

**PROGETTO:** "NURRI IR" INTEGRALE RICOSTRUZIONE DEL PARCO EOLICO DI NURRI (SU)  
INTERVENTO DI REPOWERING CON SOSTITUZIONE DEGLI AEROGENERATORI  
ESISTENTI E RELATIVA RIDUZIONE DEL NUMERO DELLE MACCHINE

Elaborato: PIANO DI MANUTENZIONE:  
Manuale d'Uso

Codice Elaborato	Scala	Formato elaborato
NIR. REL09.a		

PROPONENTE



EDISON RINNOVABILI Spa  
Foro Buonaparte, 31  
20121 Milano MI

Timbro e firma

Timbro e firma

REDATTORE



Giuseppe Pili Ingegnere  
Studio d'Ingegneria  
Via Aosta, 1 - 08100 Nuoro - P. IVA 00880550918  
tel. 0784/230351  
pilitec@gmail.com - pec : francesco.pili@ingpec.eu

Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato
02					
01					
00	10/2023	Emissione per validazione	Giuseppe Pili		

**Comune di NURRI**  
Provincia del Sud Sardegna (SU)

**PIANO DI MANUTENZIONE**

**MANUALE D'USO**

(Articolo 38 del D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207)

**OGGETTO:** "NURRI IR" INTEGRALE RICOSTRUZIONE DEL PARCO EOLICO DI NURRI (SU) INTERVENTO DI REPOWERING CON SOSTITUZIONE DEGLI AEROGENERATORI ESISTENTI E RELATIVA RIDUZIONE DEL NUMERO DELLE MACCHINE

**COMMITTENTE:** EDISON RINNOVABILI SPA

NURRI, 09/10/2022

**IL TECNICO**  
ING. GIUSEPPE PILI

**Comune di:** NURRI  
**Provincia di:** Provincia del Sud Sardegna (SU)  
**Oggetto:** "NURRI IR" INTEGRALE RICOSTRUZIONE DEL PARCO EOLICO DI NURRI (SU) INTERVENTO DI REPOWERING CON SOSTITUZIONE DEGLI AEROGENERATORI ESISTENTI E RELATIVA RIDUZIONE DEL NUMERO DELLE MACCHINE

Il presente Piano di Manutenzione riguarda il **REPOWERING** di un parco eolico ubicato nel Comune di NURRI, nella provincia del Sud Sardegna (SU), di proprietà di EDISON RINNOVABILI SPA. La società proprietaria ha avviato tale progetto di ammodernamento con la volontà di operare una integrale ricostruzione del parco eolico esistente, composto da n.26 turbine da 850W ciascuna, con la messa in servizio di 14 aerogeneratori di ultima generazione per la creazione del nuovo parco eolico denominato "**NURRI I.R.**" della potenza in immissione di 90,0 MW.

### ***Elenco dei Corpi d'Opera:***

°01 PARCO EOLICO "NURRI I.R."

## Corpo d'Opera: 01

# PARCO EOLICO "NURRI I.R."

Il presente Piano di Manutenzione riguarda l'**integrale ricostruzione** di un parco eolico ubicato nel Comune di NURRI, nella provincia del Sud Sardegna (SU), di proprietà di EDISON RINNOVABILI SPA. La società proprietaria ha avviato tale progetto di ammodernamento con la volontà di sostituire le attuali 26 turbine eoliche da 850 W ciascuna, con 14 aerogeneratori di ultima generazione per la creazione del nuovo parco eolico denominato "**NURRI I.R.**" localizzata nella parte Sud orientale della regione Sardegna, in prossimità del centro abitato di Nurri.

Più precisamente trattasi del progetto di **Integrale Ricostruzione** di un parco esistente a NURRI (SU) mediante l'installazione di **14** aerogeneratori di ultima generazione ad asse orizzontale con potenza pari a **6,6 MW** ciascuno, per una potenza complessiva di **92,4 MW** e potenza limitata in immissione a **90,0 MW**, così come riportato nel STMG n°202101471 rilasciato da TERNA in data 22.12.2022. Gli aerogeneratori, denominati in ordine crescente da NIR01 a NIR14, ricadono tutti su terreni di privati, su un altipiano con quota media di circa 680 m s.l.m.

Gli aerogeneratori saranno montati su torri tubolari d'acciaio che avranno il mozzo del rotore a un'altezza di 125 metri dal piano di sistemazione, diametro delle pale di 150 metri e l'altezza massima dal suolo di ogni macchina (compresa la massima estensione da terra della terna di pale) pari a complessivi 200 metri, con un'area spazzata di 17'671 m<sup>2</sup>.

L'impianto sarà del tipo grid-connected e l'energia elettrica prodotta sarà riversata completamente in rete, salvo gli autoconsumi di centrale.

Per la realizzazione del parco sono previste le seguenti macro categorie di opere:

1. Adeguamento viabilità esistente e realizzazione di nuovi tratti viari per accesso alle posizioni degli aerogeneratori;
  2. Realizzazione fondazioni torri eoliche;
  3. Realizzazione piazzole di servizio agli aerogeneratori;
  4. Posa in opera delle turbine eoliche;
  5. Realizzazione linee elettriche di connessione delle turbine alla S.S.E. di TERNA.
- che sono esplicitate di seguito.

—

- 1) Gli interventi sulla viabilità saranno prevalentemente di adeguamento delle infrastrutture viarie esistenti e solo marginalmente (circa il 16%) si opererà realizzando nuovi tratti stradali. L'accesso al parco eolico, così come lo è attualmente, avverrà dalla SS189. Da qui inizierà la viabilità di servizio al parco eolico composta da un corpo stradale avente una carreggiata di 5,00 m e due banchine laterali di 0,50 m per una larghezza complessiva di 6,00 m. Il pacchetto stradale sarà composto da uno strato di fondazione di 40 cm e uno strato superiore di finitura da 20 cm in misto stabilizzato con materiali ecologici.
- 2) Le fondazioni delle torri eoliche saranno realizzate in cemento armato e saranno gettate in opera. Avranno forma tronco-conica con colletto centrale alto 50 cm nel quale troveranno sistemazione i tirafondi, collegati alla gabbia metallica, che permetteranno il collegamento della torre metallica delle turbine alla fondazione stessa. Lo scavo delle fondazioni verrà realizzato con mezzi pesanti di movimentazione terra, mentre il posizionamento dell'armatura in ferro avverrà ad opera di personale specializzato e con l'ausilio di gru o di mezzi di sollevamento in genere. Relativamente ai getti di calcestruzzo per la realizzazione del plinto, questi dovranno essere realizzati senza soluzione di continuità nel minor tempo possibile e comunque in maniera tale che si verifichi la condizione "bagnato su bagnato". Dopo la maturazione del calcestruzzo si provvederà al ricoprimento del plinto per poter realizzare la piazzola funzionale all'aerogeneratore.
- 3) Per le piazzole degli aerogeneratori sono previste due differenti configurazioni: una temporanea ed una permanente. A seguito del rinterro dei plinti si procederà con la realizzazione della piazzola vera e propria, rispettando la stratigrafia prevista e le pendenze necessarie affinché si possa procedere al corretto posizionamento delle varie gru indispensabili per il montaggio dei vari componenti degli aerogeneratori. Durante la fase di montaggio delle torri eoliche le varie piazzole avranno una configurazione tale da occupare un'area di circa **5500 m<sup>2</sup>** (piazzola temporanea), mentre in fase di esercizio assumeranno la configurazione minima che comporterà un'occupazione di suolo ridotta a circa **1850 m<sup>2</sup>** (piazzola permanente).
- 4) Il nuovo parco eolico sarà composto da 14 aerogeneratori di ultima generazione ad asse orizzontale di potenza pari a **6,6 MW** ciascuno, per una potenza di picco di **92,4 MW** ed una potenza in immissione di **90,0 MW**, nel rispetto della domanda di connessione e così come\_

riportato nella STMG n°202101471 rilasciata da TERNA in data 22.12.2022. Il rotore (*rotor*) del generatore sarà composto da tre pale ognuna di lunghezza pari a 73,65 metri. Nel complesso, il gruppo rotante ha un diametro di **150 metri**, e spazza un'area pari a 17'671 metri quadrati, con il mozzo del generatore collocato ad un'altezza di **125 metri** (*hub height*) dal piano finito della piazzola. L'altezza massima raggiunta da ogni generatore (*tip height*), inclusa l'altezza massima da terra delle pale, sarà di **200 metri**. Il primo concio della torre metallica sarà collegato alla fondazione mediante due file di tirafondi concentrici che permetteranno, una volta serrati, di creare il necessario vincolo tra fondazione e parte furi terra.

- 5) Le linee elettriche, realizzate con cavo unipolare, saranno interrate senza cavidotto ad una profondità minima di 1,10 m e comunque ad una profondità tale da garantire all'esterno dello scavo valori di induzione magnetica inferiori a quelli proposti dalla norma. Il loro andamento planimetrico seguirà quello della viabilità e collegherà le varie turbine alla S.S.E. di TERNA.

### ***Unità Tecnologiche:***

°01.01 Opere di fondazioni superficiali

°01.02 Sistemi eolici

°01.03 Strade

## Unità Tecnologica: 01.01

# Opere di fondazioni superficiali

Insieme degli elementi tecnici orizzontali del sistema costruttivo avente funzione di separazione della torre eolica dal terreno sottostante e trasmetterne ad esso il peso della struttura e delle altre forze esterne.

In particolare si definiscono fondazioni superficiali o fondazioni dirette quella classe di fondazioni realizzate a profondità ridotte rispetto al piano campagna ossia l'approfondimento del piano di posa non è elevato.

Prima di realizzare opere di fondazioni superficiali 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 in esame occorre particolare attenzione ai possibili inconvenienti derivanti dallo schiacciamento dei cavidotti necessari per l'impianto elettrico e di trasmissione dati.

Si dovrà prestare debita attenzione nella posa delle armature metalliche e della gabbia di fondazione con i tirafondi e al successivo getto di calcestruzzo che dovrà avvenire nel minor tempo possibile e senza soluzione di continuità in maniera tale che si verifichi la condizione "bagnato su bagnato".

### ***L'Unità Tecnologica è composta dai seguenti Elementi Manutenibili:***

°01.01.01 Plinti per torri eoliche

## Elemento Manutenibile: 01.01.01

# Plinti per torri eoliche

Unità Tecnologica: 01.01  
Opere di fondazioni superficiali

Sono fondazioni indicate per strutture in elevazione con telaio metallico indipendente, in particolare nel caso in cui il terreno resistente sia affiorante o comunque poco profondo e abbia una resistenza elevata che consente di ripartire su una superficie limitata il carico concentrato trasmesso dalla torre.

### ***Modalità di uso corretto:***

In zone sismiche i plinti potrebbero essere soggetti a spostamenti orizzontali relativi in caso di sisma. E' importante in fase di progettazione seguire attentamente le normative vigenti e le relative disposizioni in merito. L'utente dovrà soltanto accertarsi della comparsa di eventuali anomalie che possano anticipare l'insorgenza di fenomeni di dissesto e/o cedimenti strutturali.

## ***ANOMALIE RISCOINTRABILI***

### ***01.01.01.A01 Cedimenti***

Dissesti dovuti a cedimenti di natura e causa diverse, talvolta con manifestazioni dell'abbassamento del piano di imposta della fondazione.

### ***01.01.01.A02 Deformazioni e spostamenti***

Deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione dell'elemento.

### ***01.01.01.A03 Distacchi murari***

Distacchi dei paramenti murari mediante anche manifestazione di lesioni passanti.

### ***01.01.01.A04 Distacco***

Disgregazione e distacco di parti notevoli del materiale che può manifestarsi anche mediante espulsione di elementi prefabbricati dalla loro sede.

### ***01.01.01.A05 Esposizione dei ferri di armatura***

Distacchi di parte di calcestruzzo (copriferro) e relativa esposizione dei ferri di armatura a fenomeni di corrosione per l'azione degli agenti atmosferici.

### ***01.01.01.A06 Fessurazioni***

Degradazione che si manifesta con la formazione di soluzioni di continuità del materiale e che può implicare lo spostamento reciproco delle parti.

### ***01.01.01.A07 Lesioni***

Si manifestano con l'interruzione del tessuto murario. Le caratteristiche e l'andamento ne caratterizzano l'importanza e il tipo.

---

***01.01.01.A08 Non perpendicolarità della torre***

---

Non perpendicolarità della torre a causa di dissesti o eventi di natura diversa.

***01.01.01.A09 Penetrazione di umidità***

---

Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua.

***01.01.01.A10 Rigonfiamento***

---

Variazione della sagoma che interessa l'intero spessore del materiale e che si manifesta soprattutto in elementi lastriiformi. Ben riconoscibile essendo dato dal tipico andamento "a bolla" combinato all'azione della gravità.

***01.01.01.A11 Umidità***

---

Presenza di umidità dovuta spesso per risalita capillare.

## Unità Tecnologica: 01.02

# Sistemi eolici

L'eolico è una tecnologia in grado di trasformare l'energia cinetica del vento in energia elettrica. Il suo principio di funzionamento è tra i più antichi del mondo. Esistono tipologie molto variegata di aerogeneratori. Alcuni di piccola taglia, altri di dimensioni fino a 165 metri di altezza al mozzo e con potenze superiori ai 7 MW. Le stesse pale eoliche possono essere molto lunghe, oltre gli 85 metri. Il nome più corretto è quello di aerogeneratore. Una serie di aerogeneratori compone un impianto eolico o una Wind Farm.

Gli impianti si distinguono in:

- impianti isolati (pochi aerogeneratori);
- impianti in cluster ("Wind Farm") aerogeneratori collegati ad una rete locale;
- impianti combinati ed integrati.

Inoltre gli impianti possono essere classificati in:

- grande eolico: sono gli impianti in cui la produzione di energia elettrica è realizzata con l'utilizzo di generatori di altezza superiore ai 30 metri e con potenze fino ai 7 MW;
- piccolo eolico o mini eolico: sono gli impianti in cui la produzione di energia elettrica è realizzata con l'utilizzo di generatori di altezza inferiore a 30 metri e con potenze tra 300 W a 10 kW;
- micro eolico: sono gli impianti portatili, capaci di fornire meno di 1 kW a strutture come camper, cucine da campo, ospedali da campo; hub, server e router wireless per computer portatili; barche a vela, yacht, ecc..

### ***L'Unità Tecnologica è composta dai seguenti Elementi Manutenibili:***

°01.02.01 Anemometro

°01.02.02 Cavidotti interrati

°01.02.03 Conduttori di protezione

°01.02.04 Controller di carica

°01.02.05 Convertitore statico

°01.02.06 Dispositivi ausiliari

°01.02.07 Dispositivo generale

°01.02.08 Generatore

°01.02.09 Generatore asincrono doubly feed

°01.02.10 Moltiplicatore di giri

°01.02.11 Mozzo

°01.02.12 Navicella e sistema di imbardata

°01.02.13 Pale eoliche

°01.02.14 Quadro di comando e regolazione

°01.02.15 Rotore

°01.02.16 Scaricatori di sovratensione

°01.02.17 Sistema di controllo angolo di pitch

°01.02.18 Sistema di controllo di stallo

°01.02.19 Sistema di dispersione

°01.02.20 Sistema di equipotenzializzazione

°01.02.21 Sistema frenante

---

°01.02.22 Torri cilindriche in acciaio

---

## Elemento Manutenibile: 01.02.01

# Anemometro

Unità Tecnologica: 01.02

Sistemi eolici

L'anemometro è lo strumento necessario per monitorare la velocità e la direzione del vento nell'arco del tempo; tale monitoraggio risulta fondamentale per il corretto funzionamento del sistema eolico.

L'anemometro è dotato di sensori esterni per la misura della temperatura, dell'umidità, della quantità di pioggia; se vengono collegati tutti i sensori l'anemometro fornisce anche dati meteo completi come la temperatura, l'umidità e la pressione ecc.

Gli anemometri moderni sono costituiti da una consolle che è generalmente interfacciabile con un PC sul quale, mediante apposito software, è possibile archiviare e visualizzare i dati registrati.

### ***Modalità di uso corretto:***

La consolle deve essere posizionata in un ambiente chiuso (riparato dalla pioggia), e può funzionare sia a batterie che a rete.

I sensori devono essere posizionati ad una distanza massima di 100 metri dalla consolle per la temperatura e l'umidità e ad una distanza massima di 30 metri per i dati di direzione e velocità del vento e della quantità di pioggia.

Verificare la eventuale presenza di flussi esterni (sorgenti radio, ecc.) che possano disturbare la trasmissione dei dati dai sensori alla consolle.

Verificare la corretta posizione ed il corretto funzionamento dei sensori esterni in seguito ad eventi meteorici eccezionali (temporali, grandinate, ecc.).

## ***ANOMALIE RISCONTRABILI***

### ***01.02.01.A01 Anomalie sensore***

Difetti di funzionamento del sensore rotativo.

### ***01.02.01.A02 Anomalie sistema di trasmissione***

Difetti di funzionamento del sistema di trasmissione dati sensori-consolle.

## Elemento Manutenibile: 01.02.02

# Cavidotti interrati

Unità Tecnologica: 01.02

Sistemi eolici

L'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori deve essere trasportata alla rete principale attraverso una serie di cavidotti (di solito realizzati in cemento armato ed interrati) all'interno dei quali vengono stesi cavi elettrici del tipo ARG7H1 RX.

### ***Modalità di uso corretto:***

I carichi fissi e quelli mobili, i coefficienti per il calcolo dei momenti e delle spinte e l'angolo di appoggio devono essere determinati conformemente alle relative norme nazionali e conformemente ai regolamenti pertinenti o ai metodi riconosciuti e accettati nel luogo dove deve essere posto in opera il cavidotto. La sezione dei cavi deve essere dimensionata in modo da poter trasformare la massima potenza dell'energia prodotta dagli aerogeneratori con una caduta massima di tensione del 5%.

## ***ANOMALIE RISCOINTRABILI***

### ***01.02.02.A01 Corrosione armature***

Corrosione delle armature dei cavidotti con evidenti segni di decadimento delle stesse evidenziato con cambio di colore e presenza di ruggine in prossimità delle corrosioni.

### ***01.02.02.A02 Erosione***

Erosione del suolo all'esterno del cavidotto che è solitamente causata dall'infiltrazione di terra.

### ***01.02.02.A03 Penetrazione di radici***

Penetrazione all'interno dei condotti di radici vegetali che provocano intasamento del sistema.

## Elemento Manutenibile: 01.02.03

# Conduttori di protezione

Unità Tecnologica: 01.02

Sistemi eolici

La norma CEI 64-8/4 prescrive il collegamento al nodo di terra mediante il conduttore di protezione delle strutture metalliche dell'aerogeneratore quali la struttura metallica dei quadri, i convertitori, gli involucri dei componenti in tensione che non siano in doppio isolamento.

### ***Modalità di uso corretto:***

Le persone devono essere protette dai contatti indiretti così come prescritto dalla norma; pertanto le masse di tutte le apparecchiature devono essere collegate a terra mediante il conduttore di protezione.

Generalmente i conduttori di protezione vengono realizzati con un cavo di colore giallo-verde. L'utente deve controllare il serraggio dei bulloni e che gli elementi siano privi di fenomeni di corrosione.

## ***ANOMALIE RISCOINTRABILI***

### ***01.02.03.A01 Corrosione***

Evidenti segni di decadimento evidenziato da cambio di colore e presenza di ruggine in prossimità delle corrosioni.

### ***01.02.03.A02 Difetti di connessione***

Difetti di connessione delle masse con conseguente interruzione della continuità dei conduttori fino al nodo equipotenziale.

## Elemento Manutenibile: 01.02.04

# Controller di carica

Unità Tecnologica: 01.02

Sistemi eolici

Il controller di carica è un importante componente dei sistemi eolici che regola la tensione generata dal sistema per una corretta gestione delle batterie. Protegge le batterie in situazioni di carica eccessiva o insufficiente e ne garantisce la durata massima.

Infatti quando la batteria è già carica ed il vento soffia in maniera molto forte il controller devia il flusso della corrente sugli elementi che possano disperdere energia.

### ***Modalità di uso corretto:***

Il regolatore deve essere utilizzato esclusivamente per il tipo di batteria indicato sulla scheda interna del regolatore stesso; evitare, quindi, di utilizzare il regolatore per batterie diverse da quelle consentite, utilizzare cavi di sezione adeguata ed esporre in modo costante il regolatore all'irraggiamento.

In ogni caso l'installazione deve essere eseguita da personale tecnico specializzato.

Il regolatore utilizzato per i sistemi fotovoltaici non deve essere utilizzato nei sistemi eolici in quanto essi disconnettono il collegamento tra il generatore ed il carico consentendo al sistema di raggiungere il fuorigiri.

Deve essere verificata la capacità di carica (partendo da uno o più ingressi fotovoltaici) per non danneggiare le batterie alle quali sono collegati.

## ***ANOMALIE RISCONTRABILI***

### ***01.02.04.A01 Anomalie morsettiere***

Difetti di funzionamento delle morsettiere di serraggio dei cavi di alimentazione.

### ***01.02.04.A02 Anomalie sensore temperatura***

Difetti di funzionamento del sensore della temperatura.

### ***01.02.04.A03 Anomalie batteria***

Difetti di funzionamento della batteria del regolatore di carica.

### ***01.02.04.A04 Carica eccessiva***

La tensione applicata supera il limite della batteria dell'impianto.

### ***01.02.04.A05 Corti circuiti***

Corti circuiti dovuti all'utilizzo di cavi di sezione non adeguata.

### ***01.02.04.A06 Difetti spie di segnalazione***

Difetti di funzionamento del display di segnalazione.

---

### ***01.02.04.A07 Scarica eccessiva***

---

Si può verificare quando l'impianto fotovoltaico non riesce a fornire il quantitativo di corrente necessario a mantenere in carica le batterie provocandone il danneggiamento irreversibile.

## Elemento Manutenibile: 01.02.05

# Convertitore statico

Unità Tecnologica: 01.02

Sistemi eolici

Il convertitore statico (comunemente chiamato inverter) è un dispositivo elettronico che trasforma l'energia continua (prodotta dal generatore eolico) in energia alternata (monofase o trifase) che può essere utilizzata da un'utenza oppure essere immessa in rete.

I convertitori possono essere:

- convertitori c.c./c.a.: apparecchiature statiche o macchine rotanti usualmente impiegate per trasferire l'energia in c.c. sulla rete in c.a. Se reversibili, i convertitori c.c./c.a. consentono il trasferimento di potenza dalla corrente continua alla corrente alternata e viceversa;
- convertitori c.a./c.a.: apparecchiature statiche o rotanti capaci di convertire potenza elettrica da una frequenza ad un'altra. I convertitori statici c.a./c.a. reversibili consentono il trasferimento di potenza tra reti alternate a frequenza diversa.

Il dispositivo di conversione statica deve prevedere:

- la separazione metallica fra la rete pubblica in c.a. e la parte in c.c. del convertitore/protezione sensibile alla componente continua;
- un sistema di regolazione del fattore di potenza.

Il convertitore deve prevedere un dispositivo di separazione metallica tra la rete pubblica in c.a. e la parte in c.c. Tale prescrizione risulta valida anche quando il circuito in c.c. risulti interno al convertitore.

Come elemento separatore è utilizzabile un trasformatore di isolamento a bassa frequenza posto tra la rete pubblica e lato c.a. del convertitore.

### ***Modalità di uso corretto:***

E' opportuno che il convertitore sia dotato di:

- protezioni contro le sovratensioni di manovra e/o di origine atmosferica;
- protezioni per la sconnessione dalla rete in caso di valori fuori soglia della tensione e della frequenza;
- un dispositivo di reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.

Inoltre l'inverter deve limitare le emissioni in radio frequenza (RF) e quelle elettromagnetiche.

Tutte le eventuali operazioni, dopo aver tolto la tensione, devono essere effettuate da personale qualificato e dotato di idonei dispositivi di protezione individuali quali guanti e scarpe isolanti. Nelle vicinanze dell'inverter 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.

Indicare per ogni dispositivo di conversione statica presente in impianto:

- tipologia (raddrizzatore ca/cc, regolatore fattore di potenza, inverter cc/ca, convertitore di frequenza ca/ca, cicloconvertitore, ecc.);
- potenza nominale (espressa in kVA);
- marca (costruttore);
- modello;
- matricola;
- versione firmware;
- fattore di potenza nominale;
- tensione in c.a.;
- contributo alla corrente di corto circuito;
- componente continua della corrente immessa in rete;
- emissione armonica;
- descrizione eventuali dispositivi integrati (filtri, interfaccia rete, trasformatori di isolamento, ecc.).

---

## ***ANOMALIE RISCONTRABILI***

---

### ***01.02.05.A01 Anomalie dei fusibili***

Difetti di funzionamento dei fusibili.

### ***01.02.05.A02 Anomalie delle spie di segnalazione***

Difetti di funzionamento delle spie e delle lampade di segnalazione.

### ***01.02.05.A03 Difetti agli interruttori***

Difetti agli interruttori magnetotermici e differenziali dovuti all'eccessiva polvere presente all'interno delle connessioni o alla presenza di umidità ambientale o di condensa.

### ***01.02.05.A04 Emissioni elettromagnetiche***

Valori delle emissioni elettromagnetiche non controllate dall'inverter.

### ***01.02.05.A05 Infiltrazioni***

Fenomeni di infiltrazioni di acqua all'interno dell'alloggiamento dell'inverter.

### ***01.02.05.A06 Scariche atmosferiche***

Danneggiamenti del sistema di protezione dell'inverter dovuti agli effetti delle scariche atmosferiche.

### ***01.02.05.A07 Sovratensioni***

Valori della tensione e della frequenza elettrica superiore a quella ammessa dall'inverter per cui si verificano malfunzionamenti.

## Elemento Manutenibile: 01.02.06

# Dispositivi ausiliari

Unità Tecnologica: 01.02

Sistemi eolici

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, ivi compresi pompe e ventilatori. Sulla sommità della navicella sono installati anemometri e banderuole per il controllo della turbina, luci di segnalazione per gli aerei ed un'eventuale piattaforma di supporto per la discesa da elicottero (per l'accesso alle turbine off-shore). Per migliorare l'affidabilità dell'aerogeneratore vengono impiegati diversi sensori che monitorano lo stato dei vari componenti e segnalano eventuali malfunzionamenti che necessitano di operazioni di manutenzione. Ciò è particolarmente critico per gli impianti eolici in mare, ai quali non è facile accedere.

### ***Modalità di uso corretto:***

Non rimuovere la targhetta di identificazione dalla quale si devono evincere le informazioni tecniche necessarie per il servizio tecnico, la manutenzione e la successiva sostituzione dei pezzi. Data la presenza di tensioni molto pericolose permettere solo a elettricisti qualificati l'installazione, la manutenzione e la riparazione. I collegamenti e le caratteristiche di sicurezza devono essere eseguiti in conformità ai regolamenti nazionali in vigore.

## ***ANOMALIE RISCONTRABILI***

### ***01.02.06.A01 Anomalie sensore***

Difetti di funzionamento del sensore rotativo.

### ***01.02.06.A02 Anomalie sistema di trasmissione***

Difetti di funzionamento del sistema di trasmissione dati sensori-consolle.

### ***01.02.06.A03 Anomalie delle sonde termiche***

Difetti di funzionamento delle sonde termiche.

### ***01.02.06.A04 Anomalie dei termoregolatori***

Difetti di funzionamento dei termoregolatori.

### ***01.02.06.A05 Difetti di tenuta***

Perdita del fluido di raffreddamento.

### ***01.02.06.A06 Difetti di pressione***

Valori della pressione del fluido di raffreddamento inferiori a quella di esercizio.

## Elemento Manutenibile: 01.02.07

# Dispositivo generale

Unità Tecnologica: 01.02

Sistemi eolici

Il dispositivo generale è un dispositivo installato all'origine della rete del produttore immediatamente prima del punto di consegna ed in condizioni di aperto esclude l'intera rete del cliente produttore dalla rete pubblica. E' solitamente:

- un sezionatore quadripolare nelle reti trifase;
- un sezionatore bipolare nelle reti monofase.

### ***Modalità di uso corretto:***

Non rimuovere la targhetta di identificazione dalla quale si devono evincere le informazioni tecniche necessarie per il servizio tecnico, la manutenzione e la successiva sostituzione dei pezzi.

Data la presenza di tensioni molto pericolose permettere solo a elettricisti qualificati l'installazione, la manutenzione e la riparazione del sezionatore.

I collegamenti e le caratteristiche di sicurezza devono essere eseguiti in conformità ai regolamenti nazionali in vigore.

Installare il sezionatore in prossimità dell'inverter solare evitando di esporlo direttamente ai raggi solari. Nel caso debba essere installato all'esterno verificare il giusto grado di protezione che dovrebbe essere non inferiore a IP65.

Verificare la polarità di tutti i cavi prima del primo avvio: positivo connesso a positivo e negativo connesso a negativo.

Non usare mai il sezionatore ove vi sia rischio di esplosioni di gas o di polveri o dove vi siano materiali potenzialmente infiammabili.

Indicare per tale dispositivo le seguenti indicazioni:

- marca (costruttore);
- modello;
- tipo (contattore/commutatore, interruttore automatico, interruttore di manovra-sezionatore, fusibili);
- caratteristiche e dati di targa (CEI).

## ***ANOMALIE RISCONTRABILI***

### ***01.02.07.A01 Anomalie dei contatti ausiliari***

Difetti di funzionamento dei contatti ausiliari.

### ***01.02.07.A02 Anomalie delle molle***

Difetti di funzionamento delle molle.

### ***01.02.07.A03 Anomalie degli sganciatori***

Difetti di funzionamento degli sganciatori di apertura e chiusura.

### ***01.02.07.A04 Corto circuiti***

Corto circuiti dovuti a difetti nell'impianto di messa a terra, a sbalzi di tensione (sovraccarichi) o ad altro.

### ***01.02.07.A05 Difetti delle connessioni***

Difetti di serraggio delle connessioni in entrata ed in uscita dai sezionatori.

---

**01.02.07.A06 Difetti ai dispositivi di manovra**

---

Difetti agli interruttori dovuti all'eccessiva polvere presente all'interno delle connessioni o alla presenza di umidità ambientale o di condensa.

**01.02.07.A07 Difetti di taratura**

---

Difetti di taratura dei contattori, di collegamento o di taratura della protezione.

**01.02.07.A08 Surriscaldamento**

---

Surriscaldamento che può provocare difetti di protezione e di isolamento. Può essere dovuto da ossidazione delle masse metalliche.

## Elemento Manutenibile: 01.02.08

# Generatore

Unità Tecnologica: 01.02

Sistemi eolici

Per catturare l'energia del vento e trasformarla in energia elettrica si utilizzano macchine eoliche definite generatori eolici che possono essere classificate in due gruppi ben distinti in funzione del tipo di modulo base adoperato :

- generatori eolici ad asse verticale;
- generatori eolici ad asse orizzontale.

Un generatore eolico ad asse verticale (VAWT - Vertical Axis Wind Turbines) è formato da una ridotta quantità di parti mobili nella sua struttura; tale condizione conferisce al generatore un'alta resistenza alle forti raffiche di vento e la possibilità di sfruttare qualsiasi direzione del vento senza doversi riorientare continuamente. È una macchina molto versatile, adatta all'uso domestico come alla produzione centralizzata di energia elettrica nell'ordine di Gigawatt.

Un generatore eolico ad asse orizzontale (HAWT - Horizontal Axis Wind Turbines) è formato da un involucro (gondola) che contiene un generatore elettrico azionato da un rotore a pale lunghe circa 20 metri (solitamente 2 o 3).

Esso genera una potenza molto variabile: tipicamente 600 chilowatt che equivale al fabbisogno elettrico giornaliero di 500 famiglie o di 1000 case.

Il mulino a vento è un esempio storico di generatore ad asse orizzontale. Come i generatori ad asse verticale anche quelli ad asse orizzontale richiedono una velocità minima di 3-5 m/s ed erogano la potenza di progetto ad una velocità del vento di 12-14 m/s. Ad elevate velocità (20-25 m/s) l'aerogeneratore viene bloccato dal sistema frenante per ragioni di sicurezza.

### ***Modalità di uso corretto:***

La conformazione di un terreno influenza la velocità del vento che dipende oltre che dai parametri atmosferici anche dalla conformazione del terreno.

Più un terreno è rugoso, cioè presenta variazioni brusche di pendenza, boschi, edifici e montagne, più il vento incontrerà ostacoli che ridurranno la sua velocità.

Per definire la conformazione di un terreno sono state individuate quattro classi di rugosità:

- Classe di rugosità 0: suolo piatto come il mare, la spiaggia e le distese nevose;
- Classe di rugosità 1: suolo aperto come terreni non coltivati con vegetazione bassa e aeroporti;
- Classe di rugosità 2: aree agricole con rari edifici e pochi alberi;
- Classe di rugosità 3: suolo rugoso in cui vi sono molte variazioni di pendenza del terreno, boschi e paesi.

In generale la posizione ideale di un aerogeneratore è in un terreno appartenente ad una bassa classe di rugosità e che presenta una pendenza compresa tra i 6 e i 16 gradi.

Per ogni generatore presente nell' impianto devono risultare i seguenti parametri:

- tipologia (sincrono, asincrono non autoeccitato, asincrono autoeccitato ma non in parallelo con la rete ENEL, ecc.);
- marca (costruttore);
- modello;
- matricola;
- potenza nominale (espressa in kVA o in kW);
- fattore di potenza nominale;
- rendimento;
- potenza reattiva assorbita a vuoto;
- massima variazione transitoria della corrente immessa o prelevata;
- contributo alla corrente di corto circuito.

## ***ANOMALIE RISCONTRABILI***

### ***01.02.08.A01 Anomalie avvolgimenti***

Difetti di isolamento degli avvolgimenti.

***01.02.08.A02 Anomalie cuscinetti***

---

Difetti di funzionamento dei cuscinetti.

***01.02.08.A03 Rumorosità***

---

Eccessivo livello del rumore prodotto durante il funzionamento.

## Elemento Manutenibile: 01.02.09

# Generatore asincrono doubly feed

Unità Tecnologica: 01.02

Sistemi eolici

Il generatore asincrono doubly feed è il generatore asincrono ad avvolgimento ed è accoppiato ad un sistema di alimentazione del rotore che viene controllato da un convertitore del tipo bistadio. Con questo sistema è possibile regolare le grandezze elettriche del rotore in modo da ottenere il valore di scorrimento richiesto dal sistema (tale valore serve per controllare la velocità mediante la combinazione della coppia frenante che si combina con la coppia della turbina).

Questo tipo di generatore viene molto utilizzato nei sistemi eolici di grande taglia in quanto è possibile il funzionamento a giri variabili ma a velocità non eccessiva.

### ***Modalità di uso corretto:***

La conformazione di un terreno influenza la velocità del vento che non dipende solo dai parametri atmosferici. Più un terreno è rugoso, cioè presenta variazioni brusche di pendenza, boschi, edifici e montagne, più il vento incontrerà ostacoli che ridurranno la sua velocità.

Per definire la conformazione di un terreno sono state individuate quattro classi di rugosità:

- Classe di rugosità 0: suolo piatto come il mare, la spiaggia e le distese nevose;
- Classe di rugosità 1: suolo aperto come terreni non coltivati con vegetazione bassa e aeroporti;
- Classe di rugosità 2: aree agricole con rari edifici e pochi alberi;
- Classe di rugosità 3: suolo rugoso in cui vi sono molte variazioni di pendenza del terreno, boschi e paesi.

In generale la posizione ideale di un aerogeneratore è in un terreno appartenente ad una bassa classe di rugosità e che presenta una pendenza compresa tra i 6 e i 16 gradi.

Per ogni generatore presente nell' impianto devono risultare i seguenti parametri:

- tipologia (sincrono, asincrono non autoeccitato, asincrono autoeccitato ma non in parallelo con la rete ENEL, ecc.);
- marca (costruttore);
- modello;
- matricola;
- potenza nominale (espressa in kVA o in kW);
- fattore di potenza nominale;
- rendimento;
- potenza reattiva assorbita a vuoto;
- massima variazione transitoria della corrente immessa o prelevata;
- contributo alla corrente di corto circuito.

## ***ANOMALIE RISCONTRABILI***

### ***01.02.09.A01 Anomalie avvolgimenti***

Difetti di isolamento degli avvolgimenti.

### ***01.02.09.A02 Anomalie convertitore***

Difetti di funzionamento del convertitore elettronico di frequenza.

### ***01.02.09.A03 Anomalie cuscinetti***

Difetti di funzionamento dei cuscinetti.

---

**01.02.09.A04 Eccessivi valori di scorrimento**

---

Valori eccessivi dei parametri di scorrimento per cui si verificano malfunzionamenti.

**01.02.09.A05 Rumorosità**

---

Eccessivo livello del rumore prodotto durante il funzionamento.

## Elemento Manutenibile: 01.02.10

# Moltiplicatore di giri

Unità Tecnologica: 01.02

Sistemi eolici

Il moltiplicatore di giri serve per trasformare la rotazione lenta delle pale in una rotazione più veloce in grado di far funzionare il generatore di elettricità.

### ***Modalità di uso corretto:***

Evitare di aprire i dispositivi dei motori in caso di malfunzionamenti. Rivolgersi a personale specializzato e togliere l'alimentazione per evitare folgorazioni. Evitare inoltre di posizionare i motori in prossimità di possibili contatti con liquidi.

## ***ANOMALIE RISCOINTRABILI***

### ***01.02.10.A01 Anomalie del rotore***

Difetti di funzionamento del rotore.

### ***01.02.10.A02 Difetti di marcia***

Difetti nella marcia del motore per cui si verificano continui arresti e ripartenze.

### ***01.02.10.A03 Difetti di serraggio***

Difetti di tenuta dei serraggi dei vari bulloni.

### ***01.02.10.A04 Difetti dello statore***

Difetti di funzionamento dello statore.

### ***01.02.10.A05 Rumorosità***

Eccessivo livello del rumore prodotto durante il funzionamento.

## Elemento Manutenibile: 01.02.11

# Mozzo

Unità Tecnologica: 01.02

Sistemi eolici

Il mozzo in una turbina eolica è il componente che connette le pale all'albero principale trasmettendo ad esso la potenza estratta dal vento ed ingloba i meccanismi di regolazione dell'angolo di Pitch. Il mozzo è solitamente di acciaio o di ferro ed è protetto esternamente da un involucro di forma ovale chiamato ogiva. Ci sono tre tipi principali di mozzo:

- rigido;
- oscillante (teetering);
- per pale incernierate.

Il mozzo rigido ha la funzione di mantenere le principali parti che lo costituiscono in posizione fissa rispetto all'albero principale. L'angolo di Pitch delle pale può comunque essere variato, ma non è consentito alcun altro movimento. È di fatto il tipo più utilizzato nei rotori a tre o più pale. Il mozzo rigido deve possedere una robustezza tale da sopportare i carichi dinamici trasmessi dalle pale e dovuti alle operazioni d'imbardata.

Il mozzo oscillante (utilizzato in quasi tutte le turbine a due pale) è progettato per ridurre i carichi aerodinamici sbilanciati trasmessi all'albero tipici dei rotori bipala, consentendo al rotore di oscillare di alcuni gradi rispetto alla direzione perpendicolare all'asse di rotazione dell'albero principale.

Il mozzo oscillante è stato principalmente abbinato a turbine con angolo di Pitch fisso, ma può anche essere utilizzato su turbine ad angolo variabile.

Il mozzo per pale incernierate è un mozzo rigido con vincoli a cerniera per le pale ed utilizzato dalle turbine sottovento per ridurre i carichi eccessivi durante i forti venti.

### ***Modalità di uso corretto:***

Le pale devono esser ben bilanciate per evitare fenomeni di vibrazione e di eccessiva fatica dei materiali. Un numero elevato di pale è in grado di fornire una coppia maggiore al generatore ma la velocità raggiungibile dal rotore potrebbe essere insufficiente per generare il voltaggio necessario.

## ***ANOMALIE RISCONTRABILI***

### ***01.02.11.A01 Anomalie mozzo***

Difetti di tenute dell'attacco mozzo-pale.

### ***01.02.11.A02 Anomalie cuscinetti***

Difetti di funzionamento dei cuscinetti delle pale.

### ***01.02.11.A03 Anomalie pale***

Deformazioni e/o imbarcamenti delle pale per cui si verificano malfunzionamenti.

### ***01.02.11.A04 Difetti sistema bloccaggio***

Difetti di funzionamento del sistema di bloccaggio del rotore.

### ***01.02.11.A05 Vibrazioni***

---

Difetti di serraggio delle pale al mozzo per cui si verificano fenomeni di vibrazioni.

## Elemento Manutenibile: 01.02.12

# Navicella e sistema di imbardata

Unità Tecnologica: 01.02

Sistemi eolici

La navicella è una cabina realizzata in struttura metallica sulla quale è saldato il generatore e il rivestimento della cabina (quest'ultimo realizzato in materiale plastico rinforzato con fibre di vetro); all'interno della cabina sono ubicati tutti i componenti di un aerogeneratore ad eccezione, naturalmente, del rotore e del mozzo. La navicella è posizionata sulla cima della torre e può girare di 180° sul proprio asse. 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, mentre nei piccoli aerogeneratori è sufficiente l'impiego di una pinna direzionale. Nel sistema di imbardata un sensore, la banderuola, indica lo scostamento dell'asse della direzione del vento e aziona un motore che riallinea la navicella.

### ***Modalità di uso corretto:***

La navicella degli aerogeneratori di media e grossa taglia risulta quasi sempre spaziosa per le attività di manutenzione; non forzare o manomettere i dispositivi senza le necessarie conoscenze sul loro funzionamento.

## ***ANOMALIE RISCONTRABILI***

### ***01.02.12.A01 Anomalie pinna di direzione***

Difetti di funzionamento della pinna direzionale.

### ***01.02.12.A02 Anomalie sistema di imbardata***

Difetti di funzionamento del sistema di imbardata per cui si verificano disallineamenti delle pale.

### ***01.02.12.A03 Corrosione***

Fenomeni di corrosione della struttura metallica della navicella.

### ***01.02.12.A04 Difetti di movimento***

Difetti di rotazione della navicella

## Elemento Manutenibile: 01.02.13

# Pale eoliche

Unità Tecnologica: 01.02

Sistemi eolici

Le pale eoliche ad asse orizzontale sono costituite da due o tre pale solidali incernierate su di un asse parallelo alla direzione del vento. All'asse è collegato un generatore eolico di energia elettrica (dinamo od alternatore) ed il tutto, inscatolato in una apposita gondola, per la protezione dagli agenti atmosferici, è montato su una torre metallica di opportuna altezza.

Le pale eoliche hanno un opportuno profilo aerodinamico e talvolta la loro inclinazione varia con la direzione e velocità del vento.

Le pale eoliche ad asse verticale, costituite da un rotore con asse perpendicolare alla direzione del vento, hanno il vantaggio di poter sfruttare il vento proveniente da qualsiasi direzione e quindi essendo in continuo movimento offrono un rendimento più elevato. Sono impianti più versatili, adatti alla produzione di piccole e grandi quantità di energia, e pertanto sono quelli che oggi incontrano più favore.

Le pale possono essere realizzate in fibre di carbonio, in poliestere rinforzato con fibre di vetro.

### ***Modalità di uso corretto:***

Per sfruttare al meglio l'energia del vento le pale eoliche devono essere installate su terreni privi di ostacoli; quindi oltre ai parametri atmosferici bisogna considerare anche la conformazione del terreno nella scelta del tipo di aerogeneratore da installare.

Più un terreno è rugoso, cioè presenta variazioni brusche di pendenza, boschi, edifici e montagne, più il vento incontrerà ostacoli che ridurranno la sua velocità.

Sulle estremità delle pale (o sull'estremità superiore del pilone di sostegno) deve essere realizzato un disegno a strisce di colore rosso secondo quanto disposto dalla normativa di sicurezza aeronautica.

## ***ANOMALIE RISCONTRABILI***

### ***01.02.13.A01 Anomalie pale***

Difetti di conformazione delle pale dovuti ad eventi meteorici eccezionali.

### ***01.02.13.A02 Difetti di funzionamento***

Difetti di funzionamento delle pale.

### ***01.02.13.A03 Disallineamento***

Non perfetto allineamento delle pale per cui si verificano malfunzionamenti.

### ***01.02.13.A04 Rumorosità***

Eccessivo livello del rumore prodotto durante il normale funzionamento.

## Elemento Manutenibile: 01.02.14

# Quadro di comando e regolazione

Unità Tecnologica: 01.02

Sistemi eolici

Nel quadro di comando e regolazione degli impianti ad energia eolica (connessi ad una rete elettrica) avviene la distribuzione dell'energia. In caso di consumi elevati o in assenza di alimentazione da parte degli aerogeneratori la corrente viene prelevata dalla rete pubblica. In caso contrario l'energia fotovoltaica eccedente viene di nuovo immessa in rete.

I quadri elettrici dedicati agli impianti ad energia eolica possono essere: quadro di campo e quadro di interfaccia rete. Le strutture più elementari sono centralini da incasso, in materiale termoplastico autoestinguente, con indice di protezione IP40, fori asolati e guida per l'assemblaggio degli interruttori e delle morsette e devono essere del tipo stagno in materiale termoplastico con grado di protezione non inferiore a IP65.

### ***Modalità di uso corretto:***

Tutte le eventuali operazioni, dopo aver tolto la tensione, 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***

### ***01.02.14.A01 Anomalie dei contattori***

Difetti di funzionamento dei contattori.

### ***01.02.14.A02 Anomalie dei fusibili***

Difetti di funzionamento dei fusibili.

### ***01.02.14.A03 Anomalie dei magnetotermici***

Difetti di funzionamento degli interruttori magnetotermici.

### ***01.02.14.A04 Anomalie dei relè***

Difetti di funzionamento dei relè termici.

### ***01.02.14.A05 Anomalie delle spie di segnalazione***

Difetti di funzionamento delle spie e delle lampade di segnalazione.

### ***01.02.14.A06 Depositi di materiale***

Accumulo di polvere sui contatti che provoca malfunzionamenti.

### ***01.02.14.A07 Difetti agli interruttori***

---

Difetti agli interruttori magnetotermici e differenziali dovuti all'eccessiva polvere presente all'interno delle connessioni o alla presenza di umidità ambientale o di condensa.

#### ***01.02.14.A08 Difetti di taratura***

---

Difetti di taratura dei contattori, di collegamento o di taratura della protezione.

#### ***01.02.14.A09 Difetti di tenuta serraggi***

---

Difetti di tenuta dei bulloni e dei morsetti.

#### ***01.02.14.A10 Surriscaldamento***

---

Surriscaldamento che può provocare difetti di protezione e di isolamento. Può essere dovuto a ossidazione delle masse metalliche.

## Elemento Manutenibile: 01.02.15

# Rotore

Unità Tecnologica: 01.02

Sistemi eolici

Il rotore è costituito da un mozzo su cui sono fissate le pale realizzate generalmente in fibra di vetro.

I rotori a due pale sono meno costosi e girano a velocità più elevate; hanno lo svantaggio di essere più rumorosi e vibrano di più di quelli a tre pale.

Possono essere realizzati anche rotori con una sola pala che viene equilibrata da un contrappeso.

Ci sono anche rotori con numerose pale, di solito 24, che vengono impiegati per l'azionamento diretto di macchine come le pompe.

Sono stati messi a punto dei rotori con pale "mobili". Variando l'inclinazione delle pale al variare della velocità del vento è possibile mantenere costante la quantità di elettricità prodotta dall'aerogeneratore.

### ***Modalità di uso corretto:***

Le pale devono essere ben bilanciate per evitare fenomeni di vibrazione e di eccessiva fatica dei materiali.

Un numero elevato di pale è in grado di fornire una coppia maggiore al generatore ma la velocità raggiungibile dal rotore potrebbe essere insufficiente per generare il voltaggio necessario.

## ***ANOMALIE RISCONTRABILI***

### ***01.02.15.A01 Anomalie mozzo***

Difetti di tenute dell'attacco mozzo-pale.

### ***01.02.15.A02 Anomalie cuscinetti***

Difetti di funzionamento dei cuscinetti delle pale.

### ***01.02.15.A03 Anomalie pale***

Deformazioni e/o imbarcamenti delle pale per cui si verificano malfunzionamenti.

### ***01.02.15.A04 Difetti sistema bloccaggio***

Difetti di funzionamento del sistema di bloccaggio del rotore.

### ***01.02.15.A05 Vibrazioni***

Difetti di serraggio delle pale al mozzo per cui si verificano fenomeni di vibrazioni.

## Elemento Manutenibile: 01.02.16

# Scaricatori di sovratensione

Unità Tecnologica: 01.02

Sistemi eolici

Quando in un impianto elettrico la differenza di potenziale fra le varie fasi o fra 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.

A fronte di questi inconvenienti, è buona regola scegliere dispositivi idonei che assicurano la protezione degli impianti elettrici; questi dispositivi sono denominati scaricatori di sovratensione.

Generalmente gli scaricatori di sovratensione sono del tipo estraibili; sono progettati per scaricare a terra le correnti e sono costituiti da una cartuccia contenente un varistore la cui vita dipende dal numero di scariche e dall'intensità di corrente di scarica che fluisce nella cartuccia.

### ***Modalità di uso corretto:***

L'efficienza dello scaricatore viene segnalata sul fronte dell'apparecchio da una bandierina colorata: verde indica l'efficienza del dispositivo, rosso la sua sostituzione; è dotato di un contatto elettrico utilizzato per riportare a distanza la segnalazione di fine vita della cartuccia.

Lo scaricatore di sovratensione va scelto rispetto al tipo di sistema; infatti nei sistemi TT l'apparecchio va collegato tra fase e neutro e sul conduttore di terra con le opportune protezioni mentre nei sistemi IT e TN trifasi il collegamento dello scaricatore avviene sulle tre fasi.

## ***ANOMALIE RISCONTRABILI***

### ***01.02.16.A01 Anomalie dei contatti ausiliari***

Difetti di funzionamento dei contatti ausiliari.

### ***01.02.16.A02 Anomalie delle molle***

Difetti di funzionamento delle molle.

### ***01.02.16.A03 Anomalie degli sganciatori***

Difetti di funzionamento degli sganciatori di apertura e chiusura.

### ***01.02.16.A04 Difetti agli interruttori***

Difetti agli interruttori magnetotermici e differenziali dovuti all'eccessiva polvere presente all'interno delle connessioni o alla presenza di umidità ambientale o di condensa.

### ***01.02.16.A05 Difetti varistore***

Esaurimento del varistore delle cartucce dello scaricatore.

### ***01.02.16.A06 Difetti spie di segnalazione***

Difetti delle spie luminose indicatrici del funzionamento.

## Elemento Manutenibile: 01.02.17

# Sistema di controllo angolo di pitch

Unità Tecnologica: 01.02

Sistemi eolici

Il sistema di controllo dell'angolo di Pitch interviene quando la velocità del vento diventa eccessiva; tale sistema aumentando l'angolo di pitch ferma il rotore fino alla "messa in bandiera" (il carico aerodinamico sulle pale viene in tal modo ridotto al minimo).

Al crescere della velocità del vento, si può ridurre l'angolo di Pitch anziché aumentarlo allo scopo di causare intenzionalmente lo stallo e in modo da ridurre la potenza per metterle in bandiera. Alle alte velocità del vento il valor medio della potenza estratta è mantenuto prossimo al valore della potenza nominale del generatore. Quando la velocità del vento si mantiene al di sotto della potenza nominale l'angolo di Pitch è generalmente mantenuto fisso per limitare l'usura del meccanismo di regolazione (in queste condizioni si riduce l'efficienza della turbina ma migliora l'affidabilità complessiva del sistema).

### ***Modalità di uso corretto:***

Le pale devono essere ben bilanciate per evitare fenomeni di vibrazione e di eccessiva fatica dei materiali. Un numero elevato di pale è in grado di fornire una coppia maggiore al generatore ma la velocità raggiungibile dal rotore potrebbe essere insufficiente per generare il voltaggio necessario.

## ***ANOMALIE RISCONTRABILI***

### ***01.02.17.A01 Difetti ai leverismi***

Difetti di funzionamento dei dispositivi di leverismi.

### ***01.02.17.A02 Difetti di taratura***

Difetti di taratura del sistema di regolazione e controllo del dispositivo frenante.

### ***01.02.17.A03 Difetti di tenuta***

Difetti di tenuta del sistema idraulico con conseguente abbassamento del livello della pressione di esercizio.

### ***01.02.17.A04 Instabilità***

Fenomeni di instabilità per eccessiva velocità.

### ***01.02.17.A05 Vibrazioni***

Fenomeni di vibrazione per eccessiva velocità delle pale.

## Elemento Manutenibile: 01.02.18

# Sistema di controllo di stallo

Unità Tecnologica: 01.02

Sistemi eolici

In una turbina eolica che ruota a velocità costante, al crescere della velocità del vento incidente, aumenta l'angolo di attacco delle pale. Oltre una certa velocità il flusso d'aria inizia a distaccarsi dalla superficie esterna delle pale, creando il cosiddetto fenomeno dello stallo. Tale fenomeno si presenta inizialmente in prossimità del mozzo e progredisce verso l'estremità della pala all'aumentare della velocità del vento, fornendo un meccanismo automatico passivo di regolazione della potenza.

### ***Modalità di uso corretto:***

Le pale devono essere ben bilanciate per evitare fenomeni di vibrazione e di eccessiva fatica dei materiali. Un numero elevato di pale è in grado di fornire una coppia maggiore al generatore ma la velocità raggiungibile dal rotore potrebbe essere insufficiente per generare il voltaggio necessario.

## ***ANOMALIE RISCOINTRABILI***

### ***01.02.18.A01 Difetti ai leverismi***

Difetti di funzionamento dei dispositivi di leverismi.

### ***01.02.18.A02 Difetti di taratura***

Difetti di taratura del sistema di regolazione e controllo del dispositivo frenante.

### ***01.02.18.A03 Difetti di tenuta***

Difetti di tenuta del sistema idraulico con conseguente abbassamento del livello della pressione di esercizio.

### ***01.02.18.A04 Instabilità***

Fenomeni di instabilità per eccessiva velocità.

### ***01.02.18.A05 Vibrazioni***

Fenomeni di vibrazione per eccessiva velocità delle pale.

## Elemento Manutenibile: 01.02.19

# Sistema di dispersione

Unità Tecnologica: 01.02

Sistemi eolici

Il sistema di dispersione è l'insieme dei corpi metallici in contatto elettrico con il terreno utilizzati per disperdere correnti elettriche.

Possono essere del tipo "intenzionale" o "di fatto".

Il sistema di dispersione intenzionale è installato unicamente con lo scopo di mettere a terra gli impianti elettrici mentre il dispersore di fatto è un corpo metallico in contatto diretto con il terreno (ad es. i ferri di armatura delle fondazioni degli aerogeneratori).

### ***Modalità di uso corretto:***

Gli ancoraggi tra la struttura e gli organi di captazione devono essere fatti con brasatura forte, saldatura, bullonatura o con morsetti; in ogni caso occorre garantire superfici minime di contatto di 200 mm quadrati.

## ***ANOMALIE RISCOINTRABILI***

### ***01.02.19.A01 Corrosioni***

Corrosione del materiale costituente il sistema di dispersione. Evidenti segni di decadimento evidenziato da cambio di colore e presenza di ruggine in prossimità delle corrosioni.

## Elemento Manutenibile: 01.02.20

# Sistema di equipotenzializzazione

Unità Tecnologica: 01.02

Sistemi eolici

I conduttori equipotenziali sono gli elementi che collegano le masse alle masse estranee e queste ultime tra di loro allo scopo di garantire l'equipotenzialità; i conduttori equipotenziali principali collegano al morsetto principale di terra le masse estranee.

### ***Modalità di uso corretto:***

I conduttori equipotenziali sono dimensionati in relazione alla sezione del conduttore di fase facendo riferimento alla linea di maggior sezione.

Generalmente questi conduttori vengono realizzati con un cavo di colore giallo-verde. L'utente deve controllare il serraggio dei bulloni e che gli elementi siano privi di fenomeni di corrosione.

## ***ANOMALIE RISCOINTRABILI***

### ***01.02.20.A01 Corrosione***

Evidenti segni di decadimento evidenziato da cambio di colore e presenza di ruggine in prossimità delle corrosioni.

### ***01.02.20.A02 Difetti di serraggio***

Difetti di serraggio dei bulloni del sistema di equipotenzializzazione.

## Elemento Manutenibile: 01.02.21

# Sistema frenante

Unità Tecnologica: 01.02

Sistemi eolici

Il sistema frenante è un dispositivo di sicurezza che serve a bloccare l'aerogeneratore in caso di vento eccessivo; è generalmente costituito da due sistemi indipendenti di arresto delle pale:

- sistema di frenaggio aerodinamico;
- sistema di frenaggio meccanico.

Il sistema aerodinamico viene utilizzato per controllare la potenza dell'aerogeneratore, come freno di emergenza in caso di sovravelocità del vento e per arrestare il rotore.

Il sistema meccanico viene utilizzato per completare l'arresto del rotore e come freno di stazionamento.

### ***Modalità di uso corretto:***

Evitare di aprire i dispositivi in caso di malfunzionamenti. Rivolgersi a personale specializzato e togliere l'alimentazione per evitare folgorazioni. Evitare inoltre di posizionare i dispositivi in prossimità di possibili contatti con liquidi.

## ***ANOMALIE RISCONTRABILI***

### ***01.02.21.A01 Anomalie disco***

Difetti di funzionamento del freno a disco del sistema idraulico.

### ***01.02.21.A02 Anomalie pinze***

Difetti di funzionamento delle pinze del sistema meccanico.

### ***01.02.21.A03 Difetti ai leverismi***

Difetti di funzionamento dei dispositivi di leverismi che azionano il paracadute.

### ***01.02.21.A04 Difetti di serraggio***

Difetti di serraggio del limitatore al paracadute.

### ***01.02.21.A05 Difetti di taratura***

Difetti di taratura del sistema di regolazione e controllo del dispositivo frenante.

### ***01.02.21.A06 Difetti di tenuta***

Difetti di tenuta del sistema idraulico con conseguente abbassamento del livello della pressione di esercizio.

## Elemento Manutenibile: 01.02.22

# Torri cilindriche in acciaio

Unità Tecnologica: 01.02

Sistemi eolici

La torre è la parte più grande e più pesante dell'aerogeneratore; infatti la sua altezza va da 1 a 1,8 volte il diametro del rotore e viene determinata in base ad alcuni criteri:

- nei siti con alta turbolenza devono essere utilizzate torri alte per assicurare un'alta resa e un basso sforzo sulle macchine;
- le turbolenze diminuiscono con l'altezza dal suolo e di conseguenza aumenta la velocità.

### ***Modalità di uso corretto:***

Le torri di sostegno degli aerogeneratori devono essere in grado di resistere ad eventuali carichi e a particolari condizioni climatiche quali neve, vento, fenomeni sismici senza provocare danni a persone o cose e devono garantire la salvaguardia dell'intero apparato. In seguito ad eventi meteorici eccezionali (nubifragi, temporali, grandinate, nevicate, ecc.) verificare la tenuta dei sistemi di fissaggio e di ancoraggio al suolo.

## ***ANOMALIE RISCOINTRABILI***

### ***01.02.22.A01 Corrosione***

Fenomeni di corrosione degli elementi metallici costituenti la struttura dei telai di sostegno.

### ***01.02.22.A02 Decolorazione***

Alterazione cromatica della superficie.

### ***01.02.22.A03 Deformazione***

Cambiamento della forma iniziale con imbarcamento degli elementi e relativa irregolarità della sovrapposizione degli stessi.

### ***01.02.22.A04 Difetti di montaggio***

Difetti nella posa in opera degli elementi (difetti di raccordo, di giunzione, di assemblaggio).

### ***01.02.22.A05 Difetti di serraggio***

Difetti di serraggio degli elementi di sostegno ed i relativi collettori.

### ***01.02.22.A06 Fessurazioni, microfessurazioni***

Incrinature localizzate interessanti lo spessore degli elementi.

### ***01.02.22.A07 Patina biologica***

Strato sottile, morbido e omogeneo, aderente alla superficie e di evidente natura biologica, di colore variabile, per lo più verde. La patina biologica è costituita prevalentemente da microrganismi cui possono aderire polvere, terriccio.

## Unità Tecnologica: 01.03

# Strade

Le strade rappresentano parte delle infrastrutture della viabilità che permettono il movimento o la sosta veicolare e il movimento pedonale. La classificazione e la distinzione delle strade viene fatta in base alla loro natura ed alle loro caratteristiche:

- autostrade;
- strade extraurbane principali;
- strade extraurbane secondarie;
- strade urbane di scorrimento;
- strade urbane di quartiere;
- strade locali.

Da un punto di vista delle caratteristiche degli elementi della sezione stradale si possono individuare: la carreggiata, la banchina, il margine centrale, i cigli, le cunette, le scarpate e le piazzole di sosta. Le strade e tutti gli elementi che ne fanno parte vanno 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.

Nel progetto in esame si parte da una rete di strade statali (extraurbane secondarie) e ci si inoltra all'interno del parco eolico mediante strade locali che, caso per caso, saranno adeguate o aperte ex-novo.

La viabilità sarà del tipo a carreggiata singola con larghezza di 5,00 m e due banchine laterali da 0.50 m per una larghezza totale di 6,00 m.

### ***L'Unità Tecnologica è composta dai seguenti Elementi Manutenibili:***

°01.03.01 Banchina

°01.03.02 Carreggiata

°01.03.03 Pavimentazione stradale in macadam

°01.03.04 Piazzole di sosta

°01.03.05 Scarpate

## Elemento Manutenibile: 01.03.01

# Banchina

Unità Tecnologica: 01.03

Strade

È una parte della strada, libera da qualsiasi ostacolo (segnaletica verticale, delineatori di margine, dispositivi di ritenuta), compresa tra il margine della carreggiata e il più vicino tra i seguenti elementi longitudinali: marciapiede, spartitraffico, arginello, ciglio interno della cunetta e ciglio superiore della scarpata nei rilevati.

### ***Modalità di uso corretto:***

Controllare periodicamente l'integrità delle superfici del rivestimento attraverso valutazioni visive mirate a riscontrare anomalie evidenti. Rinnovare periodicamente gli strati delle pavimentazioni avendo cura delle caratteristiche geometriche e morfologiche delle strade. Comunque affinché tali controlli risultino efficaci affidarsi a personale tecnico con esperienza.

## ***ANOMALIE RISCONTRABILI***

### ***01.03.01.A01 Cedimenti***

Consistono nella variazione della sagoma stradale caratterizzati da avvallamenti e crepe localizzati per cause diverse (frane, diminuzione e/o insufficienza della consistenza degli strati sottostanti, ecc.)

### ***01.03.01.A02 Deposito***

Accumulo di detriti, fogliame e di altri materiali estranei.

### ***01.03.01.A03 Presenza di vegetazione***

Presenza di vegetazione caratterizzata dalla formazione di piante, licheni, muschi lungo le superfici stradali.

## Elemento Manutenibile: 01.03.02

# Carreggiata

Unità Tecnologica: 01.03

Strade

È la parte della strada destinata allo scorrimento dei veicoli. Essa può essere composta da una o più corsie di marcia. La superficie stradale è pavimentata ed è limitata da strisce di margine (segnaletica orizzontale).

### ***Modalità di uso corretto:***

Controllare periodicamente l'integrità delle superfici del rivestimento attraverso valutazioni visive mirate a riscontrare anomalie evidenti. Rinnovare periodicamente gli strati delle pavimentazioni avendo cura delle caratteristiche geometriche e morfologiche delle strade. Comunque affinché tali controlli risultino efficaci affidarsi a personale tecnico con esperienza.

## ***ANOMALIE RISCONTRABILI***

### ***01.03.02.A01 Buche***

Consistono nella mancanza di materiale dalla superficie del manto stradale a carattere localizzato e con geometrie e profondità irregolari spesso fino a raggiungere gli strati inferiori, ecc.).

### ***01.03.02.A02 Cedimenti***

Consistono nella variazione della sagoma stradale caratterizzati da avvallamenti e crepe localizzati per cause diverse (frane, diminuzione e/o insufficienza della consistenza degli strati sottostanti, ecc.).

### ***01.03.02.A03 Sollevamento***

Variazione localizzata della sagoma stradale con sollevamento di parti interessanti il manto stradale.

### ***01.03.02.A04 Usura manto stradale***

Si manifesta con fessurazioni, rotture, mancanza di materiale, buche e sollevamenti del manto stradale e/o della pavimentazione in genere.

## Elemento Manutenibile: 01.03.03

# Pavimentazione stradale in macadam

Unità Tecnologica: 01.03

Strade

Le pavimentazioni stradali in materiali lapidei trovano il loro impiego oltre che per fattori estetici, soprattutto per la elevata resistenza all'usura. La scelta del materiale va fatta sulla scorta dell'appartenenza alla classe "A1" secondo la UNI CRN 10006-2002. La pavimetazione verrà realizzata a strati e avrà un pacchetto stradale composto da uno strato di fondazione di 40 cm e uno strato di finitura da 20 cm in misto stabilizzato con materiali ecologici

### ***Modalità di uso corretto:***

La tecnica di posa avviene previa disposizione di adeguati sottofondi (ghiaia, acciottolato con granulometria da 0 a 35 mm), in considerazione dell'intensità di traffico previsto. Controllare periodicamente l'integrità delle superfici del rivestimento attraverso valutazioni visive mirate a riscontrare anomalie evidenti. Rinnovare periodicamente gli strati delle pavimentazioni avendo cura delle caratteristiche geometriche e morfologiche delle strade. Comunque affinché tali controlli risultino efficaci affidarsi a personale tecnico con esperienza.

## ***ANOMALIE RISCONTRABILI***

### ***01.03.03.A01 Degrado sigillante***

Distacco e perdita di elasticità dei materiali utilizzati per le sigillature impermeabilizzanti e dei giunti.

### ***01.03.03.A02 Deposito superficiale***

Accumulo di pulviscolo atmosferico o di altri materiali estranei, di spessore variabile, poco coerente e poco aderente alla superficie del rivestimento.

### ***01.03.03.A03 Rottura***

Rottura di parti degli elementi costituenti i manufatti.

### ***01.03.03.A04 Sollevamento e distacco dal supporto***

Sollevamento e distacco dal supporto di uno o più elementi della pavimentazione.

## Elemento Manutenibile: 01.03.04

# Piazzole di sosta

Unità Tecnologica: 01.03

**Strade**

È la parte della strada adiacente alla carreggiata, separata da questa mediante striscia di margine discontinua e comprendente la fila degli stalli di sosta e la relativa corsia di manovra. In particolare le strade di tipo B, C, e F extraurbane devono essere dotate di piazzole per la sosta.

### ***Modalità di uso corretto:***

Le piazzole di sosta devono essere distanziate l'una dall'altra in maniera opportuna per una maggiore sicurezza della circolazione. Controllare periodicamente l'efficienza della segnaletica orizzontale e verticale. Controllare periodicamente lo stato generale al fine di verificare l'assenza di eventuali buche e/o altre anomalie che possono rappresentare pericolo per la sicurezza ed incolumità delle persone. Ripristinare le parti mancanti e/o comunque danneggiate con materiali idonei. Provvedere alla pulizia delle superfici ed alla rimozione di depositi o di eventuali ostacoli.

## ***ANOMALIE RISCOINTRABILI***

### ***01.03.04.A01 Buche***

Consistono nella mancanza di materiale dalla superficie del manto stradale a carattere localizzato e con geometrie e profondità irregolari spesso fino a raggiungere gli strati inferiori, ecc.).

### ***01.03.04.A02 Deposito***

Accumulo di detriti, fogliame e di altri materiali estranei.

### ***01.03.04.A03 Presenza di ostacoli***

Presenza di ostacoli (vegetazione, depositi, ecc.) di intralcio alle manovre degli autoveicoli.

### ***01.03.04.A04 Presenza di vegetazione***

Presenza di vegetazione caratterizzata dalla formazione di piante, licheni, muschi lungo le superfici stradali.

### ***01.03.04.A05 Usura manto stradale***

Si manifesta con fessurazioni, rotture, mancanza di materiale, buche e sollevamenti del manto stradale e/o della pavimentazione in genere.

## Elemento Manutenibile: 01.03.05

# Scarpate

Unità Tecnologica: 01.03

Strade

La scarpata rappresenta la parte inclinata al margine esterno alla strada. E' generalmente costituita da terreno ricoperto da manto erboso e/o da ghiaia e pietrisco.

### ***Modalità di uso corretto:***

Controllare periodicamente l'integrità dei pendii e la crescita di vegetazione spontanea. Nel caso che la pendenza della scarpata sia  $\geq 2/3$  oppure nel caso che la differenza di quota tra il ciglio e il piede della scarpata sia  $> 3,50$  m e non sia possibile realizzare una pendenza  $< 1/5$ , la barriera di sicurezza va disposta sullo stesso ciglio.

## ***ANOMALIE RISCONTRABILI***

### ***01.03.05.A01 Deposito***

Accumulo di detriti e di altri materiali estranei.

### ***01.03.05.A02 Frane***

Movimenti franosi dei pendii in prossimità delle scarpate.

# INDICE

<b>01 PARCO EOLICO "NURRI I.R." _</b>	<b>pag.</b>	<b>3</b>
01.01 Opere di fondazioni superficiali _		6
01.01.01 Plinti per torri eoliche _		7
01.02 Sistemi eolici _		9
01.02.01 Anemometro _		11
01.02.02 Cavidotti interrati _		12
01.02.03 Conduttori di protezione _		13
01.02.04 Controller di carica _		14
01.02.05 Convertitore statico _		16
01.02.06 Dispositivi ausiliari _		18
01.02.07 Dispositivo generale _		19
01.02.08 Generatore _		21
01.02.09 Generatore asincrono doubly feed _		23
01.02.10 Moltiplicatore di giri _		25
01.02.11 Mozzo _		26
01.02.12 Navicella e sistema di imbardata _		28
01.02.13 Pale eoliche _		29
01.02.14 Quadro di comando e regolazione _		30
01.02.15 Rotore _		32
01.02.16 Scaricatori di sovratensione _		33
01.02.17 Sistema di controllo angolo di pitch _		34
01.02.18 Sistema di controllo di stallo _		35
01.02.19 Sistema di dispersione _		36
01.02.20 Sistema di equipotenzializzazione _		37
01.02.21 Sistema frenante _		38
01.02.22 Torri cilindriche in acciaio _		39
01.03 Strade _		40
01.03.01 Banchina _		41
01.03.02 Carreggiata _		42
01.03.03 Pavimentazione stradale in macadam _		43
01.03.04 Piazzole di sosta _		44
01.03.05 Scarpate _		45

**IL TECNICO**  
ING. GIUSEPPE PILI