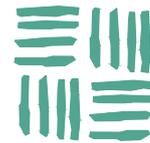
PROGETTO SVILUPPATO DA:

AGREENPOWER s.r.l.

Sede legale: Via Serra, 44

09038 Serramanna (SU) - ITALIA

Email: info@agreenpower.it



agreenpower s.r.l.

GRUPPO DI LAVORO:

Ing. Simone Abis
Dott. Ing. Fabio Sirigu
Dott. Ing. Daniele Cabiddu
Arch. Roberta Sanna
Ing. Danilo Marras
Dott. Gianluca Fadda

COLLABORATORI:

Vamirgeoind Ambiente Geologia e
Geofisica Srl
bmp Srl
Dott. Archeologo Matteo Tatti
Dott. Geologo Luigi Sanciu
Dott. Naturalista Francesco Mascia
Dott. Agronomo Vincenzo Sechi
Ing. Federico Miscali
Ing. Vincenzo Carboni

TIMBRO E FIRMA:

SCALA:	CODICE ELABORATO	TIPOLOGIA	FASE PROGETTUALE			
-	REL22	IMPIANTO EOLICO	DEFINITIVO			
FORMATO:						
-						
3						
2						
1						
0	Prima emissione	Marzo 2024	Agreenpower	Agreenpower	Agreenpower	
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	



D&D COSTRUZIONI S.R.L
IMPIANTO EOLICO "SU CASTEDDU"
POTENZA NOMINALE DI 36 MW

Comuni di Ussassai (NU), Seui (SU), Esterzili (SU) ed Escalaplano (SU)

REL22
PIANO DI MANUTENZIONE E GESTIONE DELL'IMPIANTO E DELLE OPERE
CONNESSE

INDICE DELLE REVISIONI

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Marzo 2024	Prima emissione	Agreenpower srl	Agreenpower srl	Agreenpower srl

GRUPPO DI LAVORO

Nome e cognome	Ruolo
Dott. Gianluca Fadda	Coordinamento generale, amministrazione
Ing. Simone Abis	Progettazione civile, cartografia, vincolistica
Dott. Ing. Daniele Cabiddu	Progettazione ambientale, vincolistica
Dott. Ing. Fabio Sirigu	Progettazione elettrica
Arch. Roberta Sanna	Progettazione civile, cartografia
Ing. Danilo Marras	Progettazione civile, cartografia

SOMMARIO

1.	PREMESSA.....	5
2.	SOGGETTO PROPONENTE E SOCIETÀ DI CONSULENZA.....	5
3.	RIFERIMENTI NORMATIVI	6
4.	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO EOLICO.....	7
5.	MANUTENZIONE DELL'IMPIANTO.....	10
5.1.	GENERALITÀ	10
5.2.	LA MANUTENZIONE ORDINARIA, CORRETTIVA E STRAORDINARIA	10
5.3.	IL MANUALE DI MANUTENZIONE DELL'IMPIANTO	11
5.4.	IL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE	11
5.5.	MANUALE D'USO DEI COMPONENTI DI IMPIANTO	12
5.5.1.	NAVICELLA, CARTER DI COPERTURA E SISTEMA DI IMBARDATA.....	12
5.5.2.	GENERATORE	13
5.5.3.	DISPOSITIVO DI INTERFACCIA.....	14
5.5.4.	MOLTIPLICATORE DI GIRI	15
5.5.5.	SISTEMA DI FRENATA	16
5.5.6.	DISPOSITIVI AUSILIARI	16
5.5.7.	QUADRI DI COMANDO E CONTROLLO.....	17
5.5.8.	TRASFORMATORI	18
5.5.9.	QUADRI MT	19
5.5.10.	SISTEMA DI PROTEZIONE DALLE SOVRATENSIONI	19
5.5.11.	ROTORE.....	20
5.5.12.	PALA EOLICA	21
5.5.13.	TORRE DI SOSTEGNO	22
5.5.14.	SISTEMA GENERALE DI CONTROLLO.....	23
6.	LA MANUTENZIONE DEI CAVIDOTTI, DELLE OPERE CIVILI E DELLA VIABILITÀ.....	24
6.1.	CAVIDOTTI INTERRATI.....	25
6.2.	FONDAZIONI	25
6.3.	STRADE DI PROGETTO	27
6.3.1.	CONFINE STRADALE	27
6.3.2.	CANALETTE.....	27
6.3.3.	ARGINI, CIGLI STRADALI, SCARPATE	28
6.3.4.	DISPOSITIVI DI RITENUTA	29

6.3.5.	CUNETTE	30
6.4.	OPERE DI SOSTEGNO E CONTENIMENTO	30
6.4.1.	TECNICA DELLE TERRE ARMATE	31
6.5.	STRUTTURE PREFABBRICATE IN CALCESTRUZZO	32
6.6.	RECINZIONE E CANCELLI	33
6.6.1.	RECINZIONE IN ELEMENTI PREFABBRICATI	33
6.6.2.	CANCELLI A BATTENTE IN FERRO	34

1. PREMESSA

Il presente **Piano di Manutenzione** è relativo al progetto definitivo per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica mediante aerogeneratori, di tipo *grid-connected*. L'impianto, denominato "*Su Casteddu*", verrà realizzato su terreni privati di proprietà del soggetto Proponente, ubicati interamente nel territorio comunale di Ussassai (NU). Il percorso dell'elettrodotto di connessione alla Stazione Elettrica della RTN è previsto invece in terreni ubicati nel Comune di Ussassai, Seui (SU), Esterzili (SU) e Escalaplano (SU).

Il progetto prevede l'installazione di nr. 6 aerogeneratori del produttore **Vestas**, serie **EnVentus** modello **V162-6.0MW**, con diametro del rotore di 162 m, altezza al mozzo 166 m e altezza massima 247 m, ciascuno di potenza pari a 6.0 MW, per complessivi 36 MW di potenza ai fini dell'immissione in rete, e relative opere connesse. L'impianto eolico sarà connesso alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) tramite elettrodotto interrato, necessario al convogliamento dell'energia elettrica prodotta dall'impianto alla nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150 kV, prevista nel Comune di Escalaplano. L'impianto eolico sarà connesso alla rete elettrica in Alta Tensione per mezzo di un collegamento in antenna a 150 kV sulla nuova SE di smistamento della RTN a 150 kV, come da STMG allegata al preventivo di connessione ricevuto da Terna S.p.A (codice pratica 202303317). Per consentire ciò, verrà realizzata a carico del Proponente una Sottostazione Elettrica Utente (SSEU) di trasformazione MT/AT in prossimità della nuova SE di Terna S.p.A, in comune di Escalaplano. La presente relazione ha lo scopo di definire le misure generali di coordinamento e di individuare e valutare in via preliminare i rischi che potrebbero influire sulla salute e sicurezza del personale che sarà coinvolto nella fase di realizzazione dell'impianto eolico.

Scopo del presente documento è la descrizione delle azioni di verifica e manutentive di base per l'esecuzione delle attività di esercizio e manutenzione dell'impianto. Tutte le attività di gestione produttiva e manutenzione dovranno sempre essere eseguite nel rispetto delle norme e delle leggi pro tempore vigenti.

Il progetto, che ricade negli agri dei comuni di Ussassai, Seui, Esterzili ed Escalaplano, è a favore dello sviluppo sostenibile del territorio in cui si inserisce, coerentemente con l'impegno dell'Italia in ambito internazionale di riduzione delle emissioni di CO₂ nell'atmosfera e anche, nella contingenza dell'emergenza energetica, nell'ambito della gestione razionale dell'energia e della riduzione della dipendenza dall'Estero per l'approvvigionamento di materie prime di tipo tradizionale (olio e gas) o direttamente di energia elettrica.

2. SOGGETTO PROPONENTE E SOCIETÀ DI CONSULENZA

Il Soggetto Proponente l'impianto "*Su Casteddu*" è la società **D&D COSTRUZIONI S.r.l.**, con sede legale in viale Aleardo Aleardi, n. 1/D - 50124, Firenze (FI), di seguito anche "**D&D**".

D&D è una realtà dinamica che opera nel campo delle opere edili, con riguardo al restauro, ristrutturazione e risanamento di edifici. La società, specializzata negli interventi su edifici di particolare pregio storico e artistico, ha ottenuto la certificazione DNV-GL (Safety System Certification).

D&D è impegnata nel recupero di vecchi fabbricati di proprietà ormai inagibili ubicati nel centro storico di Ussassai, con l'intenzione di riconvertire gli edifici in albergo diffuso, valorizzando al contempo il patrimonio abitativo del paese e creando opportunità di sviluppo occupazionale.

La politica di D&D è fortemente votata alla sostenibilità ambientale, sia attraverso la scelta di materiali e tecniche di restauro ecocompatibili che con l'utilizzo di una flotta di veicoli aziendali a trazione elettrica.

D&D ha affidato lo sviluppo del progetto alla società di consulenza **Agreenpower S.r.l.**, avente sede legale e operativa in Sardegna in via Serra, 44 - 09038 Serramanna (SU), Cod. Fisc. e P.IVA 03968630925 – REA CA 352875, PEC: rinnovabili@pec.agreenpower.it.

Il team di sviluppo si avvale di professionisti che operano da un decennio nel settore della progettazione e costruzione di impianti di energia da fonti rinnovabili, assicurando competenze e attività che vanno dalla consulenza alle valutazioni tecnico-economiche e ambientali, all'ottenimento delle autorizzazioni, alla progettazione, costruzione e direzione lavori di impianti eolici e fotovoltaici in ambito regionale e nazionale.

3. RIFERIMENTI NORMATIVI

L'Appaltatore del Contratto di Gestione e Manutenzione (Operation & Maintenance – O&M), nell'esecuzione delle Attività oggetto del Contratto dovrà rispettare:

- le disposizioni, le normative e le legge vigenti;
- le procedure del committente e dei terzi in materia di salute, sicurezza, ambiente, qualità;
- le normative tecniche in uso del Committente quali specifiche, standard, linee guida e raccomandazioni, anche di enti normatori esterni (es. UNI, CEI, API, NFPA, ecc.).

Si riporta di seguito un elenco indicativo e non esaustivo della legislazione e della normativa di riferimento, da verificarsi a cura dell'Appaltatore in fase di Offerta Tecnica:

- Legge 123/07 e regolamenti attuativi per la prevenzione infortuni sul lavoro;
- D. Lgs. 81/08 e s.m.i. (Testo Unico Sicurezza) - Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro;
- D. Lgs. 152/06 e s.m.i. (Testo Unico Ambiente) - Norme in materia ambientale;
- D. M. del 10 febbraio 2014 - Modelli di libretto di impianto per la climatizzazione e di rapporto di efficienza energetica di cui al decreto del Presidente della Repubblica n. 74/2013;
- D.M. 37/2008 - Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11- quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici;
- norme CEI/IEC per la parte elettrica convenzionale;
- norme UNI/ISO per la parte meccanico/strutturale;
- IEC 61400: Sistemi di generazione da fonte eolica;

- UNI EN 13306: Manutenzione – Terminologia;
- CEI 11-27 - Lavori su impianti elettrici – IV edizione;
- CEI 64-8 - Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;
- CEI 11-20 - Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
- CEI EN 60439-3 (CEI 17-13/3) - Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso - Quadri di distribuzione (ASD);
- CEI EN 62305 (CEI 81-10) - Protezione contro i fulmini;
- CEI 0-2 - Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- CEI 64-14 - Guida alla verifica degli impianti elettrici utilizzatori;
- CEI 0 – 16 -Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI EN 62271-202 (CEI 17-103): Sottostazioni prefabbricate ad Alta Tensione/Bassa Tensione.
- CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica. Linee in cavo.
- CEI EN 50110-1 (CEI 11-48): Esercizio degli impianti elettrici – Prescrizioni generali.
- CEI EN 50110-2 (CEI 11-49): Esercizio degli impianti elettrici – Allegati nazionali.
- CEI EN 50160: Caratteristiche della tensione fornita dalle reti pubbliche di distribuzione dell'energia elettrica.
- CEI 99-2 (CEI EN 61936-1): Impianti elettrici a tensione > 1 kV c.a.
- CEI 99-3 (CEI EN 50522): Messa a terra degli impianti elettrici a tensione > 1 kV c.a.

4. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO EOLICO

L'area interessata dal progetto "Su Casteddu" è localizzata nella parte centro-orientale della Regione Sardegna, a circa 65 km dal capoluogo di Regione Cagliari e circa 55 km dal capoluogo di Provincia Nuoro. L'opera in progetto si identifica nell'area storico-geografica della Barbagia di Seulo, in prossimità dei confini amministrativi tra Ussassai e Seui, in direzione sud-ovest rispetto all'abitato di Ussassai, che risulta essere il centro abitato più prossimo all'impianto. Il sistema di elettrodotti convoglierà l'energia elettrica prodotta dai 6 aerogeneratori seguirà la viabilità esistente per poi innestarsi nel percorso della SP53 e percorrere infine la viabilità comunale fino alla Sottostazione Elettrica Utente (SSEU) prevista nel territorio comunale di Escalaplano, in prossimità del confine amministrativo con l'enclave di Seui. La connessione alla rete elettrica nazionale sarà completata attraverso collegamento in antenna alla nuova Stazione Elettrica Terna di nuova realizzazione, prevista anch'essa a Escalaplano, in prossimità della SSEU.

I terreni interessati dall'installazione degli aerogeneratori coprono nel complesso un areale piuttosto vasto, caratterizzato da un contesto tipicamente rurale montuoso-collinare, tipico delle Barbagie.

Come da STMG di TERNÀ allegata al preventivo di connessione, si prevede un collegamento in antenna 150 kV con una nuova Stazione Elettrica (SE) a 150 kV RTN da inserire in entra – esce alla linea RTN 150 kV "Goni – Ulassai" e da collegare, per il tramite di due nuovi elettrodotti RTN a 150 kV, con una nuova SE di trasformazione RTN a 380/150 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN 380 kV "Ittiri – Selargius". La stessa STMG informa che, in considerazione della progressiva evoluzione dello scenario di generazione nell'area:

- sarà necessario prevedere adeguati rinforzi di rete, alcuni dei quali già previsti nel Piano di Sviluppo della RTN;
- non si esclude che potrà essere necessario realizzare ulteriori interventi di rinforzo e potenziamento della RTN, nonché adeguare gli impianti esistenti alle nuove correnti di corto circuito; tali opere potranno essere programmate in funzione dell'effettivo scenario di produzione che verrà via via a concretizzarsi.

Pertanto, fino al completamento dei suddetti interventi, ferma restando la priorità di dispacciamento riservata agli impianti alimentati da fonti rinnovabili, non sono comunque da escludere, in particolari condizioni di esercizio, limitazioni della potenza generata dai nuovi impianti di produzione, in relazione alle esigenze di sicurezza, continuità ed efficienza del servizio di trasmissione e dispacciamento.

La linea elettrica a 30 kV interrata, che connette il sito di produzione alla Sottostazione Elettrica Utente (SSEU), è dislocata nei territori comunali di Ussassai, Seui, Esterzili e Escalaplano, e corre principalmente lungo la viabilità esistente. La cabina di *step-up* sarà realizzata in prossimità della nuova Stazione Elettrica di Terna S.p.A. in località "Pedru Pisano" nel comune di Escalaplano (SU).

L'energia prodotta sarà convogliata verso la futura SSEU (che sarà a carico del Proponente), connessa alla rete di trasmissione nazionale. La stazione di *step-up* riceve a 30 kV l'energia prodotta dall'impianto eolico tramite una cabina MT posta all'interno dell'area della *step-up* stessa. L'energia collettata verrà trasferita al trasformatore MT/AT che ne innalza il livello di tensione a 150 kV per la connessione alla Stazione Elettrica di Terna.

L'Architettura generale dell'impianto eolico è di seguito descritta; si rimanda ai documenti "REL.PE.01 - Relazione specialistica elettrica" e "REL.PE.02 - Relazione impianto di connessione alla rete AT" per ulteriori dettagli.

Si prevede l'installazione di n. **6** aerogeneratori con potenza nominale di **6 MW** ciascuno per una potenza nominale totale di **36 MW**.

Gli aerogeneratori sono suddivisi in 3 sottocampi (gruppi) secondo il seguente schema:

- Gruppo 01: Aerogeneratore WTG-200.
- Gruppo 02: Aerogeneratore WTG-201;
Aerogeneratore WTG-202;
Aerogeneratore WTG-203.

- Gruppo 03: Aerogeneratore WTG-204;
Aerogeneratore WTG-205.

Gli aerogeneratori sono collegati fra di loro in entra-esce mediante linee **MT a 30 kV in cavo ARG7H1RX-30 kV tripolare elicordato interrato**. Le linee in uscita dagli aerogeneratori WTG-200, WTG-201, WTG-204 confluiscono a una cabina di raccolta di campo, la quale a sua volta è collegata alla sottostazione MT/AT (step-up) tramite una **linea MT a 30 kV in cavo unipolare ARG7H1R interrato**.

Ciascun aerogeneratore sarà costituito dai seguenti macro-blocchi:

- una fondazione in CLS armato;
- un palo in acciaio;
- una navicella.

Tutte le apparecchiature necessarie alla trasformazione dell'energia meccanica del vento in energia elettrica (albero rotore, trasmissione, freno rotore, trasformatore BT/MT, generatore, inverter, quadri elettrici) sono dislocate nella navicella posta a 166 m di altezza.

Alla base delle torri degli aerogeneratori sono posti i quadri MT e le interfacce del sistema di controllo. I quadri MT conterranno le protezioni per il trasformatore dislocato sulla navicella e l'interruttore per il collegamento alla Sottostazione Utente.

Oltre agli aerogeneratori, l'impianto eolico "Su Casteddu" è costituito da:

- un sistema di cavidotti interrati in Media Tensione (MT) a 30 kV per il trasporto dell'energia prodotta dall'impianto verso la Sottostazione Utente;
- interventi per la viabilità di progetto, di nuova realizzazione, per raggiungere la posizione di ciascun aerogeneratore a partire dalla viabilità esistente da parte dei mezzi di trasporto dei componenti degli aerogeneratori e delle gru di elevazione oltre agli interventi di adeguamento stradale, necessari alla movimentazione dei mezzi di trasporto delle turbine;
- n.1 cabina di raccolta MT a 30 KV sita in prossimità dell'aerogeneratore WTG-200;
- n. 1 Sottostazione Utente, comprendente una cabina di raccolta in MT a 30 kV su terreni ricadenti in Comune di Escalaplano (SU);
- sistemi di protezione contro contatti diretti, indiretti e contro le sovracorrenti;
- un impianto di terra;
- apparecchiature e impianti ausiliari;
- impianto di supervisione e controllo;
- impianto di illuminazione esterna.

5. MANUTENZIONE DELL'IMPIANTO

5.1. GENERALITÀ

Il sistema di manutenzione dell'impianto si basa sull'individuazione, descrizione e frequenza delle operazioni e delle attività di manutenzione ordinaria e straordinaria di tutti i componenti dell'impianto, che devono essere finalizzate a:

- la salvaguardia delle prestazioni tecnologiche, produttive ed ambientali, dei livelli di sicurezza e di efficienza dell'impianto eolico nel suo insieme;
- la minimizzazione dei tempi di indisponibilità di parti e sezioni dell'impianto durante l'operatività; ciò è stato pensato già in sede di progettazione definitiva con la suddivisione in Gruppi (o sezioni) d'impianto che permette di limitare la perdita produttiva in caso di malfunzionamenti al solo o ai soli aerogeneratori appartenenti al Gruppo;
- il rispetto delle disposizioni normative.

La gestione e manutenzione dell'impianto eolico sarà affidata a ditta elettrica specializzata, già operativa, referenziata, con idoneo personale certificato, in grado di stipulare il Contratto di Gestione e Manutenzione (cd. Contratto di O&M) e garantire quindi il rispetto del valore minimo di Performance Ratio.

Per tutti componenti dell'impianto sono previste limitate e specifiche attività di manutenzione. Le apparecchiature elettroniche di periodica manutenzione programmata assicurata dal Contratto di Manutenzione e Gestione (Contratto O&M) ed eventuale contratto di manutenzione straordinaria direttamente con il Fornitore per la durata almeno trentennale del previsto funzionamento. Le restanti principali apparecchiature elettromeccaniche quali quadri MT e trasformatori di potenza non richiedono particolari necessità di manutenzione programmata ed hanno scarsa possibilità di subire guasti.

L'affidabilità complessiva dell'impianto eolico e i ridotti tempi necessari per le riparazioni sono fortemente dipendenti dall'efficienza del sistema di supervisione a distanza di cui dovrà essere dotato lo stesso impianto. L'impianto di supervisione controllerà i seguenti dati:

- misura dell'energia elettrica prodotta;
- anomalie delle apparecchiature.

L'impianto di supervisione e controllo dovrà essere in grado di fornire i dati al centro di controllo a distanza e comunicare le anomalie riscontrate sulle apparecchiature alla ditta di manutenzione al fine di permetterne l'intervento di riparazione nei tempi stabiliti.

Per eseguire le operazioni di cui sopra è indispensabile un tecnico specializzato, con patentino per lavori con apparecchiature in tensione e che abbia formazione specifica nel campo. Solo per specifiche operazioni sarà necessaria la presenza di un secondo operaio specializzato.

5.2. LA MANUTENZIONE ORDINARIA, CORRETTIVA E STRAORDINARIA

Le attività manutentive ordinarie, sia preventive che programmate, comprendono:

- le azioni manutentive finalizzate a mantenere sempre al massimo livello prestazionale l'Impianto e prevenire, per quanto possibile, guasti e malfunzionamenti tecnici;
- le azioni che possano diminuire o magari eliminare gli inconvenienti di tipo sistematico.

Alcune azioni da considerare sono le seguenti:

- esami di componenti di impianto atti alla valutazione della capacità operativa e funzionale su base continuativa per la durata del periodo di interesse ed esecuzione di attività volte alla prevenzione di errori futuri come le interruzioni di servizio e decremento delle prestazioni, mediante la sostituzione periodica di componenti di consumo;
- manutenzione dell'impianto e delle sue componenti seguendo il Manuale d'Uso del Fornitore;
- manutenzione preventiva: programmata, permette di minimizzare l'impatto sul funzionamento e prestazioni dell'Impianto. Rientrano le attività di sfalcio e pulizia del generatore;
- manutenzione correttiva: insieme di tutte le azioni volte al ripristino provvisorio o definitivo dell'impianto in post guasti che possano compromettere il totale funzionamento o in parte;
- manutenzione straordinaria: insieme di tutte le azioni svolte sull'impianto su una parte specifica che si rendono necessarie per riportare l'Impianto stesso nelle condizioni nominali di progetto, al fine del miglioramento dello stesso o adeguamento ad aggiornamenti normativi.

5.3. IL MANUALE DI MANUTENZIONE DELL'IMPIANTO

Il manuale di manutenzione, fornito dal Produttore Vestas, contiene:

- l'individuazione, la descrizione dettagliata degli interventi di manutenzione ordinarie e straordinaria per ogni componente dell'impianto;
- la descrizione delle risorse necessarie per l'intervento di manutenzione e le istruzioni operative dettagliate per la manutenzione, che deve eseguire il tecnico.

5.4. IL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE

Il Programma di Manutenzione deve garantire azioni manutentive necessarie ad assicurare la sicurezza impiantistica e che l'impianto eolico mantenga nel corso dell'esercizio produttivo lo standard qualitativo iniziale, fatto salvo il normale e fisiologico degrado d'uso.

Nei Programmi di Manutenzione forniti dai Produttori si trova:

- l'individuazione e la descrizione dettagliata del sistema dei controlli e degli interventi da eseguire al fine di una corretta conservazione e gestione del componente;
- l'individuazione e la descrizione dettagliata delle scadenze temporali per tutte le operazioni di manutenzione programmata e preventiva oltre alla straordinaria.

5.5. MANUALE D'USO DEI COMPONENTI DI IMPIANTO

Il manuale d'uso, fornito dal Produttore Vestas, contiene:

- l'individuazione e descrizione delle modalità di corretto funzionamento dei componenti e delle operazioni manutentive che non richiedono competenze specialistiche (verifiche, pulizie, regolazioni, etc.);
- l'individuazione dei principali sintomi indicatori di anomalie e guasti, imminenti o in atto.

Il funzionamento degli aerogeneratori è regolato da un sistema di pitch control (sistema di controllo dell'angolo d'attacco pala) indipendente su ciascuna pala e con un sistema di controllo d'imbardata. Il sistema di controllo consente all'aerogeneratore di lavorare a velocità del vento variabili, massimizzando la potenza generata in ogni momento e minimizzando le sollecitazioni e il rumore.

Segue una descrizione dei vari componenti dell'impianto eolico e delle operazioni di gestione e manutenzione degli stessi.

5.5.1. NAVICELLA, CARTER DI COPERTURA E SISTEMA DI IMBARDATA

La navicella ruota sull'asse della torre di sostegno grazie al sistema composto da motori elettrici, gestiti dal sistema principale di controllo e azionati in base alle informazioni provenienti dall'anemometro posto in cima al carter della navicella che misura direzione, velocità e intensità del vento.

La navicella è una cabina realizzata in struttura metallica all'interno della quale sono ubicati tutti i componenti necessari alla generazione dell'energia elettrica. È posizionata sulla cima della torre di sostegno e ruota sull'asse della torre di sostegno grazie al sistema composto da motori elettrici, gestiti dal sistema principale di controllo e azionati in base alle informazioni provenienti dall'anemometro posto in cima al carter della navicella che misura direzione, velocità e intensità del vento. Per assicurare sempre il massimo rendimento dell'aerogeneratore è importante mantenere un allineamento più continuo possibile tra l'asse del rotore e la direzione del vento; tale allineamento (negli aerogeneratori di media e grossa taglia) è garantito da un servomeccanismo, detto sistema di imbardata. Il carter di copertura, a protezione della componentistica interna dall'esposizione agli agenti atmosferici e alle condizioni ambientali esterne, è realizzata in resina rinforzata con fibre di vetro. All'interno della copertura lo spazio di manovra è chiaramente sufficiente per l'operatore d'impianto e il tecnico manutentore per condurre le operazioni di ispezione, controllo e manutenzione.

Anomalie riscontrabili

- Anomalie del sistema di imbardata: difetti di funzionamento.
- Corrosione: difetti di funzionamento.
- Difetti di movimento, di rotazione: malfunzionamento della marcia del motore che possono provocare ripetuti avviamenti e arresti.
- Difetti di stabilità: perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli.

Controlli da parte di personale specializzato (eletttricista / tecnico degli impianti eolici):

- Controllo generale: con cadenza settimanale si opera il controllo a vista della corretta rotazione grazie al funzionamento del sistema di imbardata.
- Controllo della stabilità: con cadenza bimensile si opera il controllo a vista della stabilità dei componenti al fine della verifica della idoneità del materiale utilizzato.

Manutenzioni da parte di personale specializzato (elettricista):

- Riallineamento: all'occorrenza si opera il riallineamento tra l'asse del rotore e la direzione del vento.

5.5.2. GENERATORE

Il generatore è un generatore asincrono trifase a doppia alimentazione con rotore avvolto, collegato ad un convertitore di frequenza PWM. Lo statore e il rotore del generatore sono entrambi costituiti da lamierini magnetici impilati e avvolgimenti formati. È raffreddato ad aria ed è installato all'interno della navicella prima del dispositivo di interfaccia; è presente un interruttore automatico magnetotermico che deve essere opportunamente dimensionato per garantire la protezione delle componenti dei circuiti e dei cablaggi da sovracorrenti e cortocircuiti. Il sistema di controllo consente operatività a varie velocità, analizzando la velocità di rotazione del rotore. Le caratteristiche e le funzioni introdotte dal generatore sono:

- il comportamento sincrono rispetto alla rete;
- l'operatività ottimale a qualsiasi velocità del vento, massimizzando la produzione e minimizzando i carichi e il rumore, per mezzo di lavoro a velocità variabile;
- il controllo della potenza attiva e reattiva attraverso il controllo dell'ampiezza e della fase del rotore;
- la facilità di connessione e sconnessione dalla rete elettrica.

Il generatore è protetto contro i cortocircuiti e i sovraccarichi. La temperatura è monitorata continuamente con sonde sullo statore.

Anomalie riscontrabili

- Anomalie dei contatti ausiliari: difetti di funzionamento dei contatti ausiliari.
- Difetti di funzionamento delle molle.
- Malfunzionamento degli sganciatori di apertura e chiusura.
- Cortocircuiti dovuti a difetti nell'impianto di messa a terra, a sbalzi di tensione (sovraccarichi), ad altro.
- Difetti di funzionamento: difetti del dispositivo di generatore dovuti all'eccessiva polvere presente all'interno delle connessioni o alla presenza di umidità ambientale o di condensa
- Difetti di taratura dei contattori, di collegamento o di taratura della protezione.
- Disconnessione dell'alimentazione dovuta a difetti di messa a terra, di sovraccarico di tensione di alimentazione, di corto circuito imprevisto.
- Surriscaldamento che può provocare difetti di protezione e di isolamento.

- Difetti di stabilità: perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli.

Controlli da parte di personale specializzato (elettricista / tecnico degli impianti eolici):

- Controllo generale: con cadenza mensile si opera la verifica della corretta pressione di serraggio dei cavi di connessione e il controllo del buon livello di isolamento e di protezione per prevenire ed evitare corto circuiti.
- Controllo della stabilità: con cadenza bimensile si opera il controllo a vista della stabilità dei componenti al fine della verifica della idoneità del materiale utilizzato.

Manutenzioni da parte di personale specializzato (elettricista):

- Sostituzioni: all'occorrenza, si opera la sostituzione dei dispositivi danneggiati o che non rispondono ai requisiti richiesti dalle norme.

5.5.3. DISPOSITIVO DI INTERFACCIA

Il dispositivo di interfaccia è un interruttore automatico con bobina di apertura a mancanza di tensione che ha lo scopo di isolare l'impianto quando i parametri di frequenza e di tensione dell'energia che si immette in rete sono fuori dai valori massimi consentiti, oppure quando c'è assenza di tensione di rete (per esempio durante lavori di manutenzione della rete elettrica pubblica). Come per tutte le operazioni su impiantistica elettrica in generale, gli interventi di controllo e manutenzione, dopo aver tolto la tensione, devono essere effettuate da personale qualificato e dotato di idonei dispositivi di protezione individuali quali guanti e scarpe isolanti.

Anomalie riscontrabili

- Anomalie della bobina: difetti di funzionamento della bobina di avvolgimento.
- Anomalie del circuito magnetico: difetti di funzionamento del circuito magnetico mobile.
- Anomalie dell'elettromagnete: vibrazioni dell'elettromagnete del contattore dovute ad alimentazione non idonea.
- Difetti di funzionamento della molla di ritorno.
- Anomalie delle viti serrafili: difetti di tenuta delle viti serrafilo.
- Difetti del passacavo: difetti di tenuta del coperchio passacavi.
- Rumorosità: eccessiva rumorosità.
- Difetti di stabilità: perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli.

Controlli da parte di personale specializzato (elettricista / tecnico degli impianti eolici):

- Controllo generale: con cadenza semestrale si opera il controllo a vista per la verifica del serraggio dei fili da parte delle viti e che i cavi siano ben sistemati nel coperchio passacavi. Nel caso di eccessivo rumore smontare il contattore e verificare lo stato di pulizia delle superfici dell'elettromagnete e della bobina.
- Verifica della tensione: con cadenza annuale si opera l'ispezione strumentale della tensione di arrivo ai morsetti.

- Controllo della stabilità: con cadenza bimensile si opera il controllo a vista della stabilità dei componenti al fine della verifica della idoneità del materiale utilizzato.

Manutenzioni da parte di personale specializzato (elettricista):

- Pulizia: all'occorrenza si opera la pulizia delle superfici rettificate dell'elettromagnete.
- Serraggio dei cavi: con cadenza semestrale si esegue il serraggio di tutti i cavi in entrata e in uscita dal dispositivo di interfaccia.
- Sostituzione della bobina: all'occorrenza e in caso di guasto, si effettua la sostituzione della bobina.

5.5.4. MOLTIPLICATORE DI GIRI

Il moltiplicatore aumenta la velocità del rotore fino a raggiungere la velocità richiesta per il generatore, ovvero trasforma la rotazione lenta delle pale in una rotazione più veloce in grado di far funzionare il generatore di elettricità. I cuscinetti e gli ingranaggi sono lubrificati continuamente con olio. Le temperature dei cuscinetti del moltiplicatore e dell'olio sono costantemente monitorate al fine di mantenere il moltiplicatore in un intervallo di temperatura ristretto durante il funzionamento.

Anomalie riscontrabili

- Anomalie del rotore: difetti di funzionamento.
- Difetti dello statore: difetti di funzionamento.
- Difetti di marcia: malfunzionamento della marcia del motore che può provocare ripetuti avviamenti e arresti.
- Difetti di serraggio bulloni: difetti di tenuta dei bulloni dei sistemi di supporto, allentamento della tenuta.
- Rumorosità eccessiva: livelli di rumorosità eccessiva riscontrati durante il funzionamento e il monitoraggio.
- Difetti di stabilità: perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli.

Controlli da parte di personale specializzato (elettricista / tecnico degli impianti eolici):

- Controllo generale: con cadenza semestrale si opera il controllo a vista del corretto funzionamento del motore, in assenza di rumori e cigolii che possono indicare un difetto a cui dover porre rimedio.
- Controllo della stabilità: con cadenza bimensile si opera il controllo a vista della stabilità dei componenti al fine della verifica della idoneità del materiale utilizzato.

Manutenzioni da parte di personale specializzato (elettricista):

- Revisione: smontaggio del motore per sottoporlo a revisione e nel caso procedere alla sostituzione.
- Serraggio dei bulloni: esecuzione del serraggio dei bulloni per evitare giochi e malfunzionamenti.

5.5.5. SISTEMA DI FRENATA

Il sistema idraulico mette in pressione l'olio per il freno (blocco idraulico) del rotore. Il sistema frenante è il dispositivo di sicurezza che blocca il funzionamento dell'aerogeneratore in caso di eccessiva ventosità; è generalmente costituito da due sistemi indipendenti di arresto delle pale: un sistema frenante aerodinamico e un sistema frenante meccanico. Il sistema frenante aerodinamico viene utilizzato per controllare la potenza dell'aerogeneratore, come freno di emergenza in caso di eccessiva ventosità, superiore alla nominale, e per arrestare il rotore. Il sistema meccanico viene utilizzato per completare l'arresto del rotore e come freno di stazionamento.

Anomalie riscontrabili

- Malfunzionamenti del freno a disco del sistema idraulico.
- Difetti di funzionamento delle pinze del sistema meccanico.
- Malfunzionamenti dei leverismi.
- Difetti del sistema di serraggio.
- Difetti di taratura del sistema di regolazione e controllo del dispositivo frenante.
- Difetti di tenuta del sistema idraulico con conseguente abbassamento del livello di pressione di esercizio.
- Difetti di stabilità: perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli.

Controlli da parte di personale specializzato (elettricista / tecnico degli impianti eolici):

- Controllo generale: con cadenza semestrale si opera l'ispezione visiva delle condizioni generali e lo stato di usura del sistema frenante.
- Controllo della stabilità: con cadenza bimensile si opera il controllo a vista della stabilità dei componenti al fine della sicurezza di funzionamento del sistema frenante da parte di un tecnico specializzato in impiantistica eolica.

Manutenzioni da parte di personale specializzato (elettricista):

- Registrazione: con cadenza semestrale, esecuzione della registrazione e della taratura del dispositivo di controllo del sistema frenante.

5.5.6. DISPOSITIVI AUSILIARI

I principali dispositivi ausiliari montati all'interno della navicella comprendono un dispositivo idraulico per lubrificare il moltiplicatore di giri o le altre parti meccaniche e scambiatori di calore per il raffreddamento dell'olio e del generatore, oltre a pompe e ventilatori. Sulla sommità della navicella sono installati un anemometro e una banderuola per il controllo dell'aerogeneratore, i fari di segnalazione per il sorvolo degli aerei. Per migliorare l'affidabilità dell'aerogeneratore sono impiegati diversi sensori che monitorano lo stato dei vari componenti e segnalano eventuali difetti e malfunzionamenti che necessitano di operazioni di manutenzione.

Anomalie riscontrabili

- Anomalie del sensore: difetti di funzionamento del sensore di rotazione della navicella.
- Anomalie del sistema di trasmissione: difetti di funzionamento del sistema di trasmissione dei dati dell'insieme sensori – quadro di controllo.
- Anomalie delle sonde termiche.
- Anomalie dei termoregolatori.
- Difetti di tenuta: sversamento, perdita del liquido di raffreddamento.
- Difetti di pressione: valori di pressione del liquido di raffreddamento inferiori al valore di esercizio.
- Difetti di stabilità: perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli.

Controlli da parte di personale specializzato (elettricista / tecnico degli impianti eolici):

- Controllo generale: all'occorrenza e in seguito ad eventi meteo eccezionali si opera un controllo puntuale dei sensori.
- Controllo del sistema di raffreddamento: con cadenza semestrale si opera il controllo a vista dello stato generale del sistema di raffreddamento e la verifica visiva dell'assenza di perdite o fuoriuscite di acqua e olio.
- Controllo della funzionalità dei sensori: per la messa in esercizio dell'aerogeneratore, all'occorrenza e a seguito di difetti durante l'esercizio si effettua un test di funzionamento.
- Controllo della stabilità: con cadenza bimensile si opera il controllo a vista della stabilità dei componenti al fine della verifica della idoneità del materiale utilizzato.

Manutenzioni da parte di personale specializzato (elettricista):

- Sostituzione dei sensori: all'occorrenza si opera la sostituzione dei sensori danneggiati o malfunzionanti.
- Sostituzione dell'olio: all'occorrenza si opera la sostituzione dell'olio di raffreddamento.

5.5.7. QUADRI DI COMANDO E CONTROLLO

I quadri BT degli aerogeneratori sono posti all'interno delle navicelle; è opportuno che sia assicurata la qualità della progettazione, della fabbricazione e dell'installazione dei materiali e componenti dei quadri con riferimento a quanto indicato dalle norme e come certificato dalle ditte costruttrici di detti materiali e componenti. I quadri devono essere facilmente identificabili per consentire un facile utilizzo. Deve essere presente un cartello sul quale sono riportate le funzioni degli interruttori nonché le azioni da compiere in caso di emergenza su persone colpite da folgorazione. Come per tutte le operazioni su impianti e componenti elettrici, dopo aver tolto la tensione, anche le operazioni su questi quadri devono essere effettuate da personale qualificato e dotato di idonei dispositivi di protezione individuali quali guanti e scarpe isolanti. Nelle vicinanze del quadro deve essere presente un cartello sul quale sono riportate le funzioni degli interruttori, le azioni da compiere in caso di emergenza su persone colpite da folgorazione. Inoltre, devono essere presenti oltre alla documentazione dell'impianto anche i dispositivi di protezione individuale e i dispositivi di estinzione incendi.

Anomalie riscontrabili

- Malfunzionamenti dei contattori.
- Difetti di funzionamento dei fusibili.
- Malfunzionamenti e difetti degli interruttori magnetotermici.
- Difetti di funzionamento dei relè termici.
- Difetti di funzionamento delle spie e dei fari di segnalazione posizionati sul dorso della navicella o a bordo del radiatore dell'aerogeneratore.
- Malfunzionamenti dovuti ad accumulo di polvere e sporcizia sui contatti.
- Difetti agli interruttori magnetotermici e differenziali dovuti all'eccessiva polvere presente all'interno delle connessioni o alla presenza di umidità ambientale o di condensa.
- Difetti di taratura dei contattori, di collegamento o di taratura della protezione.
- Difetti di serraggio dei bulloni e dei morsetti.
- Surriscaldamento che può provocare difetti di protezione e di isolamento. Può essere dovuto a ossidazione delle masse metalliche.
- Difetti di stabilità: perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli.

Controlli da parte di personale specializzato (elettricista / tecnico degli impianti eolici):

- Verifica dei condensatori: con cadenza semestrale si opera l'ispezione visiva dell'integrità dei condensatori di rifasamento e dei contattori.
- Verifica delle protezioni: con cadenza semestrale si opera il controllo a vista del corretto funzionamento dei fusibili, degli interruttori automatici e dei relè termici.
- Controllo della stabilità: con cadenza bimensile si opera il controllo a vista della stabilità dei componenti al fine della verifica della idoneità del materiale utilizzato.

Manutenzioni da parte di personale specializzato (elettricista):

- Pulizia generale: con cadenza annuale, esecuzione della pulizia generale con insufflaggio di aria secca a bassa pressione.
- Serraggio: con cadenza annuale, verifica del serraggio di bulloni, morsetti e interruttori.
- Sostituzione del quadro: all'occorrenza e comunque dopo 20 anni si opera la sostituzione del quadro se usurato o per adeguamenti normativi.

5.5.8. TRASFORMATORI

Il trasformatore BT/MT trifase è progettato per le applicazioni di energia dal vento. È allocato all'interno della navicella. Poiché si tratta di un trasformatore a secco, il rischio di un incendio è minimo. Inoltre, il trasformatore dispone di tutte le protezioni necessarie contro danneggiamenti, tra cui i sensori di archi elettrici e i fusibili di protezione. La posizione del trasformatore nella navicella previene le perdite elettriche grazie alla ridotta lunghezza dei cavi a bassa tensione.

5.5.9. QUADRI MT

I quadri di media tensione (30 kV) dovranno essere costruiti secondo la norma CEI EN 62271-200: 2022-05 e realizzati con un involucro metallico del tipo ad unità funzionali modulari. I quadri MT degli aerogeneratori sono forniti assieme alle macchine e contengono le protezioni MT per i trasformatori posti nella navicella e gli interruttori per realizzare i collegamenti con gli altri aerogeneratori e con la Sottostazione Utente. Il quadro MT nella cabina di raccolta sita in campo presso l'aerogeneratore WTG-200 è impiegato per raccogliere, rispettivamente, le linee MT a 30 kV provenienti dal gruppo 01 (WTG-200), dal gruppo 02 (WTG-201, WTG-202, WTG-203) e dal gruppo 03 (WTG-204, WTG-205) e ha in uscita il cavo che veicola l'energia prodotta verso la SSEU. Il quadro MT nella cabina di raccolta all'interno della SSEU è utilizzato per connettere la linea MT a 30 kV proveniente dalla cabina di raccolta sita in campo e veicolare l'energia prodotta verso il trasformatore MT/AT. Inoltre, questo quadro alimenta e protegge il trasformatore MT/BT degli ausiliari.

Anomalie riscontrabili

Sono le stesse anomalie riscontrabili per i quadri di controllo in bassa tensione.

Controlli da parte di personale specializzato (elettricista / tecnico degli impianti eolici):

Si prevedono le stesse attività descritte per i quadri di controllo in bassa tensione.

Manutenzioni da parte di personale specializzato (elettricista):

Si prevedono le stesse attività descritte per i quadri di controllo in bassa tensione.

le stesse attività descritte per i quadri di controllo in bassa tensione.

5.5.10. SISTEMA DI PROTEZIONE DALLE SOVRATENSIONI

Quando in un impianto elettrico la differenza di potenziale tra le varie fasi o tra una fase e la terra assume un valore di tensione maggiore al valore della tensione normale di esercizio, si è in presenza di una sovratensione. Per proteggere l'impianto dalle sovratensioni si installa un dispositivo che ne assicura la protezione, denominato "scaricatore di sovratensione" o "dispersore" e progettato per scaricare a terra le correnti. La protezione contro i contatti indiretti potrà essere assicurata tramite interruzione automatica dell'alimentazione per mezzo di dispositivi di protezione contro le sovracorrenti o per mezzo di interruttori differenziali. La protezione contro i contatti diretti dovrà essere realizzata tramite isolamento delle parti attive mediante involucri con livello di protezione adeguato al luogo di installazione, e tali da non permettere il contatto con le parti attive se non previo smontaggio degli elementi di protezione con l'ausilio di attrezzi. La protezione delle linee contro le sovracorrenti dovrà essere assicurata da interruttori automatici (o da fusibili) installati sui quadri di distribuzione. È generalmente prevista la protezione dai sovraccarichi per tutte le linee di distribuzione o terminali.

Anomalie riscontrabili

- Malfunzionamenti dei contatti ausiliari.
- Difetti di funzionamento delle molle.
- Malfunzionamenti e difetti degli sganciatori di apertura e chiusura.

- Difetti agli interruttori magnetotermici e differenziali dovuti all'eccessiva polvere presente all'interno delle connessioni o alla presenza di umidità ambientale o di condensa.
- Esaurimento del varistore delle cartucce dello scaricatore.
- Difetti di funzionamento delle spie luminose che indicano il funzionamento o meno dell'apparato.
- Difetti di stabilità: perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli.

Controlli da parte di personale specializzato (elettricista / tecnico degli impianti eolici):

- Controllo generale: con cadenza mensile si opera l'ispezione visiva per la verifica delle condizioni generali e la corretta pressione di serraggio delle viti e delle placchette, e dei coperchi delle cassette oltre al controllo del corretto funzionamento delle spie di segnalazione della carica delle cartucce.
- Controllo della stabilità: con cadenza bimensile si opera il controllo a vista della stabilità dei componenti al fine della sicurezza di funzionamento del sistema frenante da parte di un tecnico specializzato in impiantistica eolica.

Manutenzioni da parte di personale specializzato (elettricista):

- Sostituzione delle cartucce: all'occorrenza, sostituzione delle cartucce dello scaricatore di sovratensione usurate o non più rispondenti ai requisiti richiesti dalle norme.

5.5.11. ROTORE

Il sistema di *pitch* serve per regolare l'angolo di inclinazione delle pale del rotore ed è impostato dal sistema di controllo che interviene quando la velocità del vento diventa eccessiva; tale sistema aumentando l'angolo di *pitch* ferma il rotore fino alla cd. "*messa in bandiera*" in modo che il carico aerodinamico del vento sulle pale sia ridotto al minimo. L'alimentazione e il trasferimento del segnale sono realizzati attraverso un collettore rotante nella navicella. Il sistema di gestione e controllo si aziona durante tutta la vita utile dell'aerogeneratore ogni volta che sia necessario, ovvero:

- quando la velocità del vento è inferiore alla nominale, l'angolo di passo selezionato dal sistema sarà quello di massima potenza elettrica relativa a quella velocità del vento; in altre parole, massimizza l'energia elettrica ottenuta per ciascuna velocità del vento (secondo la curva di potenza fornita dal produttore dell'aerogeneratore);
- quando la velocità del vento è superiore alla nominale e diventa eccessiva, l'angolo di passo è quello che consente di conservare la potenza nominale della macchina.

In presenza di velocità del vento molto alte ma inferiori alla nominale, il valor medio della potenza estratta è mantenuto prossimo al valore della potenza nominale dell'aerogeneratore, ovvero si mantiene ad un valore fisso l'angolo di *pitch* per limitare l'usura del meccanismo di regolazione (in queste condizioni si riduce l'efficienza produttiva dell'aerogeneratore ma si migliora l'affidabilità complessiva del sistema). Inoltre, il sistema controlla l'avvio del freno aerodinamico in caso di emergenza, garantendo alla turbina di entrare in modalità di sicurezza.

Anomalie riscontrabili

- Malfunzionamenti dovuti a difetti dei leverismi.
- Difetti di taratura del sistema di regolazione e controllo del dispositivo frenante.
- Difetti di tenuta del sistema idraulico riscontrabile da un abbassamento del livello di pressione di esercizio.
- Instabilità: eccessiva velocità delle pale che genera instabilità del sistema.
- Vibrazioni dovute a eccessiva velocità delle pale.
- Difetti di stabilità: perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli.

Controlli da parte di personale specializzato (elettricista / tecnico degli impianti eolici):

- Controllo generale: all'occorrenza si opera l'ispezione visiva delle corrette condizioni generali del sistema e che lo stesso si attivi in caso di eccessiva ventosità.
- Controllo della stabilità: con cadenza bimensile si opera il controllo a vista della stabilità dei componenti al fine della verifica della idoneità del materiale utilizzato da parte di un tecnico specializzato in impiantistica eolica.
- Controllo della stabilità: con cadenza bimensile si opera il controllo a vista della stabilità dei componenti al fine della verifica della idoneità del materiale utilizzato da parte di un tecnico specializzato in impiantistica eolica.

Manutenzioni da parte di personale specializzato (elettricista):

- Registrazione dei dati: con cadenza semestrale esecuzione della registrazione e taratura del dispositivo di controllo del sistema frenante.

5.5.12. PALA EOLICA

Le pale sono realizzate con una matrice composita rinforzata con fibre di vetro e di carbonio che conferisce la rigidità necessaria con il miglior rapporto al peso complessivo. La struttura centrale della pala dell'aerogeneratore è costituita da una traversa (longherone), che conferisce resistenza alla struttura e su cui si fissa il rivestimento, formato da due gusci. Il rivestimento ha la sola funzione aerodinamica, conferendo un profilo alare uguale a quello dell'ala dell'aliante, in grado di sfruttare al meglio l'energia cinetica del vento. Come visto, le pale hanno un controllo di pitch (controllo del passo) per massimizzare la produzione di energia e la riduzione delle sollecitazioni e del rumore. Le tre pale dell'aerogeneratore sono incernierate su di un asse al quale è collegato il generatore eolico di energia elettrica (dinamo o alternatore) contenuto nella navicella, per la protezione dagli agenti atmosferici.

Nella progettazione dell'intera installazione si sono considerati gli standard di riferimento IEC 61400. In termini di prestazioni, le pale del rotore durante il funzionamento devono garantire un livello di rumore entro i limiti prescritti dalla legge in materia di acustica ambientale. Tali valori devono essere oggetto di verifiche che sono eseguite sia con gli impianti funzionanti che con gli impianti fermi; per l'esecuzione delle verifiche devono essere noti i valori di L_w dichiarati dal produttore dell'aerogeneratore. Sulle estremità delle pale deve essere realizzato un disegno a strisce di colore rosso secondo quanto disposto dalla normativa di sicurezza aeronautica.

Anomalie riscontrabili

- Anomalie delle pale: malfunzionamenti dovuti a deformazioni delle pale.
- Difetti di funzionamento delle pale.
- Disallineamento: malfunzionamenti dovuti all'imperfetto allineamento delle pale.
- Rumorosità: eccessivo livello di rumorosità durante il funzionamento dell'aerogeneratore.
- Difetti di stabilità: perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli.

Controlli da parte di personale specializzato (elettricista / tecnico degli impianti eolici):

- Controllo generale: con cadenza semestrale si opera l'ispezione visiva del corretto funzionamento e allineamento delle pale.
- Controllo della rumorosità: con cadenza annuale o in caso di dubbio di eccessiva rumorosità si opera la misurazione strumentale del rumore durante il normale funzionamento dell'aerogeneratore, da parte di tecnico di azienda specializzata in acustica e protezione ambientale.
- Controllo della stabilità: con cadenza bimensile si opera il controllo a vista della stabilità dei componenti al fine della verifica della idoneità del materiale utilizzato da parte di un tecnico specializzato in impiantistica eolica.

Manutenzioni da parte di personale specializzato (ditta specializzata in impianti eolici):

- Sostituzione delle pale: all'occorrenza e dopo 20 anni di funzionamento si opera la sostituzione delle pale se usurate o danneggiate dagli agenti atmosferici.
- Riallineamento delle pale: all'occorrenza, esecuzione del riallineamento delle pale.

5.5.13. TORRE DI SOSTEGNO

La torre della turbina eolica è realizzata in acciaio tubolare, di forma tronco conica, divisa in cinque sezioni per garantire adeguata resistenza meccanica, stabilità e sicurezza anche in presenza di eventi atmosferici violenti; deve essere dimensionata in modo tale da sopportare i carichi previsti in fase di progetto. È dotata di porta di ingresso, all'interno vi è la scala di salita con opportune piattaforme di stazionamento e linee di sicurezza, o l'ascensore vista l'altezza della torre stessa, luci e luci di emergenza. La torre è dotata di un sistema di captazione e di dispersione a terra delle scariche atmosferiche, in accordo alle norme IEC 61024. Sostanzialmente non è oggetto di manutenzione se non per il controllo periodico interno della tenuta dei bulloni di fissaggio delle sezioni di cui è composta.

Anomalie riscontrabili

- Corrosione: fenomeni di corrosione dei tronchi metallici della torre di sostegno.
- Decolorazione: alterazione cromatica della superficie a causa di agenti atmosferici (irraggiamento) che deteriorano lo strato di vernice.
- Deformazione: cambiamento della forma iniziale con imbarcamento degli elementi costituenti la torre e relativa irregolarità della sovrapposizione degli stessi.
- Difetti di montaggio: difetti nella posa in opera dei tronchi di torre quali difetti di raccordo, di giunzione e di assemblaggio.

- Difetti di serraggio: difetti di serraggio dei tronchi di torre.
- Fessurazioni, microfessurazioni e incrinature localizzate potenzialmente indicate anche dalla rottura del film di vernice di protezione.
- Patina biologica: possibile deposizione di strati di natura biologica nella superficie della torre.
- Difetti di stabilità: perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento.

Controlli da parte di personale specializzato (elettricista / tecnico degli impianti eolici):

- Controllo generale: con cadenza semestrale si opera l'ispezione visiva delle condizioni delle strutture di sostegno verificando il fissaggio ed eventuali connessioni. Verificare che non ci siano fenomeni di corrosione in atto.
- Controllo della stabilità: con cadenza bimensile si opera il controllo a vista della stabilità dei componenti al fine della verifica della idoneità del materiale utilizzato da parte di un tecnico specializzato in impiantistica eolica.

Manutenzioni da parte di personale specializzato:

- Serraggio dei bulloni: all'occorrenza e con cadenza annuale verificare la tenuta e il serraggio dei bulloni dei tronchi di torre.
- Ripristino del rivestimento: all'occorrenza, esecuzione del ripristino del rivestimento superficiale se presenta fenomeni di sfaldamento o corrosione.

5.5.14. SISTEMA GENERALE DI CONTROLLO

Il sistema di sensori permette il controllo e la gestione puntuale del funzionamento produttivo dell'aerogeneratore con il massimo grado di accuratezza. I sensori esterni principalmente misurano la velocità, la direzione e l'intensità del vento oltre alle condizioni atmosferiche di temperatura, umidità e pressione. I sensori interni, oltre a quelli di ogni apparecchiatura elettromeccanica misurano la temperatura interna alla navicella, i livelli di pressione del sistema idraulico, le vibrazioni di ogni singola pala e la posizione delle stesse. Tutte queste informazioni sono registrate e analizzate in tempo reale e servono al sistema di controllo per eseguire le operazioni di verifica e gestione del funzionamento. La turbina eolica funziona automaticamente e si avvia quando la coppia aerodinamica raggiunge un certo valore. Al di sotto della velocità del vento nominale, il controller della turbina eolica fissa i riferimenti di passo e coppia per funzionare nel punto aerodinamico ottimale (produzione massima) tenendo conto della capacità del generatore. Una volta superata la velocità del vento nominale, la richiesta di posizione di inclinazione viene regolata per mantenere una produzione di energia stabile pari al valore nominale. Se è abilitata la modalità di limitazione per vento forte, la produzione di energia viene limitata una volta che la velocità del vento supera un valore di soglia predefinito, fino al raggiungimento della velocità del vento di interruzione e la turbina eolica smette di produrre energia. Se la velocità media del vento supera il limite massimo operativo, la turbina eolica viene spenta mediante il beccheggio delle pale. Quando la velocità media del vento torna al di sotto della velocità media del vento al riavvio, i sistemi si ripristinano automaticamente. I vantaggi principali del sistema di controllo degli aerogeneratori in generale sono:

- la massimizzazione dell'energia elettrica prodotta;
- la limitazione dei carichi meccanici;
- la riduzione del rumore aerodinamico;

- l'elevata qualità dell'energia.

Il sistema di monitoraggio verifica continuamente lo stato dei diversi sensori e dei parametri interni misurati:

- condizioni ambientali (velocità, direzione e intensità del vento, temperatura, umidità e pressione);
- parametri interni dei diversi componenti (temperatura delle diverse apparecchiature, livelli e pressione dell'olio del circuito idraulico del freno, vibrazioni di ogni singola pala, tensione media sui cavi e altri parametri elettrici e non);
- stato del rotore: velocità di rotazione e posizione di pitch (passo della pala);
- stato della rete: generazione dell'energia attiva e reattiva, tensione, corrente e frequenza.

Gli aerogeneratori sono integrati in un sistema di controllo remoto (SCADA SGRE) grazie al quale è possibile controllare il corretto funzionamento del parco eolico ed agire immediatamente sui problemi ove necessario. Con questo strumento, in qualsiasi momento, si possono acquisire le informazioni su:

- la produzione di energia di ciascun aerogeneratore del parco eolico;
- gli allarmi dei vari elementi del parco eolico in tempo reale;
- lo storico degli allarmi innescati nel parco eolico.

Con questo strumento, in qualsiasi momento, si può inoltre:

- inviare ordini precisi di avvio, pausa o passaggio a modalità d'emergenza agli aerogeneratori;
- analizzare l'evoluzione delle variabili nel tempo in modo semplice, grazie ai report storici;
- avere accesso in tempo reale ai dati specifici di manutenzione;
- esportare i dati per creare elaborati di studio.

6. LA MANUTENZIONE DEI CAVIDOTTI, DELLE OPERE CIVILI E DELLA VIABILITÀ

Le operazioni di manutenzione sono redatte seguendo le indicazioni della UNI 10336 "*Criteri di progettazione della manutenzione*" che individua tre momenti fondamentali che ne permettono la scrittura ai fini preventivi:

- l'individuazione delle criticità degli ambiti impiantistici;
- l'analisi dei guasti e gli effetti conseguenti loro effetti e criticità;
- la formulazione del piano di interventi manutentivi.

Le attività di manutenzione dei siti devono garantire la percorribilità della viabilità di progetto, ovvero delle stradelle di accesso agli aerogeneratori in modo sicuro durante tutti i periodi dell'anno. Le operazioni di manutenzione ordinaria riguardano principalmente i cavidotti interrati, le stradelle di

servizio, la cura e l'eventuale ripristino dei drenaggi in caso di eventi estremi, i lavori di piccola manutenzione del verde. La manutenzione straordinaria può riguardare pronti interventi in caso di dissesti o altri incidenti che possono interessare accidentalmente la viabilità e dovute ad eventi estremi al di fuori dell'ambito del parco eolico.

6.1. CAVIDOTTI INTERRATI

L'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori deve essere trasportata alla rete principale attraverso una serie di cavidotti all'interno dei quali vengono stesi cavi elettrici di vario tipo a seconda della potenza.

Anomalie riscontrabili

- corrosione delle armature dei cavidotti con possibili segni di decadimento delle stesse evidenziato con cambio di colore e presenza di ruggine in prossimità delle corrosioni;
- erosione del suolo all'esterno del cavidotto che è solitamente causata dall'infiltrazione di acqua;
- penetrazione all'interno dei condotti di radici vegetali che possono provocare intasamenti;
- difetti di stabilità: perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli.

Controlli da parte di personale specializzato (elettricista / tecnico degli impianti eolici):

- controllo della tenuta per corrosione, erosione o penetrazione di radici: con cadenza semestrale si opera il controllo a vista dell'integrità dei cavidotti ponendo particolare attenzione ai raccordi tra le varie tratte di cavidotto;
- controllo della stabilità: con cadenza bimensile si opera il controllo a vista della stabilità dei componenti al fine della verifica della idoneità del materiale utilizzato.

Manutenzioni da parte di personale specializzato (elettricista):

- ripristino: sostituzione delle tratte danneggiate per il ripristino della funzionalità, se e quando necessario, da parte di un elettricista.

6.2. FONDAZIONI

Le opere di fondazione superficiale previste per gli aerogeneratori hanno la funzione principale di trasmettere il peso della struttura e delle altre forze esterne al terreno e assicurare stabilità e resistenza sotto l'effetto di carichi statici, dinamici e accidentali. La progettazione e la realizzazione delle opere di fondazione è necessario provvedere ad un accurato studio geologico esteso ad una zona significativamente estesa dei luoghi d'intervento, in relazione al tipo di opera e al contesto geologico in cui questa si andrà a collocare. Nel progetto di fondazioni superficiali si deve tenere conto della presenza di sottoservizi e dell'influenza di questi sul comportamento del manufatto. Nel caso di reti idriche e fognarie occorre particolare attenzione ai possibili inconvenienti derivanti da immissioni o perdite di liquidi nel sottosuolo. Nel caso in esame, la fondazione dell'aerogeneratore è una piattaforma in cemento armato, dimensionata usando calcoli standard sui carichi certificati e considerando le caratteristiche geotecniche del terreno.

Anomalie riscontrabili

- cedimenti: dissesti dovuti a cedimenti di natura e causa diverse, talvolta con manifestazioni dell'abbassamento del piano di imposta della fondazione;
- deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione dell'elemento;
- disgregazioni di parti di materiale, distacchi dei paramenti murari mediante anche manifestazione di lesioni passanti, eventuale espulsione di elementi prefabbricati;
- esposizione dei ferri di armatura: distacchi dei copriferro e relativa esposizione dei ferri di armatura a fenomeni di corrosione per l'azione degli agenti atmosferici;
- fessurazioni: degradazione che si manifesta con la formazione di soluzioni di continuità del materiale e che può implicare lo spostamento reciproco delle parti;
- lesioni: si manifestano con l'interruzione del tessuto murario;
- non perpendicolarità del fabbricato: perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli;
- penetrazione di umidità: comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua, umidità di risalita per capillarità.
- impiego di materiali non durevoli: impiego di materiali non durevoli durante le manutenzioni.

Controlli da parte di personale specializzato (tecnico esperto di impianti eolici):

- controllo generale della struttura: con cadenza annuale si opera l'ispezione visiva per il controllo dell'integrità delle opere verificando l'assenza di eventuali lesioni e/o fessurazioni, il controllo di eventuali smottamenti del terreno circostante alla struttura che possano essere indicatori di cedimenti strutturali, effettuazione verifiche e controlli approfonditi particolarmente in corrispondenza di manifestazioni a calamità naturali;
- controllo di deformazioni e/o spostamenti: con cadenza mensile si opera annuale si opera un controllo visivo specifico per rilevare eventuali deformazioni e/o spostamenti dell'elemento strutturale dovuti a cause esterne che ne alterano la normale configurazione;
- controllo dell'impiego di materiali a lunga durata: all'occorrenza si opera la verifica che durante le manutenzioni siano utilizzati idonei materiali a lunga durata.

Manutenzioni da parte di personale specializzato (tecnico esperto di impianti eolici):

- interventi sulle strutture: all'occorrenza, in seguito alla comparsa di segni di cedimenti strutturali (lesioni, fessurazioni, rotture), effettuare accurati accertamenti per la diagnosi e la verifica delle strutture, da parte di tecnici qualificati, che possano individuare la causa/effetto del dissesto ed evidenziare eventuali modificazioni strutturali tali da compromettere la stabilità delle strutture. Procedere quindi al consolidamento delle stesse a seconda del tipo di dissesto riscontrato.

6.3. STRADE DI PROGETTO

Le strade di progetto rappresentano parte delle infrastrutture della viabilità interna e permettono il movimento o la sosta dei mezzi di manutenzione e il movimento pedonale. Tutti gli elementi che ne fanno parte devono essere mantenuti periodicamente non solo per assicurare la normale circolazione di veicoli e pedoni ma soprattutto nel rispetto delle norme sulla sicurezza e la prevenzione di infortuni a mezzi e persone. Il progetto di impianto "Su Casteddu" prevede il riutilizzo in loco di parte delle terre da scavo provenienti dagli scavi per la realizzazione delle strade di progetto e delle aree di manovra e servizio.

6.3.1. CONFINE STRADALE

Nel caso in esame il confine stradale è costituito dal ciglio esterno del fosso di guardia o della cunetta, se presenti, oppure dal piede della scarpata se la strada è in rilevato o dal ciglio superiore della scarpata se la strada è in trincea.

Anomalie riscontrabili

- mancanza: mancanza di elementi o danneggiamenti della recinzione lungo strada, se presente.
- impiego di materiali non a lunga durata: Impiego di materiali non a lunga durata per manutenzione e ripristini.

Controlli da parte di personale specializzato (tecnico civile):

- controllo generale: con cadenza trimestrale si opera il controllo a vista dell'integrità degli elementi della recinzione, se presente lungo la strada;
- controllo dell'impiego di materiali a lunga durata: all'occorrenza, con cadenza bimensile si opera il controllo che nelle fasi manutentive degli elementi della recinzione lungo strada, se presente, siano utilizzati componenti caratterizzati da una durabilità elevata ovvero la verifica dell'idoneità del materiale utilizzato.

Manutenzioni da parte di personale specializzato (tecnico civile):

- ripristino: all'occorrenza, si opera il ripristino degli elementi della recinzione lungo strada, se presente.

6.3.2. CANALETTE

Sono opere di raccolta per lo smaltimento delle acque meteoriche. Possono essere in conglomerato cementizio e/o in materiale lapideo, talvolta complete di griglie di protezione. Trovano utilizzo ai bordi delle strade, lungo i sentieri, in prossimità dei piazzali di parcheggio, a servizio dei garage, in prossimità di aree industriali con normale traffico, ecc. Vanno poste in opera tenendo conto della massima pendenza delle scarpate stradali o delle pendici del terreno. Inoltre, va curata la costipazione del terreno di appoggio e il bloccaggio mediante tondini di acciaio fissi nel terreno. È importante effettuare la pulizia delle canalette periodicamente ed in particolar modo in prossimità di eventi meteo stagionali. Inoltre, i proprietari e gli utenti di canali artificiali in prossimità del confine stradale hanno l'obbligo di porre in essere tutte le misure di carattere tecnico idonee ad impedire

l'afflusso delle acque sulla sede stradale e ogni conseguente danno al corpo stradale e alle fasce di pertinenza.

Anomalie riscontrabili

- difetti di pendenza: consiste in una errata pendenza longitudinale o trasversale per difetti di esecuzione o per cause esterne;
- mancanza di deflusso delle acque meteoriche: la mancanza di deflusso o la difficoltà di deflusso delle acque meteoriche può essere causata da insufficiente pendenza del corpo canalette o dal deposito di detriti lungo il letto della canaletta;
- presenza di vegetazione caratterizzata dalla formazione di piante, licheni, muschi lungo le superfici stradali;
- rottura di parti degli elementi che costituiscono le opere;
- impiego di materiali non a lunga durata per manutenzione e ripristini.

Controlli da parte di personale specializzato (tecnico civile):

- controllo delle canalizzazioni: con cadenza trimestrale si opera il controllo a vista dello stato di usura e di pulizia delle canalizzazioni, dei collettori e degli altri elementi ispezionabili;
- controllo dell'impiego di materiali a lunga durata: all'occorrenza, con cadenza bimensile si opera il controllo che nelle fasi manutentive degli elementi della recinzione lungo strada, se presente, siano utilizzati componenti caratterizzati da una durabilità elevata ovvero la verifica dell'idoneità del materiale utilizzato.

Manutenzioni da parte di personale specializzato (tecnico civile):

- ripristino delle canalizzazioni: all'occorrenza a seguito di eventi meteo eccezionali (es. piogge battenti a carattere torrentizio) e comunque con cadenza semestrale si opera il ripristino delle canalizzazioni, con integrazione di parti mancanti ed altri elementi. Pulizia e rimozione di depositi, detriti e fogliame.

6.3.3. ARGINI, CIGLI STRADALI, SCARPATE

I cigli rappresentano delle fasce di raccordo destinati ad accogliere eventuali dispositivi di ritenuta o elementi di arredo.

Anomalie riscontrabili

- mancanza di parti del ciglio;
- smottamenti e frane: movimenti di smottamento o franosi dei pendii in prossimità delle scarpate;
- riduzione dell'altezza rispetto al piano della banchina per usura degli strati;
- impiego di materiali non a lunga durata per manutenzione e ripristini.

Controlli da parte di personale specializzato (tecnico civile):

- controllo generale: con cadenza trimestrale si opera il controllo a vista del corretto deflusso delle acque e delle pendenze oltre al controllo dell'assenza di rami, fogliame, detriti e vegetazione in generale che possono ostacolare il deflusso delle acque;
- controllo dell'impiego di materiali a lunga durata: all'occorrenza, si opera il controllo che nelle fasi manutentive degli elementi della recinzione lungo strada, se presente, siano utilizzati componenti caratterizzati da una durabilità elevata ovvero la verifica dell'idoneità del materiale utilizzato;
- controllo delle scarpate: con cadenza settimanale si opera il controllo a vista della tenuta e dell'assenza di erosione.

Manutenzioni da parte di personale specializzato (tecnico civile):

- sistemazione dei cigli e delle scarpate: all'occorrenza a seguito di eventi meteo eccezionali (es. piogge battenti a carattere torrentizio) e comunque con cadenza semestrale si opera la sistemazione e il raccordo delle banchine con le cunette con la ricostruzione del ciglio o dell'argine. Pulizia e rimozione di depositi, detriti e fogliame, taglio della vegetazione in eccesso, eventuale sistemazione delle aree erose e ripristino delle pendenze della scarpata.

6.3.4. DISPOSITIVI DI RITENUTA

Hanno la funzione di evitare la fuoriuscita dei veicoli dalla sede stradale e/o a ridurre i danni conseguenti. In fase di progettazione particolare attenzione va posta al loro dimensionamento, in modo da non essere facilmente valicabili dai veicoli leggeri o pesanti e adottando, se necessario per i diversi margini, misure maggiori di quelle richieste dalla norma. In particolare, su opere di scavalco (ponti, viadotti, sovrappassi, etc.) devono essere predisposti ai limiti esterni dispositivi di ritenuta e/o parapetti opportunamente dimensionati e comunque rispondenti alle normative del Codice della Strada e norme vigenti in materia.

Anomalie riscontrabili

- Mancanza di parti per caduta o perdita o altro degli elementi di ritenuta.
- Rottura di parti degli elementi del dispositivo di ritenuta per eventi accidentali o altro.
- Impiego di materiali non a lunga durata per manutenzione e ripristini della funzionalità.
- Difficoltà nelle operazioni di disassemblaggio dei vari componenti ed elementi interessati.

Controlli da parte di personale specializzato (tecnico civile):

- Controllo della funzionalità e dell'efficienza: con cadenza mensile si opera il controllo a vista della integrità e dei limiti di altezza di invalicabilità.
- Controllo dell'impiego di materiali a lunga durata: all'occorrenza, si opera il controllo che nelle fasi manutentive siano utilizzati componenti caratterizzati da una durabilità elevata ovvero la verifica dell'idoneità del materiale utilizzato.
- Controllo delle tecniche di disassemblaggio: all'occorrenza, si opera il controllo e la verifica che gli elementi ed i componenti costituenti siano caratterizzati da tecniche di agevole disassemblaggio.

Manutenzioni da parte di personale specializzato (tecnico civile):

- Ripristino: all'occorrenza a seguito di eventi accidentali, si opera il ripristino delle parti costituenti il dispositivo di ritenuta e l'adeguamento dell'altezza del limite di invalicabilità.

6.3.5. CUNETTE

La cunetta è un manufatto destinato allo smaltimento delle acque meteoriche o di drenaggio, se presente, realizzato longitudinalmente od anche trasversalmente all'andamento della strada.

Anomalie riscontrabili

- errata pendenza longitudinale o trasversale per difetti di esecuzione o per cause esterne;
- mancanza di deflusso delle acque meteoriche essere causata da insufficiente pendenza del corpo cunette o dal deposito di detriti lungo;
- presenza di vegetazione, caratterizzata dalla formazione di piante, licheni e muschi;
- rottura di parti degli elementi che costituiscono le opere;
- impiego di materiali non a lunga durata per manutenzione e ripristini.

Controlli da parte di personale specializzato (tecnico civile):

- controllo generale: con cadenza trimestrale si opera il controllo a vista dell'assenza di depositi di terriccio o foglie o vegetazione che possa impedire il normale deflusso delle acque meteoriche superficiali;
- controllo dell'impiego di materiali a lunga durata: all'occorrenza, con cadenza bimensile si opera il controllo che nelle fasi manutentive siano utilizzati componenti caratterizzati da una durabilità elevata ovvero la verifica dell'idoneità del materiale utilizzato.

Manutenzioni da parte di personale specializzato (tecnico civile):

- ripristino: all'occorrenza, a seguito di eventi meteo eccezionali, (es. piogge battenti a carattere torrentizio) e comunque con cadenza semestrale si opera il ripristino delle cunette, se danneggiate, con integrazione di parti mancanti relative alle canalette e ad altri elementi. Pulizia e rimozione di depositi, detriti e foglie. Sistemazione degli elementi accessori di evacuazione e scarico delle acque meteoriche.

6.4. OPERE DI SOSTEGNO E CONTENIMENTO

Sono l'insieme degli elementi strutturali murari aventi la funzione di sostenere i carichi derivanti da smottamenti o movimenti franosi del terreno; in fase d'opera dovranno garantire la stabilità in relazione al principio statico di funzionamento. In particolare, il coefficiente di spinta attiva assume valori che dipendono dalla geometria del paramento del muro e dei terreni retrostanti, nonché dalle caratteristiche meccaniche dei terreni e del contatto terra-muro. Gli stati limite ultimi delle opere di sostegno si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno interagente con le opere e al raggiungimento della resistenza degli elementi che compongono le opere stesse.

6.4.1. TECNICA DELLE TERRE ARMATE

Le terre rinforzate sono strutture di ingegneria naturalistica create per il consolidamento di scarpate anche di elevata inclinazione. La terra rinforzata o terra armata è la soluzione alternativa ai muri in calcestruzzo per il sostegno di opere stradali di contesto urbano e civile. Si utilizza questa tecnologia in sostituzione ai muri di calcestruzzo per rilevati stradali, barriere antirumore, valli paramassi, muri di sottoscarpa, opere di mascheramento e per la realizzazione di terrapieni. La realizzazione di opere di contenimento con la tecnica delle terre armate rappresenta la miglior soluzione con il minore impatto ambientale; è una tecnologia di semplice applicazione che necessita di minori lavorazioni rispetto ai classici muri. Le terre rinforzate sono molto elastiche in caso di sollecitazioni naturali del terreno, sono adatte in caso di zone potenzialmente soggette a smottamenti o fenomeni franosi, e offrono la possibilità di ripristino ambientale e un rapido rinverdimento. Per il Progetto di parco eolico "Su Casteddu" può essere previsto l'utilizzo della tecnica delle terre armate per le scarpate laterali delle tratte di strada in rilevato, o per particolari punti a forte dislivello. Si sottolinea comunque il riutilizzo in loco di terreno vegetale proveniente dallo scotico del primo strato di terreno vegetale a seguito degli scavi per la realizzazione delle fondazioni, delle aree di servizio e delle strade di progetto.

Anomalie riscontrabili

- Deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione dell'elemento.
- Fenomeni di schiacciamento della struttura di sostegno in seguito ad eventi straordinari (frane, smottamenti, ecc.) e/o in conseguenza di errori di progettazione strutturale.
- Mancanza di elementi integrati nelle strutture di contenimento (terreno vegetale, parti di rivestimenti, ecc.).
- Fenomeni di scorrimento della struttura di sostegno (scorrimento terra-muro; scorrimento tra sezioni contigue orizzontali interne) in seguito ad eventi straordinari (frane, smottamenti, etc.) e/o in conseguenza di errori di progettazione strutturale.
- Basso grado di riciclabilità: Utilizzo nelle fasi manutentive di materiali, elementi e componenti con un basso grado di riciclabilità.
- Impiego di materiali non durevoli durante le manutenzioni.

Controlli da parte di personale specializzato (tecnico civile):

- Controllo generale della struttura: con cadenza annuale si opera l'ispezione visiva per il controllo dell'integrità delle opere verificando l'assenza di eventuali lesioni e/o fessurazioni, il controllo di eventuali smottamenti del terreno circostante alla struttura che possano essere indicatori di cedimenti strutturali, effettuazione verifiche e controlli approfonditi particolarmente in corrispondenza di manifestazioni a calamità naturali (sisma, nubifragi, etc.).
- Controllo del grado di riciclabilità: all'occorrenza si opera la verifica che durante le manutenzioni siano utilizzati idonei materiali con un elevato grado di riciclabilità.
- Controllo dell'impiego di materiali a lunga durata: all'occorrenza si opera la verifica che durante le manutenzioni siano utilizzati idonei materiali a lunga durata.

Manutenzioni da parte di personale specializzato (ditta specializzata in opere civili):

- Interventi sulle strutture: all'occorrenza, in seguito alla comparsa di segni di cedimenti strutturali (lesioni, fessurazioni, rotture), effettuare accurati accertamenti per la diagnosi e la verifica delle strutture, da parte di tecnici qualificati, che possano individuare la causa/effetto del dissesto ed evidenziare eventuali modificazioni strutturali tali da compromettere la stabilità delle strutture, in particolare verificare la perpendicolarità del fabbricato. Procedere quindi al consolidamento delle stesse a seconda del tipo di dissesto riscontrato.

6.5. STRUTTURE PREFABBRICATE IN CALCESTRUZZO

Le strutture prefabbricate in cemento armato (c.a.), hanno la funzione di resistere alle azioni di varia natura agenti sulla parte di costruzione fuori terra, trasmettendole alle strutture di fondazione e quindi al terreno. Le strutture in c.a. permettono di realizzare una connessione rigida fra elementi, in funzione della continuità della sezione ottenuta con un getto monolitico. Le strutture dovranno essere in grado di contrastare le eventuali manifestazioni di deformazioni e cedimenti rilevanti dovuti all'azione di determinate sollecitazioni (carichi statici, dinamici ed accidentali, forze sismiche, ecc.), assicurando stabilità e resistenza. Per il progetto in esame è prevista la realizzazione della Sottostazione Elettrica Utente entro la quale sarà compresa una cabina prefabbricata di raccolta. La cabina di raccolta ospiterà un quadro MT che raccoglierà la linea a 30 KV proveniente dal campo e un trasformatore da 100 kVA per l'alimentazione dei servizi ausiliari della SSEU. Per questi dispositivi si prevedono le possibili anomalie, i controlli e la manutenzione già descritte nei precedenti paragrafi.

Anomalie riscontrabili

Sono le tipiche anomalie riscontrabili nelle pareti di qualsiasi struttura o edificio, quali:

- corrosione delle armature metalliche all'interno del calcestruzzo a causa della combinazione con sostanze presenti nell'ambiente;
- deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione dell'elemento;
- disgregazione e distacco di parti notevoli del materiale che possono manifestarsi anche mediante espulsione di elementi prefabbricati dalla loro sede;
- efflorescenze: formazione di sostanze, generalmente di colore biancastro e di aspetto cristallino o polverulento o filamentoso, sulla superficie del manufatto;
- erosione superficiale: asportazione di materiale dalla superficie dovuta a processi di natura diversa;
- esfoliazione: degradazione che si manifesta con distacco, spesso seguito da caduta, di uno o più strati superficiali subparalleli fra loro, generalmente causata dagli effetti del gelo;
- distacchi ed espulsione di parte del calcestruzzo (copriferro) e relativa esposizione dei ferri di armatura dovuta a fenomeni di corrosione delle armature metalliche per l'azione degli agenti atmosferici;
- fessurazioni: presenza di rotture singole, ramificate, ortogonali o parallele all'armatura che possono interessare l'intero spessore del manufatto dovute a fenomeni di ritiro del calcestruzzo e/o altri eventi;

- lesioni: si manifestano con l'interruzione delle superfici dell'elemento strutturale. Le caratteristiche, l'andamento, l'ampiezza ne caratterizzano l'importanza e il tipo;
- caduta e perdita di parti del materiale del manufatto;
- penetrazione di umidità: comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua;
- polverizzazione che si manifesta con la caduta spontanea dei materiali sotto forma di polvere o granuli;
- rigonfiamento: variazione della sagoma che interessa l'intero spessore del materiale e che si manifesta soprattutto in elementi lastriformi. Ben riconoscibile essendo dato dal tipico andamento "a bolla" combinato all'azione della gravità;
- scheggiature: distacco di piccole parti di materiale lungo i bordi e gli spigoli degli elementi in calcestruzzo;
- spalling: avviene attraverso lo schiacciamento e l'esplosione interna con il conseguente sfaldamento di inerti dovuto ad alte temperature nei calcestruzzi;
- impiego di materiali non a lunga durata: impiego di materiali non durevoli durante le manutenzioni.

Controlli da parte di personale specializzato (tecnico civile):

- controllo della presenza di fessurazioni: con cadenza annuale si opera un controllo visivo specifico e puntuale della presenza di eventuali fessurazioni per approfondire ed analizzare eventuali dissesti strutturali anche con l'ausilio di indagini strumentali;
- controllo di deformazioni e/o spostamenti: con cadenza mensile si opera un controllo visivo specifico per rilevare eventuali deformazioni e/o spostamenti dell'elemento strutturale dovuti a cause esterne che ne alterano la normale configurazione;
- controllo dell'impiego di materiali a lunga durata: all'occorrenza e durante le manutenzioni, si opera la verifica e controllo a vista dell'uso di componenti idonei ovvero di materiali a lunga durata.

Manutenzioni da parte di personale specializzato (ditta specializzata in opere civili):

- Interventi sulle strutture: gli interventi di riparazione dovranno effettuarsi a seconda del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.

6.6. RECINZIONE E CANCELLI

I cancelli e le recinzioni, compresi gli eventuali dispositivi complementari di movimentazione, devono avere doti di resistenza a manovre false o violente, ovvero a seguito di sollecitazioni derivanti da manovre errate e/o violente, devono conservare inalterate le proprie caratteristiche meccaniche e dimensionali, non evidenziando rotture, deterioramenti o deformazioni permanenti.

6.6.1. RECINZIONE IN ELEMENTI PREFABBRICATI

Le recinzioni previste hanno funzione di delimitare e chiudere le aree esterne di proprietà privata o di uso pubblico. Nel progetto in esame verranno impiegate recinzioni con rete metallica. È opportuno, prima di realizzare e/o intervenire sulle recinzioni, concordare con le aziende competenti

per la raccolta dei rifiuti solidi urbani, la realizzazione di appositi spazi, accessibili dalla via pubblica, da destinare all'alloggiamento dei cassonetti o comunque alle aree di deposito rifiuti. Il ripristino di recinzioni deteriorate va fatto attraverso interventi puntuali nel mantenimento della tipologia e nel rispetto di recinzioni adiacenti e prospicienti sulla stessa via. I controlli saranno mirati alla verifica del grado di integrità ed individuazione di anomalie.

Anomalie riscontrabili

- decolorazione: alterazione cromatica della vernice di protezione degli elementi e dei componenti;
- deposito superficiale: accumulo di pulviscolo atmosferico o di altri materiali estranei, di spessore variabile, poco coerente e poco aderente alla superficie del rivestimento;
- erosione superficiale: asportazione di materiale dalla superficie dovuta a processi ed eventi di diversa natura quali erosione per abrasione o erosione per corrasione (cause meccaniche), erosione per corrosione (cause chimiche e biologiche), erosione per usura (cause antropiche);
- perdita di materiale: mancanza di parti ed elementi dovuti a distacco a seguito di urti ed eventi accidentali;
- presenza di vegetazione caratterizzata dalla formazione di licheni, muschi e piante lungo le superfici;
- basso grado di riciclabilità: utilizzo nelle fasi manutentive di materiali, elementi e componenti con un basso grado di riciclabilità.

Controlli da parte di personale specializzato (tecnico civile):

- controllo degli elementi in vista: all'occorrenza e con cadenza triennale si opera il controllo del grado di finitura e di integrità degli elementi in vista e la ricerca di eventuali anomalie causa di usura o danneggiamenti a seguito di eventi accidentali;
- controllo del grado di riciclabilità: all'occorrenza si opera il controllo visivo e la verifica che siano impiegati materiali con un elevato grado di riciclabilità;

Manutenzioni da parte di personale specializzato (tecnico civile):

- sostituzione degli elementi usurati: all'occorrenza riparazione e/o sostituzione delle parti di recinzioni usurate e/o rotte, con altri analoghe e con le stesse caratteristiche.

6.6.2. CANCELLI A BATTENTE IN FERRO

I cancelli sono costituiti da insiemi di elementi mobili con funzione di apertura-chiusura e separazione di locali o aree e di controllo degli accessi legati al sistema edilizio e/o ad altri sistemi funzionali. I cancelli carrabili previsti saranno in materiale metallico.

Anomalie riscontrabili

- corrosione dei materiali metallici;
- deformazione: variazioni geometriche e morfologiche dei profili e degli elementi di tamponamento per fenomeni di ritiro quali imbarcamento, svergolamento, ondulazione;

- non ortogonalità: degrado, deformazione degli organi di apertura-chiusura a causa di processi di ossidazione delle parti metalliche e in particolare di quelle di manovra e/o rottura degli stessi con distacco dalle sedi originarie di maniglie, cerniere, aste, ed altri meccanismi;
- basso grado di riciclabilità: utilizzo nelle fasi manutentive di materiali, elementi e componenti con un basso grado di riciclabilità;
- difficoltà nelle operazioni di disassemblaggio dei vari componenti ed elementi interessati;
- deragliamento: variazioni geometriche e morfologiche dei profili e degli elementi di tamponamento per fenomeni di ritiro quali imbarcamento, svergolamento, ondulazione.

Controlli da parte di personale specializzato (tecnico civile):

- controllo degli elementi a vista: con cadenza annuale si opera il controllo visivo del grado di finitura e di integrità degli elementi in vista e la ricerca di eventuali anomalie (corrosione, bollature, perdita di elementi, ecc.) e/o causa di usura;
- controllo del grado di riciclabilità: all'occorrenza si opera il controllo visivo e verifica che siano impiegati materiali con un elevato grado di riciclabilità;
- controllo delle tecniche di disassemblaggio: all'occorrenza si opera la verifica che gli elementi ed i componenti costituenti siano caratterizzati da tecniche di agevole disassemblaggio.

Manutenzioni da parte di personale specializzato (tecnico civile):

- ripresa della protezione degli elementi: ogni sei anni si opera la ripresa delle protezioni e delle coloriture mediante rimozione dei vecchi strati, pulizia delle superfici ed applicazioni di prodotti idonei (anticorrosivi, protettivi) al tipo di materiale ed alle condizioni ambientali;
- sostituzione degli elementi usurati: all'occorrenza si opera la sostituzione degli elementi in vista e delle parti meccaniche e/o organi di manovra usurati e/o rotti con altri analoghi e con le stesse caratteristiche.