



Comune di
Tempio Pausania
Regione Sardegna



Comune di
Aglientu
Regione Sardegna



NUOVO IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE EOLICA "CAMPOVAGLIO" NEI COMUNI DI TEMPIO PAUSANIA - AGLIENTU (SS)

PROGETTO DEFINITIVO

Acciona Energia Global Italia S.r.l.

Via Achille Campanile, 73

00147 - Roma

Phone: (+39) 06 50514225

PEC: accionaglobalitalia@legalmail.it



PROPONENTE

9 - OPERE ELETTRICHE

RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA OPERE ELETTRICHE

OGGETTO

TIMBRI E FIRME



STUDIO ROSSO
INGEGNERI ASSOCIATI

VIA ROSOLINO PILO N. 11 - 10143 - TORINO

VIA IS MAGLIAS N. 178 - 09122 - CAGLIARI

TEL. +39 011 43 77 242

studiorosso@legalmail.it

info@sria.it

www.sria.it

dott. ing. Roberto SESENNA
Ordine degli Ingegneri Provincia di Torino
Posizione n.8530J
Cod. Fisc. SSN RRT 75B12 C665C

dott. ing. Luca DEMURTAS
Ordine degli Ingegneri Provincia di Cagliari
Posizione n.6062
Cod. Fisc. DMR LCU 77E10 E441L

dott. ing. Giorgio Efisio Demurtas
Ordine degli Ingegneri di Cagliari
Posizione n.5500
Cod. Fisc. DMR GGF 75L27 E441L

Coordinatore e responsabile delle attività: Dott. ing. Giorgio Efisio DEMURTAS

Consulenza studi ambientali: dott. for. Piero RUBIU

SIATER s.r.l. VIA CASULA N. 7 - 07100 - SASSARI



CONSULENZA

Studio Gioed

VIA IS MIRRIONIS N. 55 - 09121 - CAGLIARI

CONTROLLO QUALITA'

DESCRIZIONE	EMISSIONE
DATA	ago/2023
COD. LAVORO	576/SR
TIPOL. LAVORO	D
SETTORE	G
N. ATTIVITA'	09
TIPOL. ELAB.	RG
TIPOL. DOC.	E
ID ELABORATO	01
VERSIONE	0

REDATTO

ing. Luca DEMURTAS

CONTROLLATO

ing. Roberto SESENNA

APPROVATO

ing. Giorgio Efisio DEMURTAS

ELABORATO

9.1

.....
.....
INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	3
2.1	DESCRIZIONE GENERALE	3
2.2	OPERE ELETTRICHE	5
2.3	AEROGENERATORI	6
2.4	NORME TECNICHE E LEGGI DI RIFERIMENTO	7
3	DESCRIZIONE DELLA CONNESSIONE A 36 KV	10
3.1	CARATTERISTICHE DELLA STAZIONE TERNA	11
3.2	ADEMPIMENTI UTENTE	13
3.3	LIMITI DI FUNZIONAMENTO	14
3.4	CRITERI DI PROTEZIONE DELLA CENTRALE EOLICA.....	15
3.5	PROTEZIONI DI RETE SULLA SBARRA 36 kV DELL'UTENTE	16
3.6	PROTEZIONI DELLA CENTRALE EOLICA CONTRO I GUASTI INTERNI.....	17
4	CONFIGURAZIONE IMPIANTO	18
4.1	CABINA DI CONSEGNA UTENTE.....	18
4.2	CARATTERISTICHE QUADRI A 36 kV.....	19
5	BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEMS (BESS).....	21
5.1	PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEL PROGETTO	22
5.2	SISTEMA BATTERIE	23
5.3	CONVERTITORE DI POTENZA	27
5.4	CONTAINER.....	28
5.5	COLLEGAMENTI ELETTRICI	29
5.6	SISTEMA ANTINCENDIO.....	29
6	CONFIGURAZIONE DEL BESS	31
6.1	ATTIVITÀ IN FASE DI CANTIERE	32
7	SERVIZI AUSILIARI	33
7.1	SERVIZI AUSILIARI IN C.A.	33
7.2	SERVIZI AUSILIARI IN C.C.....	34
8	OPERE CIVILI	35
8.1	APPIANAMENTO DEL TERRENO	35
8.2	FONDAZIONI.....	35
8.3	DRENAGGIO DI ACQUA PLUVIALE	35
8.4	CANALIZZAZIONI ELETTRICHE.....	35
8.5	ACCESSO E VIALI INTERNI	35
8.6	CHIUSURA PERIMETRALE	35



Comuni di
Tempio Pausania e Aglientu
Provincia di Sassari
REGIONE SARDEGNA



Studio Gioed

8.7	DECOMMISSIONING	36
9	SISTEMA DI CONTROLLO	37
9.1	RTU DELL'IMPIANTO DI CONSEGNA.....	38
10	MESSA A TERRA	39
10.1	DESCRIZIONE	39
10.2	MESSA A TERRA DI PROTEZIONE	39
11	MISURA	40

1 INTRODUZIONE

Per cogliere gli obiettivi imposti dal Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima (PNIEC) e dai programmi europei in termini di sviluppo delle energie rinnovabili mantenendo alta la qualità dei servizi forniti dal sistema elettrico nazionale e, in particolare, dalla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN), è necessario da un lato un intenso sviluppo di impianti a Fonti Rinnovabili Non Programmabili (FRNP) in regime di grid parity, e dall’altro lo sviluppo di tecnologie che abilitino una penetrazione sempre maggiore di FRNP mantenendo alta la qualità dei servizi sopracitati.

Nel PNIEC è indicato come obiettivo al 2030 una quota di energia da FER pari al 32% con la realizzazione di 6 GW di sistemi di accumulo per abilitare la Transizione Energetica: tra di essi, sebbene sia previsto che la quota maggiore sia coperta da impianti di pompaggio idroelettrico, un ruolo rilevante è ricoperto anche dai sistemi di accumulo elettrochimico, anche noti come Battery Energy Storage Systems (BESS) o semplicemente batterie.

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Lo scopo del presente documento è descrivere il progetto elettrico dell’impianto eolico “CAMPOVAGLIO” che la Società Acciona Energia intende realizzare nei comuni di Tempio Pausania e Aglientu (SS).

La centrale di produzione di energia elettrica da fonte eolica avrà una potenza nominale complessiva massima di 77 MW più un impianto di accumulo elettrochimico con potenza fino a 20 MW (BESS) per una potenza totale massima richiesta in connessione di 97 MW.

L’impianto sarà costituito da un’unica sezione a 36 kV comprendente la rete a 36 kV che convoglierà l’energia dai singoli aerogeneratori verso la cabina di consegna utente che permetterà il collegamento dell’impianto in antenna a 36 kV con una nuova stazione elettrica (SE) a 150/36 kV.

2.1 DESCRIZIONE GENERALE

Il parco eolico “CAMPOVAGLIO” sarà costituito da 11 aerogeneratori suddivisi in quattro sottocampi:

Circuito	Aerogeneratori
1	WTG11,WTG10
2	WTG06,WTG09,WTG08
3	WTG07,WTG05,WTG04
4	WTG03,WTG01,WTG02

Ciascun aerogeneratore avrà una potenza unitaria fino a 7.000 kW cadauno, per una potenza nominale complessiva massima di 77 MW.

Gli aerogeneratori saranno disposti secondo un layout di impianto che per le caratteristiche orografiche del terreno e per la direzione del vento dominante risulta essere quello ottimale. Come si potrà evincere dagli elaborati grafici saranno collocati ad una interdistanza non inferiore a 5 diametri del rotore se disposti nella direzione del vento dominante, ad una distanza non inferiore a 3 volte il diametro se gli stessi sono disposti perpendicolarmente rispetto alla direzione del vento dominante.

La scelta progettuale è stata concepita nel rispetto di criteri ambientali, tecnici ed economici, in particolare sono stati rispettati i seguenti requisiti:

- utilizzo di viabilità esistente e minimizzazione dell'apertura di nuovi tracciati;
- ottimizzazione dell'inserimento paesaggistico dell'impianto;
- rispetto dell'orografia e copertura vegetale della zona;
- rispetto della distanza dai recettori più prossimi;
- realizzazione di impianti che, a parità di potenza complessiva, utilizzino un minor numero di elementi di maggiore potenza unitaria
- ottimizzazione dello sfruttamento della risorsa eolica dell'area a disposizione.

Il sistema di storage elettrochimico (BESS) da 20 MW sarà installato nei pressi della nuova Sottostazione Elettrica (SE).

I rack di batterie saranno ospitati su container. Poiché le batterie sono caratterizzate da grandezze elettriche continue, al fine di poter connettere tali dispositivi alla rete elettrica vi è la necessità di convertire tali grandezze continue in alternate. A tale scopo il sistema di conversione solitamente utilizzato in applicazioni Energy Storage è un convertitore bidirezionale monostadio caratterizzato da un unico inverter AC/DC direttamente collegato al sistema di accumulo.

Infine il collegamento del BESS alla rete avviene normalmente mediante un trasformatore innalzatore BT/MT, e un quadro di parallelo dotato di protezioni di interfaccia. I principali ausiliari sono costituiti dalla ventilazione e raffreddamento degli apparati.

Il layout del BESS sarà meglio descritto nei relativi allegati.

2.2 OPERE ELETTRICHE

L'energia viene prodotta da ciascun aerogeneratore a 720 V e 50 Hz. La tensione viene elevata a 36 kV in un centro di trasformazione ubicato nella navicella della macchina e viene evacuata tramite cavi elettrici interrati in MT fino all'aerogeneratore successivo.

La configurazione del circuito MT verrà descritta meglio nella rispettiva relazione.

L'allacciamento del parco eolico alla RTN è subordinato alla richiesta di connessione alla rete, da presentare al Gestore di rete.

Sostanzialmente possono presentarsi due casi:

- La connessione alla RTN o alla rete di distribuzione avviene attraverso una stazione esistente;
- La connessione avviene attraverso la realizzazione di una nuova stazione elettrica.

Gli Enti suddetti definiscono i requisiti e le caratteristiche di riferimento delle nuove stazioni elettriche, poiché ovviamente esse devono essere compatibili con la rete esistente, oltre alle dimensioni delle stesse nel caso in cui debbano avere future espansioni.

Per il campo eolico "CAMPOVAGLIO", la soluzione tecnica minima generale (STMG) per la connessione ha il seguente codice pratica: **202202712**.

La Soluzione Tecnica Minima Generale elaborata prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 36 kV con una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150/36 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN a 150 kV "Aglientu – S. Teresa", previa realizzazione dei seguenti interventi previsti dal Piano di Sviluppo Terna:

- nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150 kV in GIS denominata "Buddusò";
- nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150 kV denominata "Santa Teresa";
- nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150 kV in GIS denominata "Tempio";
- nuovo elettrodotto di collegamento della RTN a 150 kV tra la SE Santa Teresa e la nuova SE Buddusò.

Planimetria, sezioni e schema unifilare dell'impianto sono riportati nei rispettivi allegati.

L'impianto nel suo complesso sarà costituito dalle seguenti parti principali:

- aerogeneratori completi di sistema di protezione e controllo;
- linee elettriche MT per il collegamento degli aerogeneratori (2 circuiti principali) alla stazione di collegamento alla RTN;
- cabina di consegna utente a 36 kV di collegamento alla RTN da collegare in antenna alla stazione RTN di proprietà Terna tramite una linea elettrica a 36 kV;

2.3 AEROGENERATORI

Ciascun aerogeneratore è dotato di un generatore asincrono del tipo a gabbia di scoiattolo connesso alla rete con un convertitore full-scale e con una potenza nominale pari a 7.000 kW. Ogni aerogeneratore è equipaggiato con un trasformatore BT/MT, nonché di tutti gli organi di protezione ed interruzione atti a proteggere la macchina e la linea elettrica in partenza da essa. Le principali caratteristiche elettriche dell'aerogeneratore sono riportate nella seguente tabella:

PARAMETRO	VALORE
Marca e Modello	Nordex
Altezza al mozzo (1)	158,5 m
Diametro rotore (2)	163 m
Lunghezza pala	79,7
Potenza nominale	7000 kW (@690V)
Fattore di potenza	Cosfi ~ 0,95
Tensione nominale	36 kV (trafo 0,95/36 kV)
Frequenza nominale	fN = 50 Hz

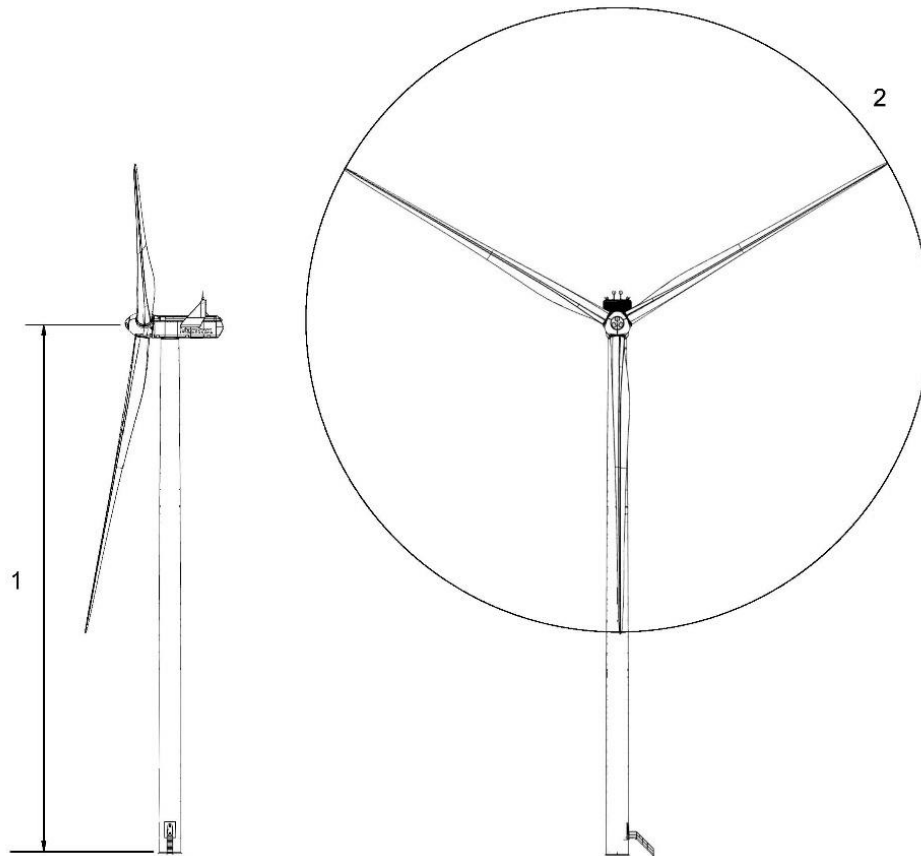


Figura 1– Prospetto frontale e laterale aerogeneratore

2.4 NORME TECNICHE E LEGGI DI RIFERIMENTO

CEI 0-16, aprile 2019: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica;

CEI 11-1 Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Norma Generale. Fasc. 1003

CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo. Fasc. 8408 ed 2011

CEI 11-48 Esercizio degli impianti elettrici

CEI 14-4 Trasformatori di potenza Fasc. 609

CEI 14-4V1 Variante n. 1 Fasc. 696S

CEI 14-4 V2	Variante n. 2 Fasc. 1057V
CEI 14-4 V3	Variante n. 3 Fasc. 1144V
CEI 14-4 V4	Variante n. 4 Fasc. 1294V
CEI 14-8	Trasformatori di potenza a secco Fasc. 1768
CEI 14-12	Trasformatori trifase di distribuzione di tipo a secco a 50 Hz, da 100 kVA a 2500 kVA con una tensione massima per il componente non superiore a 36kV. Parte 1: Prescrizioni generali e prescrizioni per trasformatori con una tensione massima per il componente non superiore a 24kV Fasc. 4149C
CEI 17-1	Interruttori a corrente alternata a tensione superiore a 1000V Fasc. 1375
CEI 17-1 V1	Variante n. 1 Fasc. 1807V
CEI 17-4	Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata a tensione superiore a 1000V Fasc. 1343
CEI 17-4 EC	Errata corrige Fasc. 1832V
CEI 17-4 V1	Variante n. 1 Fasc. 2345V
CEI 17-4 V2	Variante n. 2 Fasc. 2656V
CEI 17-6	Apparecchiatura prefabbricata con involucro metallico per tensioni da 1 a 52kV Fasc. 2056
CEI 17-13/1	Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) – parte I: Apparecchiature di serie soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature non di serie parzialmente soggette a prove di tipo (ANS) Fasc. 2463E
CEI 17-13/2	Apparecchiatura assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) – parte II: Prescrizioni particolari per i condotti sbarre Fasc. 2190
CEI 17-43	Metodo per la determinazione della sovratemperatura mediante estrapolazione per le apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) ANS Fasc. 1873
CEI 17-52	Metodo per la determinazione della tenuta al corto circuito delle apparecchiature non di serie (ANS) Fasc. 2252
CEI 20-13	Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30kV Fasc. 1843
CEI 20-13 V1	Variante n. 1 Fasc. 2357V
CEI 20-13 V2	Variante n. 2 Fasc. 2434V
CEI 20-22II	Prova d'incendio su cavi elettrici. Parte 2: Prova di non propagazione dell'incendio Fasc. 2662
CEI 20-22III	Prova d'incendio su cavi elettrici. Parte 3: Prove su fili o cavi disposti a fascio Fasc. 2663

CEI 20-35 Prove sui cavi elettrici sottoposti a fuoco. Parte 1: Prova di non propagazione della fiamma sul singolo cavo verticale. Fasc. 688

CEI 20-35V1 Variante n. 1 Fasc. 2051V

CEI 20-37/1 Cavi elettrici – Prove sui gas emessi durante la combustione Fasc. 739

CEI 20-37/2 Prove sui gas emessi durante la combustione dei cavi – Determinazione dell'indice di acidità (corrosività) dei gas mediante la misurazione del pH e della conduttività Fasc. 2127

CEI 20-37/3 Misura della densità del fumo emesso dai cavi elettrici sottoposti e combustione in condizioni definite. Parte 1: Apparecchiature di prova Fasc. 2191

CEI 20-38 Cavi isolati con gomma non propaganti l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi. Parte 1: Tensioni nominali U₀/U non superiore a 0.6/1kV Fasc. 2312

CEI UNEL35024/1 Portata dei cavi in regime permanente Fasc. 3516 Per impianti elettrici utilizzatori:

CEI 64-8/1 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua Fasc. 4131

CEI 70-1 Grado di protezione degli involucri (codice IP) Fasc. 3227C Per impianti elettrici ad alta tensione e di distribuzione pubblica di bassa tensione:

CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1kV in corrente alternata Fasc. 5025

CEI 11-18 Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Dimensionamento degli impianti in relazione alle tensioni Fasc. 3703R.

L'impianto dovrà essere conforme inoltre alle prescrizioni contenute nella Codice di trasmissione dispacciamento, sviluppo e sicurezza della rete ex art. comma 4, DPCM 11 maggio 2004

In particolare alla Guida tecnica Terna "CRITERI GENERALI DI PROTEZIONE DELLE RETI A TENSIONE UGUALE O SUPERIORE A 110 kV" ed all'Allegato A.17 al Codice di trasmissione dispacciamento, sviluppo e sicurezza della rete del Marzo 2023 rev 03 "CENTRALI EOLICHE Condizioni generali di connessione alle reti AT Sistemi di protezione regolazione e controllo".

D.P.R. n. 547 del 27/04/1955 Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro D.P.R. n. 164 del 07/01/1956 Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro nelle costruzioni

D.P.R. n. 302 del 19/03/1956 Norme integrative per la prevenzione degli infortuni sul lavoro

D.P.R. n. 303 del 19/03/1956 Norme generali per l'igiene sul lavoro Legge n. 186 del 01/03/1968 Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni ed impianti elettrici ed elettronici

Legge n. 791 del 18/10/1977 Attuazione della direttiva del Consiglio Comunità Europea (72/23 C.E.E.) relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione

DM 37/08: "Norme per la sicurezza degli impianti

DL 9 aprile 2008 n° 81 "Testo unico sulla sicurezza sul lavoro"

D.M. 10-9-2010 Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili.

DGR 3/25 del 23/01/2018 Procedimento di autorizzazione unica per l'installazione di impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili

DGR Sardegna 2 agosto 2016, n. 45/40 - Approvazione del Piano energetico ambientale regionale 2015-2030

LR 43 1989: Norme in materia di opere concernenti linee ed impianti elettrici.

Deliberazione G.R. n. 59/90 del 27.11.2020, e relativi allegati, avente ad oggetto "Individuazione delle aree non idonee all'installazione di impianti alimentati da fonti energetiche rinnovabili".

3 DESCRIZIONE DELLA CONNESSIONE A 36 KV

Ai fini di quanto regolamentato all'interno del Codice di Rete in materia di gestione del sistema elettrico, la connessione alla rete è condizionata al rispetto dei requisiti dell'Allegato A.17 descritto precedentemente:

Si possono presentare due tipi di connessione:

Connessioni di Tipo 1 (connessioni su livelli di tensione ≥ 110 kV);

Connessioni di tipo 2 (sezioni 36 kV di stazioni Terna).

Nel caso in progetto la Soluzione Tecnica Minima Generale elaborata prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 36 kV con una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN, per cui si andrà ad analizzare la connessione di tipo 2.

Gli schemi d'inserimento e di connessione nella rete primaria, nonché la struttura dell'impianto, devono essere conformi al Codice di Rete e le sezioni 36 kV delle Stazioni RTN di connessione abbiano caratteristiche funzionali atte a mantenere tensioni normali di esercizio, correnti di cortocircuito tra le fasi e correnti di guasto a terra entro limiti prestabiliti.

Relativamente alle correnti di guasto a terra viene messo in evidenza che l'esercizio delle reti a 36 kV è previsto a neutro compensato con bobina di Petersen a reattanza variabile in modo da compensare un livello di corrente capacitiva prodotta dalle reti pari al 95% circa. Tale esercizio non esclude tuttavia l'eventualità di esercizio

temporaneo a neutro isolato o a terra su resistenza di alto valore ohmico per indisponibilità della bobina di compensazione.

3.1 CARATTERISTICHE DELLA STAZIONE TERNA

Le principali caratteristiche della Stazione terna saranno le seguenti:

- impiego di TR a due avvolgimenti per la connessione alle reti 220-150-132 kV con tensione nominale $V_n = 230-150-132$ kV / 36 kV. (Dati tipici: potenza nominale $S_n = 125$ MVA, collegamento degli avvolgimenti $Y_{nd} 11$, $V_{cc} = 17,5\%$);

oppure impiego di TR a tre avvolgimenti per la connessione alle reti 380-220-150-132 kV con tensione nominale $V_n = 400-230-150-132/36/36$ kV. (Dati tipici: potenza nominale $S_n = 250/125/125$ MVA, collegamento degli avvolgimenti $Y_n/d/d$, $V_{cc} = 19\%-19\%$);

- tensione lato 36 kV regolata con l'obiettivo di mantenerla quanto più possibile prossima al valore nominale mediante Commutatori Sotto Carico dei trasformatori AAT/36 kV ed AT/36 kV (Ampiezza tipica dei gradini: 1,5 % V_n);
- bobine di compensazione della corrente di guasto a terra collegate alle sbarre 36 kV per l'esercizio della rete a neutro compensato aventi le seguenti caratteristiche principali: reattanza variabile per correnti comprese tra $125 \div 1250$ A, resistenza di parallelo di valore tale da garantire la circolazione di una corrente per guasto monofase a terra compresa tra 150 e 300 A, in funzione dell'estensione della rete connessa;
- numero 5 celle 36 kV per la connessione di altrettante linee di impianti di utenti su una singola sezione 36 kV. Su ogni cella si potrà connettere un unico utente;
- Corrente di corto circuito per il dimensionamento delle apparecchiature e connessioni: 20 kA per 1,0 s

Da tali caratteristiche discendono le prescrizioni specifiche per la connessione di centrali eoliche di seguito indicate:

- la Centrale deve essere dotata di interruttore sulla/e linea/e in arrivo (Interruttore di Interfaccia), per realizzare la separazione funzionale fra le attività interne all'impianto, di competenza del titolare della Centrale (in seguito Utente), e quelle esterne ad esso;
- ogni linea di sottocampo deve essere dotata di proprio interruttore e di sistema di protezione in grado di separarla dal resto dell'impianto in caso di guasto. Limitatamente al caso di un impianto costituito da un solo sottocampo è accettabile la presenza di un unico interruttore con funzione di interfaccia e di interruttore di sottocampo; gli interruttori a 36 kV richiesti sono a comando tripolare con potere di interruzione delle correnti di cortocircuito ≥ 25 kA e capacità di interruzione della corrente capacitiva a vuoto ≥ 50 A;
- la linea di collegamento a 36 kV dell'impianto di Utente alla stazione RTN, se realizzata in cavo, deve essere connessa ad una singola cella 36 kV con un numero di terne in parallelo non superiore a 2. In caso di potenze di

impianto non trasportabili (indicativamente $P > 60$ MW) con 2 terne di cavi, si dovranno utilizzare due celle distinte sulla medesima sezione 36 kV della SE Terna. L'esercizio base previsto in questo caso è il doppio radiale. Sarà possibile anche esercire in modalità magliata le partenze lato Utente solo con integrazioni al sistema di protezione standard descritto al paragrafo 7.3.1. per garantire la selettività a fronte di guasto su uno dei collegamenti. Sono consentite connessioni su diverse sezioni 36 kV di SE Terna solo ed esclusivamente se lato utente non sono gestite in esercizio magliato fra di loro, con separazione assicurata da opportuni interblocchi.

- la linea di collegamento a 36 kV dell'impianto di Utente alla stazione RTN deve essere dotata di vettori ridondati in Fibra Ottica fra gli estremi con coppie di fibre disponibili e indipendenti utilizzabili per:

- ✓ telemisure e telesegnali da scambiare con Terna (come meglio dettagliato al paragrafo 10.1);

- ✓ scambio dei segnali associati alla regolazione locale della tensione;

- ✓ segnali di telescatto associati al sistema di protezione dei reattori shunt di linea eventualmente presenti;

- ✓ eventuali segnali logici e/o analogici richiesti dai sistemi di protezione;

- ✓ segnali per il sistema di Difesa (come meglio dettagliato al paragrafo 8.7).

- condutture ed apparecchiature devono essere dimensionate per una tenuta alla corrente di cortocircuito ≥ 20 kA per 1,0 s;

- il livello di isolamento richiesto per tutte le apparecchiature è pari a $U_r=40,5$ kV, valore previsto dalla norma CEI EN 62271-1 e tale da rispettare la massima tensione di esercizio garantita da Terna pari a +10% della V_n ;

- la corrente di guasto a terra garantita da Terna con esercizio normale della rete a neutro compensato (bobina di compensazione attiva e funzionante) è pari a 150 A resistivi;

- Il sistema di protezione deve essere predisposto in modo da eliminare correttamente i guasti a terra sia nella condizione normale di esercizio della rete a neutro compensato sia in quella accidentale di esercizio a neutro isolato nella quale la corrente di guasto di tipo capacitivo potrà arrivare fino ad un valore massimo di 1250 A. Le due necessità devono essere garantite contemporaneamente, ovvero senza necessità di adeguare le tarature in funzione dello stato di neutro.

- i trasformatori di macchina 36 kV/MT devono essere opportunamente dimensionati per permettere il transito contemporaneo della potenza attiva e reattiva massime;

- in corrispondenza della potenza attiva $P=0$ ed in assenza di regolazione della tensione, l'impianto dovrà essere progettato in modo che siano minimizzati gli scambi di potenza reattiva con la RTN al fine di non influire negativamente sulla corretta regolazione della tensione. Pertanto, ad impianto fermo, in caso di potenza reattiva immessa superiore a 0,5 MVar, dovranno essere previsti sistemi di bilanciamento della potenza reattiva capacitiva prodotta dall'impianto d'Utente in modo da garantire un grado di compensazione al Punto di Connessione compreso fra il 110% e il 120% della massima potenza reattiva prodotta a V_n . Tali sistemi di

bilanciamento potranno essere rappresentati da reattanze shunt, dall'utilizzo della capability degli aerogeneratori o da altri sistemi basati su inverter. In caso di utilizzo di reattanze, queste dovranno essere necessariamente gestite con neutro isolato da terra per evitare sovrapposizioni con la compensazione omopolare operata dalla bobina di Petersen nella stazione Terna. Al di sopra di determinati valori di potenza attiva prodotta dalla Centrale Eolica o su richiesta di Terna, tali reattanze di compensazione potranno poter essere disconnesse in modo da concorrere al sostegno delle tensioni delle reti AAT-AT.

- In caso di collegamenti in cavo con la stazione Terna in grado di generare correnti capacitive a vuoto di valore superiore a quello interrompibile dagli interruttori, occorre prevedere una compensazione di valore commisurato alla capacità del cavo, che può essere realizzata con una reattanza shunt da collegare rigidamente alla linea. Con riferimento al limite di 50 A della corrente capacitiva interrompibile a vuoto dagli interruttori stabilito dalle norme, la reattanza shunt rigidamente connessa alla linea si rende necessaria per collegamenti in cavo di capacità superiore a 4,4 μ F (corrispondenti ad una lunghezza di 12,6 km per cavi di capacità media di 350 nF/km e ad una lunghezza di 15,7 km per cavi di capacità media di 280 nF/km). Il valore di compensazione da utilizzare è quello necessario a garantire il rispetto del limite dell'interruttore nella condizione più critica (apertura di linea guasta con estremo opposto aperto).

In base ai suddetti requisiti di sistema, si presentano limitazioni alla capacità di connessione di impianti ad una stessa sezione a 36 kV che Terna terrà presenti nella scelta delle soluzioni di connessione. Si evidenziano in particolare le due principali:

1. Estensione massima ammessa della rete: non può essere superata, per ciascuna sezione a 36 kV, una capacità complessiva di 64 μ F per rispettare il limite di compensazione stabilito della corrente di terra. L'estensione massima della rete che può essere connessa su una singola sezione 36 kV sarà funzione della capacità media dei cavi, ad esempio, con una capacità media di 280 nF/km, la massima estensione non potrà superare i 225 km. In presenza di cavidotti formati da doppie terne di cavi in parallelo, l'estensione complessiva della rete si riduce in relazione alla loro quota parte.

2. Potenza di cortocircuito massima applicabile alla rete 36 kV: su ogni sezione a 36 kV non dovrà essere superato il limite di 20 kA stabilito per tenuta al cortocircuito dei quadri della stazione Terna. Tenuto conto che la Icc fornita dal TR AT-AAT/36 kV può arrivare ad un massimo di 11 kA, il contributo alla corrente di cortocircuito simmetrico fornito dall'insieme degli impianti di produzione connessi alla stessa rete non può superare 9 kA.

3.2 ADEMPIMENTI UTENTE

Di seguito sono riportati alcuni adempimenti da parte dell'Utente che in particolare è tenuto a:

- sottoscrivere gli opportuni Regolamenti di Esercizio che contengono tra l'altro le relazioni funzionali con il Gestore ed altri eventuali soggetti coinvolti;

- effettuare le manovre sull'impianto di propria competenza ed eseguire in tempo reale gli ordini impartiti dal Gestore ai fini della sicurezza del sistema elettrico, mediante un sistema di teleconduzione ovvero tramite il presidio degli impianti attivo 24 ore al giorno; in particolare l'Utente deve disporre di personale autorizzato sempre rintracciabile;
- effettuare tutte le azioni necessarie affinché il proprio impianto sia integrato nei processi di controllo (in tempo reale e in tempo differito) e di conduzione della RTN;
- rendere disponibili al Gestore le telemisure ed i telesegnali di impianto necessari per l'osservabilità ed il controllo remoto della rete;
- garantire l'efficienza degli organi di manovra e d'interruzione, degli automatismi, degli interblocchi e delle protezioni;
- garantire l'efficienza dei sistemi di regolazione della potenza e della tensione;
- garantire il pronto intervento e la messa in sicurezza degli impianti.

Per esigenze di sicurezza della rete il Gestore può effettuare l'apertura dei collegamenti della rete verso la Centrale Eolica senza preavviso determinando la disalimentazione del sito. Pertanto, qualora necessario, sarà cura dell'Utente predisporre una soluzione tecnica per garantire l'alimentazione dei propri servizi essenziali (ad esempio connessione secondaria di riserva o di emergenza in MT).

3.3 LIMITI DI FUNZIONAMENTO

La Centrale Eolica ed i relativi macchinari ed apparecchiature devono essere progettati, costruiti ed eserciti per restare in parallelo anche in condizioni di emergenza e di ripristino di rete. In particolare, la Centrale, in ogni condizione di carico, deve essere in grado di rimanere in parallelo alla rete AT, per valori di tensione nel Punto di Consegna, compresi nei seguenti intervalli:

Nel caso in progetto, per le connessioni di Tipo 2 avremo:

Per queste connessioni il variatore sotto carico del trasformatore AT-AAT/36 kV sarà gestito con l'obiettivo di mantenere la tensione nel Punto di Consegna quanto più possibile prossima al valore nominale, consentendo al tempo stesso, nel lato primario del TR, il funzionamento nel medesimo range di tensione indicato nelle connessioni di Tipo 1.

Per tutti i tipi di connessione:

Con riferimento all'Allegato 1 al CdR, in caso di utilizzo della classe di isolamento corrispondente alla tensione massima di sistema per i componenti dell'Impianto, eventuali limitazioni sulle prestazioni ed i servizi forniti per valori di tensione superiore a quest'ultima devono essere sempre comunicati a Terna a cura del Titolare e documentati all'interno del Regolamento di Esercizio.

Riguardo all'esercizio in parallelo con la rete AT in funzione della frequenza, la Centrale deve rimanere connessa alla rete per un tempo indefinito, per valori di frequenza compresi nel seguente intervallo:

$$47,5 \text{ Hz} \leq f \leq 51,5 \text{ Hz}$$

e devono rimanere connessi alla rete per tempi limitati quando la frequenza si trova al di sotto di 47,5 Hz e sopra 51,5 Hz.

La centrale deve inoltre poter funzionare in parallelo alla rete senza disconnessione con valori di derivata di frequenza fino a 2,5 Hz/s valutata su un numero di cicli pari ad almeno 5 (100ms).

Qualora le caratteristiche costruttive lo consentano, il Titolare deve dichiarare eventuali limiti ampliati del campo di funzionamento.

3.4 CRITERI DI PROTEZIONE DELLA CENTRALE EOLICA

Il sistema di protezione della Centrale Eolica include gli apparati di norma dedicati alla protezione degli impianti e della rete sia per guasti interni, che per i guasti esterni.

La Centrale deve essere in grado di restare connessa alla rete in caso di guasti esterni ad eccezione dei casi in cui la selezione del guasto comporti la perdita della connessione.

Gli aerogeneratori di una Centrale Eolica devono poter sostenere il regime transitorio provocato da guasti successivi in rete tali che l'energia non immessa a causa dei guasti stessi negli ultimi 30 minuti sia inferiore a $P_n \cdot 2s$.

Nell'ipotesi che tali guasti siano correttamente eliminati dalle protezioni di rete e che la loro profondità e durata siano compatibili con la caratteristica FRT, le protezioni di Centrale non devono comandare anticipatamente la separazione della Centrale dalla rete stessa o la fermata degli aerogeneratori.

Ogni Centrale Eolica deve contribuire all'eliminazione dei guasti in rete nei tempi previsti dal sistema di protezione in accordo a quanto definito nel Codice di Rete.

Per l'eliminazione dei guasti interni alla Centrale, che potrebbero coinvolgere altri impianti della rete, si deve prevedere la rapida apertura degli interruttori Generali (o di Interfaccia). Inoltre, la Centrale deve essere dotata di protezioni in grado di individuare guasti esterni il cui intervento dovrà essere coordinato con le altre protezioni di rete, in accordo con quanto descritto nel documento [A.11]. Anche l'intervento delle protezioni per guasti esterni deve prevedere l'apertura degli interruttori generali (o di interfaccia) e contemporaneamente degli interruttori di ogni aerogeneratore.

Le tarature delle protezioni contro i guasti esterni sono definite dal Gestore e devono essere impostate sugli apparati a cura del Titolare dell'impianto, assicurando la tracciabilità delle operazioni secondo procedure concordate.

Le tarature delle protezioni contro i guasti interni, che prevedono un coordinamento con le altre protezioni della rete, devono essere concordate con il Gestore in sede di accordo preliminare alla prima entrata in esercizio della Centrale.

In ogni caso, il Gestore può richiedere giustificate modifiche o integrazioni di tali requisiti con l'obiettivo di mantenere, o aumentare, il livello di continuità del prelievo, dell'alimentazione e la sicurezza dell'esercizio, caratteristici della rete di connessione.

Con periodicità minima di 4 anni l'Utente dovrà provvedere alla verifica degli apparati di protezione e mantenere un registro di tali prove, da fornire a Terna su richiesta.

Il sistema di protezione, e le relative tarature, hanno anche l'obiettivo di mantenere la stabilità dell'intero sistema elettrico. Pertanto, tutte le tarature richieste dal Gestore, o proposte dal Titolare, dovranno essere coerenti con il campo di funzionamento garantito indicato al paragrafo 6.3 "Insensibilità alle variazioni di tensione". All'interno di tale campo l'impianto deve poter funzionare senza danneggiamenti.

Nel seguito sono forniti i requisiti di protezione degli impianti ed i valori di taratura degli apparati che normalmente sono prescritti per le Centrali Eoliche.

A livello della Stazione Terna, le protezioni presenti sulla sezione a tensione più alta seguono quanto descritto negli allegati A.4 e A.11 del Codice di rete.

Per quanto riguarda i TR AT-AAT/36 kV, sono protetti con le seguenti protezioni:

- Protezione differenziale trasformatore (87T)
- Protezione distanziometrica lato primario AT o AAT (21)
- Protezione distanziometrica lato 36 kV (21)
- Protezione di massima tensione omopolare lato 36 kV (59N)

Sulla sbarra 36 kV è presente una protezione di massima tensione omopolare (59N)

Infine, sui collegamenti in partenza verso le varie Centrali Eoliche sono presenti:

- Protezione distanziometrica (21) oppure protezione di massima corrente (50/51) contro i guasti fra le fasi.
- Protezione di massima corrente direzionale di terra (67N) contro i guasti a terra.

3.5 PROTEZIONI DI RETE SULLA SBARRA 36 kV DELL'UTENTE

Le tarature sono stabilite dal Gestore in accordo al Codice di Rete. In relazione alle esigenze del sistema elettrico a cui è connessa la Centrale Eolica, le tarature potranno essere parzialmente discordanti da quelle indicate nelle tabelle successive.

Le protezioni sulla sbarra 36 kV sono costituite da:

1. Protezione di minima tensione rete (27Y)
2. Protezione di minima tensione rete (27Δ)
3. Protezione di massima tensione rete (59)
4. Protezione di minima frequenza rete (81<)
5. Protezione di massima frequenza rete (81>)
6. Protezione di massima tensione omopolare rete (59N)

Per la prima funzione protettiva (27Y) è richiesta l'alimentazione dei circuiti voltmetrici con tensioni stellate.

Per le funzioni 2) ÷ 5) è richiesta l'alimentazione dei circuiti voltmetrici con tensioni concatenate.

Per la sesta, è richiesta un'alimentazione voltmetrica da TV con connessione a triangolo aperto, oppure, per relè in grado di ricavare la tensione omopolare al loro interno, dalle tensioni di fase fornite dai TV con collegamento a stella.

Le funzioni in tensione sopra descritte possono essere implementate all'interno di un unico apparato multifunzione adducendo una unica terna di tensioni stellate ed affidando all'apparato il compito di ricavare la terna di tensioni concatenate e la tensione omopolare. Lo stesso risultato può essere conseguito con l'utilizzo di due apparati distinti uno alimentato con tensioni stellate e l'altro con tensioni concatenate.

L'intervento delle protezioni citate deve comandare l'apertura dell'Interruttore di Interfaccia 52I del collegamento con la Stazione Terna.

Altre protezioni sensibili ad eventi di rete diverse da quelle indicate (es. protezioni contro i carichi squilibrati, ecc.) dovranno essere dichiarate dal Titolare e le tarature relative concordate con il Gestore in modo da garantire il coordinamento con le tarature dell'insieme delle protezioni di rete.

3.6 PROTEZIONI DELLA CENTRALE EOLICA CONTRO I GUASTI INTERNI

Le linee Sottocampo in partenza dalla sbarra 36 kV dovranno essere protette con:

- Protezione a massima corrente di fase (50/51)
- Protezione a massima corrente direzionale di terra (67N)

Il setting di riferimento, al fine di garantire il coordinamento con le protezioni presenti in SE Terna sono quelli riportati in tabella sottostante. Eventuali protezioni e/o tarature diverse potranno essere impostate a cura dell'Utente purché garantiscano il corretto coordinamento con le altre protezioni di rete. Dovranno essere comunque concordate con Terna e riportate all'interno del Regolamento di Esercizio.

4 CONFIGURAZIONE IMPIANTO

L'impianto è così costituito:

- n.1 cabina di consegna utente con tensione nominale a 36 kV posizionata sul perimetro dell'area dedicata allo Storage.
All'interno della cabina sarà presente il quadro contenente le protezioni generale PG e di interfaccia PI e gli apparati SCADA e telecontrollo degli aerogeneratori; dal quadro partono le linee di alimentazione verso i 4 sottocampi;
- Impianto di storage;
- Aerogeneratori.

4.1 CABINA DI CONSEGNA UTENTE

Sarà prevista una cabina monolitica auto-portante in cemento armato trasportabile su camion in blocchi pre assemblati. L'allestimento delle apparecchiature elettromeccaniche avverrà successivamente all'installazione della cabina.

Si appoggia a basamenti di tipo prefabbricato. Sarà realizzata in calcestruzzo vibrato confezionato con cemento ad alta resistenza adeguatamente armato con pareti internamente ed esternamente trattate con un rivestimento murale plastico idrorepellente costituito da resine sintetiche pregiate, polvere di quarzo, ossidi coloranti ed additivi che garantiscono il perfetto ancoraggio sulla parete, inalterabilità del colore e stabilità agli sbalzi di temperatura. L'elemento di copertura è provvisto di un manto impermeabilizzante costituito da una guaina bituminosa elastomerica, applicata a caldo, con spessore minimo di 3 mm. ricoperta da scaglie di ardesia con funzione protettiva e riflettente dei raggi solari.

L'armatura interna del prefabbricato totalmente collegata elettricamente, crea una vera gabbia di Faraday tale da proteggere tutto il sistema da sovratensioni atmosferiche limitando inoltre, a valori trascurabili, gli effetti delle tensioni di passo e di contatto. L'armatura metallica è costituita da acciaio e rete elettrosaldata tipo Feb 44k c. (kg/cmq. > 2600). Le caratteristiche di resistenza della cabina ne rendono idonea la posa anche in zone sismiche di 1^Categoria (S = 12) fino ad una altitudine di 1.500 m. s.l.m. secondo le prescrizioni previste dal D.M. LL.PP. 16/01/1996. La struttura, secondo quanto disposto dall'Art. 9 della Legge 05.11.1971 e dal punto 1.4.1 del D.M. LL.PP. 03.12.1987 , è realizzata in SERIE DICHIARATA e la documentazione depositata presso il Ministero dei Lavori Pubblici . Conformità a Leggi , D.M. , Norme CEI, disposizioni ENEL.

La cabina di trasformazione avrà una struttura idonea ad ospitare e proteggere:

La ricezione cavi provenienti dai sottocampi e dallo storage;

Gli scomparti di protezione dei sottocampi in arrivo dagli aerogeneratori, dello storage, del trasformatore SSAA, risalita sbarre e misure;

Scomparti di connessione dell'impianto Utente alla stazione RTN con le relative protezioni.

Il quadro servizi ausiliari per l'alimentazione in bassa tensione ed in corrente continua del sistema di acquisizione dati, servizi interni (illuminazione, antincendio ecc.), ausiliari inverter, alimentazione elettrica di emergenza (UPS) per i servizi essenziali d'impianto in caso di fuori servizio della rete di collegamento

L'ubicazione delle cabine sarà baricentrica rispetto al layout dei 2 sottocampi in cui sarà suddiviso il generatore fotovoltaico.

4.2 CARATTERISTICHE QUADRI A 36 kV

I quadri elettrici saranno del tipo elettrico isolato in gas per tensioni sino a 40,5 kV.

Il quadro assemblato e collaudato in fabbrica per l'installazione in interno è un quadro di media tensione particolarmente versatile, blindato e isolato con gas. Disponibile per applicazioni a sbarra singola o doppia, il quadro elettrico isolato in gas NXPLUS viene utilizzato nelle sottostazioni di trasformazione e in una vasta gamma di applicazioni. Avrà le seguenti caratteristiche:

- Involucro metallico
- Sistema a sbarra singola
- Compartimento saldato ermeticamente
- Assemblato in fabbrica, Test di Routine secondo IEC 62271-200
- Prove di tipo secondo IEC 62271-100, -200

Tra i benefici possiamo evidenziare:

- Sicurezza ed affidabilità;
- Sicurezza del personale
- Climaticamente indipendente
- Compatto
- Parte primaria esente da manutenzione
- Convenienza
- Alta compatibilità ambientale

Le caratteristiche elettriche sono riportate di seguito:

Rated voltage kV	40,5
Rated frequency Hz	50
Rated short-duration power-frequency withstand voltage kV	85
Rated lightning impulse withstand voltage kV	185
Rated short-circuit breaking current kA	31,5
Rated peak withstand current	80/82
Rated normal current of the busbar A	2000
Rated normal current of the feeders A	2000
Dimensionn (widthxdepth-height) mm	600x1585x2450

5 BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEMS (BESS)

I sistemi di storage elettrochimico, più comunemente noti come batterie, sono in grado, se opportunamente gestiti, di essere asserviti alla fornitura di molteplici applicazioni e servizi di rete.

Uno sviluppo sostenuto degli ESS, grazie appunto ai servizi che sono in grado di erogare verso la rete, è il fattore abilitante per una penetrazione di FRNP molto spinta, che altrimenti il sistema elettrico nazionale non sarebbe in grado di accogliere in maniera sostenibile per la rete.

Una prima classificazione degli ESS (si veda anche la Figura 2) può essere fatta in base a chi eroga e/o beneficia di tali applicazioni e servizi (produttori di energia, consumatori, utility).

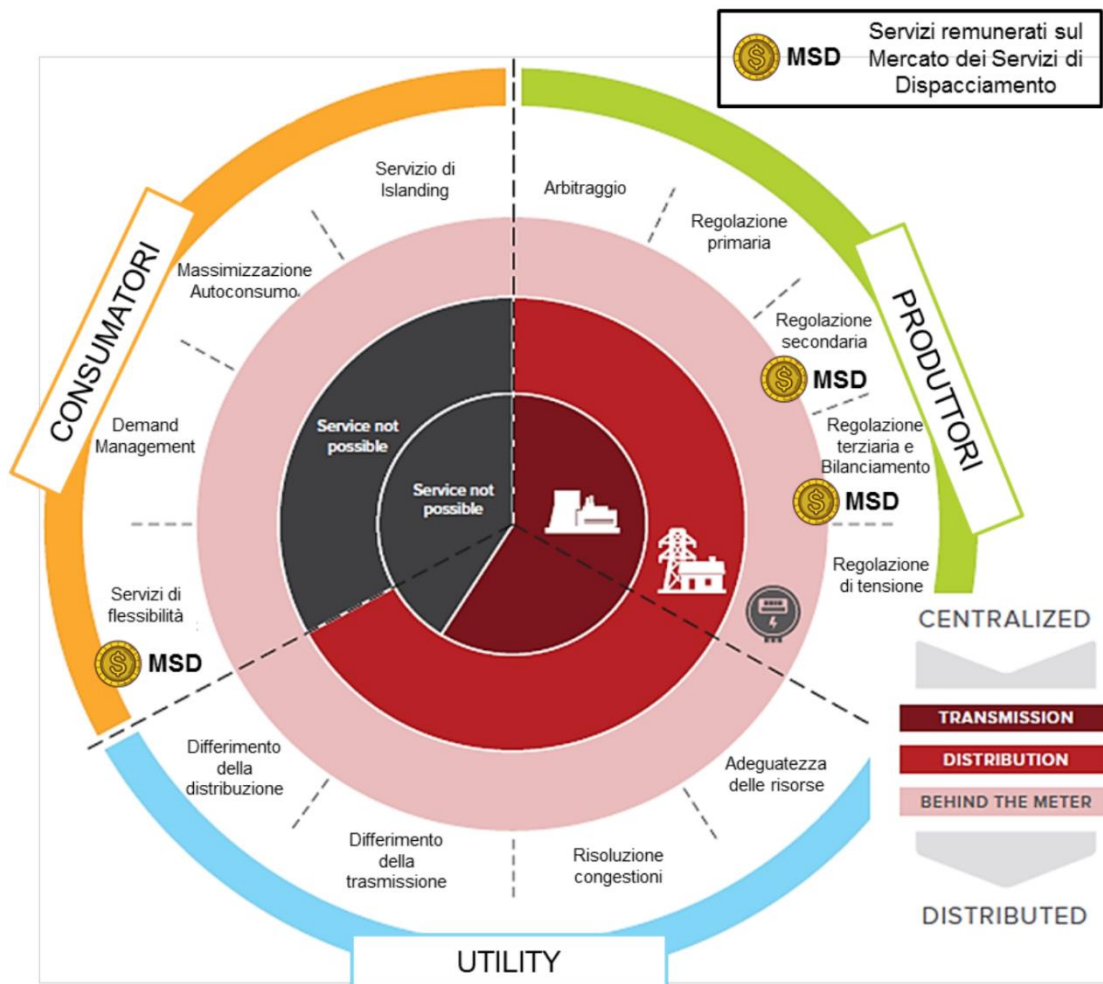


Figura 2 I diversi servizi erogabili dai sistemi Storage

Limitatamente alle applicazioni di interesse per i Produttori, vengono di seguito elencate tutte le applicazioni e i servizi di rete che possono essere erogati dalle batterie:

- Arbitraggio: differimento temporale tra produzione di energia (ad esempio da fonte rinnovabile non programmabile, FRNP) ed immissione in rete della stessa, per sfruttare in maniera conveniente la variazione del prezzo di vendita dell'energia elettrica;
- Regolazione primaria di frequenza: regolazione automatica dell'erogazione di potenza attiva effettuata in funzione del valore di frequenza misurabile sulla rete e avente l'obiettivo di mantenere in un sistema elettrico l'equilibrio tra generazione e fabbisogno;
- Regolazione secondaria di frequenza: regolazione automatica dell'erogazione di potenza attiva effettuata sulla base di un segnale di livello inviato da Terna e avente l'obiettivo di ripristinare gli scambi di potenza alla frontiera ai valori di programma e di riportare la frequenza di rete al suo valore nominale;
- Regolazione terziaria e Bilanciamento: regolazione manuale dell'erogazione di potenza attiva effettuata a seguito di un ordine di dispacciamento impartito da Terna e avente l'obiettivo di:
 - ristabilire la disponibilità della riserva di potenza associata alla regolazione secondaria;
 - risolvere eventuali congestioni;
 - mantenere l'equilibrio tra carico e generazione.
- Regolazione di tensione: regolazione dell'erogazione di potenza reattiva in funzione del valore di tensione misurato al punto di connessione con la rete e/o in funzione di un setpoint di potenza inviato da Terna.
- Partecipazione al mercato della capacità attraverso cui Terna si approvvigiona di capacità con contratti di lungo termine aggiudicati con aste competitive al fine di garantire l'adeguatezza¹ del sistema elettrico. Un BESS può contribuire all'adeguatezza del sistema sia in maniera diretta (stand-alone) sia conferendo ad una unità di produzione rinnovabile non programmabile (FRNP) i requisiti minimi di programmabilità necessari ad adempiere agli obblighi del meccanismo di Capacity Market.

5.1 PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEL PROGETTO

La tecnologia delle batterie agli ioni di litio è attualmente lo stato dell'arte per efficienza, compattezza, flessibilità di utilizzo.

Un sistema di accumulo, o BESS, comprende come minimo:

- BAT: batteria di accumulatori elettrochimici, del tipo agli ioni di Litio;
- BMS: il sistema di controllo di batteria (Battery Management System);
- BPU: le protezioni di batteria (Battery Protection Unit);
- PCS: il convertitore bidirezionale caricabatterie-inverter (Power Conversion System);
- EMS: il sistema di controllo EMS (Energy management system);
- AUX: gli ausiliari (HVAC, antincendio, ecc.).

Il collegamento del BESS alla rete avviene normalmente mediante un trasformatore innalzatore BT/MT, e un quadro di parallelo dotato di protezioni di interfaccia. I principali ausiliari sono costituiti dalla ventilazione e raffreddamento degli apparati.

L'inverter e le protezioni sono regolamentati dalla norma nazionale CEI 0-16. Le batterie vengono dotate di involucri sigillati per contenere perdite di elettrolita in caso di guasti, e sono installate all'interno di container (di tipo marino modificati per l'uso come cabine elettriche).

La capacità del BESS è scelta in funzione al requisito minimo per la partecipazione ai mercati del servizio di dispacciamento, che richiede il sostenimento della potenza offerta per almeno 2 ore opportunamente sovradimensionata per tener conto delle dinamiche intrinseche della tecnologia agli ioni di litio (efficienza, energia effettivamente estraibili), mentre la potenza del sistema viene dimensionata rispetto alla potenza dell'impianto fotovoltaico:

Secondo la letteratura la potenza nominale del BESS risulta ottimale attorno a circa il 30% della potenza nominale dell'impianto, portando la scelta per tale progetto a circa massimo 20 MW (potenza massima del parco pari a 77 MW);

La capacità della batteria per garantire il funzionamento pari a 4 h risulta: 80 MWh.

5.2 SISTEMA BATTERIE

Il sistema di accumulo sarà basato sulla tecnologia agli ioni di litio, tra queste le principali tecnologie usate nell'ambito dell'energy storage sono:

- Litio Ossido di Manganese LMO
- Litio Nichel Manganese Cobalto NMC
- Litio Ferro Fosfato LFP
- Litio Nichel Cobalto Alluminio NCA
- Litio Titanato LTO

Di seguito sono illustrate le principali caratteristiche delle sopraindicate tecnologie:



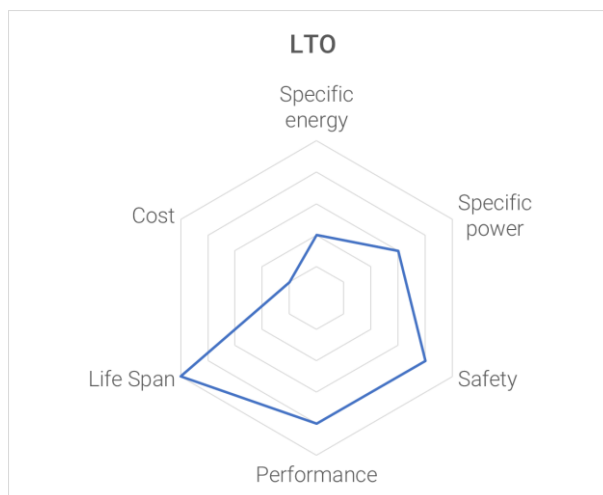


Figura 3 Caratteristiche tecnologie litio

Negli ultimi anni le due tecnologie che si stanno maggiormente affermando nell'ambito energy storage sono: Litio-Manganese-Cobalto (NMC) e Litio Ferro Fosfato (LFP), pertanto questo progetto sarà basato su queste due tecnologie.

I sistemi energy storage con tecnologia al litio sono caratterizzati da stringhe batterie (denominati batteries racks) costituite dalla serie di diversi moduli batterie, al cui interno sono disposte serie e paralleli delle celle elementari. Si riporta un esempio di cella, modulo batteria e rack batterie:



Figura 4 Esempio cella batteria



Figura 5 Esempio modulo batteria



Figura 6 Esempio rack batterie

Infine a capo dei moduli posti in serie all'interno dei rack vi è la Battery Protection Unit (BPU) responsabile della protezione dell'intero rack contro i corto circuiti, il sezionamento del rack per eseguire la manutenzione in sicurezza, e la raccolta di tutte le informazioni provenienti dai vari moduli (e.g. temperature, correnti, tensioni, stato di carica etc.). Si riporta un esempio di BPU:



Figura 7 Esempio BPU

5.3 CONVERTITORE DI POTENZA

Dal momento che i rack batterie sono caratterizzati da grandezze elettriche continue, al fine di poter connettere tali dispositivi alla rete elettrica vi è la necessità di convertire tali grandezze continue in alternate. A tal fine il sistema di conversione solitamente utilizzato in applicazioni Energy Storage è un convertitore bidirezionale monostadio caratterizzato da un unico inverter AC/DC direttamente collegato al sistema di accumulo:



Figura 8 Schema semplificato di un convertitore monostadio

Tali convertitori possono essere installati direttamente all'interno di container oppure realizzati in appositi skid esterni, come i convertitori centralizzati utilizzati nei parchi fotovoltaici, si riportano due esempi:



Figura 9 Esempio convertitore da interno



Figura 10 Esempio convertitore da esterno

Il convertitore poi risulta essere connesso ad un trasformatore elevatore MT/BT al fine di trasportare l'energia in maniera più efficiente e solitamente vengono realizzati degli skid esterni comprensivi di PCS, trasformatore e celle di media tensione. Di seguito un esempio di tale installazione:



Figura 11 Esempio skid conversione

5.4 CONTAINER

I container sono progettati per ospitare le apparecchiature elettriche, garantendo idonee segregazioni per le vie cavi (canalizzazioni e pavimento flottante), isolamento termico e separazione degli ambienti, spazi di manutenzione e accessibilità dall'esterno.

I container rispetteranno i seguenti requisiti:

- Resistenza al fuoco REI 120;
- Contenimento di qualunque fuga di gas o perdita di elettrolita dalle batterie in caso di incidente;
- segregazione delle vie cavi (canalizzazioni e pavimento flottante); adeguati spazi di manutenzione e accessibilità dall'esterno ai singoli compartimenti;
- isolamento termico in poliuretano o lana minerale a basso coefficiente di scambio termico;
- pareti di separazione tra i diversi ambienti funzionali (stanze o locali);
- porte di accesso adeguate all'inserimento / estrazione di tutte le apparecchiature (standard ISO + modifica fornitore) e alle esigenze di manutenzione;
- I locali batterie saranno climatizzati con condizionatori elettrici "HVAC". Ogni container sarà equipaggiato con minimo due unità condizionatore al fine di garantire della ridondanza;

- Particolare cura sarà posta nella sigillatura della base del container batterie. Per il locale rack batterie saranno realizzati setti sottopavimento adeguati alla formazione di un vascone di contenimento, che impedisca la dispersione di elettrolita nel caso incidentale;
- Sicurezza degli accessi: i container sono caratterizzati da elevata robustezza, tutte le porte saranno in acciaio rinforzato e dotate di dispositivi anti-intrusione a prevenire l'accesso da parte di non autorizzati.

I container batterie e inverter saranno appoggiati su una struttura in cemento armato, tipicamente costituita da una platea di fondazione appositamente dimensionata in base all'attuale normativa NTC 2018. La quota di appoggio dei container sarà posta a circa 25 cm dal piano di campagna, al fine di evitare il contatto dei container con il suolo e con l'umidità in caso di pioggia.

La superficie della piazzola di collocamento dei container sarà ricoperta con ghiaia. Si prevede che il percorso di accesso ai container (corridoio centrale tra le due file e zona perimetrale) potrà essere pavimentato con una semplice soletta in calcestruzzo tipo marciapiede.

5.5 COLLEGAMENTI ELETTRICI

Il collegamento del sistema di accumulo avverrà mediante 4 interruttori posti nelle celle di media a 36 kV sul quadro generale di media tensione dell'impianto.

I tratti di interconnessione tra i container saranno realizzati con tubi interrati, tipo corrugato doppia parete; nei punti di ingresso/uscita attraverso i basamenti dei container o tubi che saranno annegati nel calcestruzzo o tramite cavidotti. Saranno inoltre previsti pozzetti intermedi in cemento armato con coperchio carrabile, dimensioni indicative 1000x1000x800 mm

Sarà presente una sezione di bassa tensione in comune alle 4 sezioni, di alimentazione degli ausiliari 400 Vac e 230 Vac derivata dal trasformatore dei servizi ausiliari dell'impianto.

Tutti gli impianti elettrici saranno realizzati a regola d'arte, progettati e certificati ai sensi delle norme CEI EN vigenti.

Le sezioni dell'impianto di accumulo saranno collegate all'impianto di terra della sottostazione tramite appositi dispersori.

5.6 SISTEMA ANTINCENDIO

Sarà progettato e certificato in conformità alla regola dell'arte e normativa vigente. Il sistema, che sarà interfacciato con la centrale di allarme presente nella sala controllo dell'impianto, ha il compito di valutare i segnali dei sensori di fumo/termici e:

- allertare le persone in caso di pericolo;
- disattivare gli impianti tecnologici;

- attivare i sistemi fissi di spegnimento;

Le principali caratteristiche sono:

- i locali batterie saranno protetti da sistema di estinzione, attivato automaticamente dalla centrale antincendio in seguito all'intervento concomitante di almeno 2 sensori;
- il fluido estinguente sarà un gas caratterizzato da limitata tossicità per le persone e massima sostenibilità ambientale, contenuto in bombole pressurizzate con azoto (tipicamente a 25 bar). Sarà di tipo fluoro-chetone 3M NOVEC 1230 o equivalente. La distribuzione è effettuata ad ugelli, e realizzerà l'estinzione entro 10 s;
- la centrale di rilevazione e automazione del sistema di estinzione e le bombole saranno installate nel locale batterie;
- esternamente ai container saranno installati avvisatori visivi e acustici degli stati d'allarme, e sistema a chiave di esclusione dell'estinzione;
- saranno presenti pulsanti di allarme e specifiche procedure per la gestione delle eventuali situazioni di malfunzionamento in modo da escludere limitazioni alle attuali condizioni di sicurezza della centrale;
- nei locali elettrici non dotati di sistema di estinzione automatico (cabina elettrica) saranno previsti estintori a CO₂.

La gestione degli apparecchi che contengono gas ad effetto serra sarà conforme alle normative F-Gas vigenti.

6 CONFIGURAZIONE DEL BESS

La composizione del BESS è modulare e sarà composta da quattro sezioni di base di tipo A ed una di tipo B.

Le sezioni di base saranno così composte:

	Block A	Block B
Battery container	MC Cube MC10C-B5365-U-R4M01	MC Cube MC10C-B5365-U-R4M01
AC Converter type	INGECON SUN STORAGE 3930TL HV C600	INGECON SUN STORAGE 3930TL HV C600
Power Station:	FSK	FSK
N° Battery Containers:	4	2
N° Containers/AC Converter	2	2
N° AC Converters	2	1
N° AC Converters/Power Station	2	1
N° Power Stations	1	1
DC initial Power (KW):	4944	2472
DC initial Capacity (kWh):	19784	9892

In totale avremo:

BESS installation:	Stand Alone
Coupling type:	AC Coupling
Values defined at:	POI
Battery tecnologia:	i-Li
N° Block A:	4
N° Block B:	1
N° total containers	18
N° total AC converters	9
N° total power stations	5
Design Power (kW)	20 000
Design Capacity (kWh)	80 000
Usable initial power (kW)	21 805
Usable initial capacity (kWh)	84 060
Real storage duration (h)	4

Il sistema di batterie, quadri elettrici e ausiliari, è interamente contenuto all'interno di cabine in acciaio galvanizzato, di derivazione da container marini per trasporto merci di misure standard 40' ISO HC (dimensioni 12,2m x 2,45m x H2,9m), opportunamente allestiti per l'utilizzo speciale.

6.1 ATTIVITÀ IN FASE DI CANTIERE

Vista la natura delle opere previste, le attività di cantiere saranno quelle tipiche di un cantiere di tipo edile.

In fase di cantiere si prevede di occupare l'area, che varierà in base alla tecnologia da 2500 m2 a 3000 m2, di previsto utilizzo per gli impianti in progetto anche in fase di esercizio e alcune aree adiacenti per l'alloggiamento dei materiali e dei macchinari.

Le principali attività previste ai fini dell'installazione dei diversi impianti, si presume saranno le seguenti:

- preparazione dell'area,
- realizzazione della pavimentazione in CLS,
- trasporto e posa dei container e delle BESS,
- operazioni di assemblaggio dei diversi impianti,
- montaggio e assemblaggio tubazioni, passerelle e allacciamenti.

Data l'entità e la tipologia delle opere da costruire, si prevede che le attività in fase di cantiere consentano di riutilizzare sul posto la ghiaia ed il limitato volume scavato per la realizzazione della pavimentazione, senza ulteriori obblighi in materia di gestione delle terre da scavo.

Le emissioni in atmosfera durante tale fase si prevede siano, nel primo periodo relativo alla preparazione e livellamento dell'area e alla realizzazione delle fondazioni, analoghe a quelle di un cantiere edile, e successivamente trascurabili, quando prevarranno operazioni di assemblaggio e carpenteria.

Anche dal punto di vista del rumore, le opere descritte sono associate ad emissioni sonore confrontabili a quelle di un normale cantiere edile, ma caratterizzate da una durata limitata nel tempo.

Il traffico indotto dal trasporto dei materiali e dei rifiuti si prevede sia di entità trascurabile, e non generi impatti sulle diverse componenti ambientali.

La durata della fase di costruzione si prevede sarà di alcuni mesi.

7 SERVIZI AUSILIARI

I servizi ausiliari (SS.AA.) della stazione utente verranno alimentati dal trasformatore servizi ausiliari che si trova nel locale apposito della cabina di consegna utente. Sono costituiti da due sistemi di tensione (c.a. e c.c.) necessari per il funzionamento della sottostazione. Si installeranno sistemi di alimentazione in corrente alternata e in corrente continua per alimentare i distinti componenti di controllo, protezione e misura.

I servizi di corrente alternata e continua saranno alloggiati in diversi armadi destinati a realizzare le rispettive distribuzioni.

7.1 SERVIZI AUSILIARI IN C.A.

Per disporre di questi servizi, è prevista l'installazione di un trasformatore esterno da 150 kVA, le cui caratteristiche sono le seguenti:

Trifase isolato in olio

Potenza nominale	150 kVA
Tensioni primaria	$36 \pm 2,5 \pm 5 + 7,5\%$ kV
Tensione secondaria (trifase)	0,420 kV
Connessioni	Triangolo/ Stella
Gruppo di connessione	Dyn 11

Le principali utenze in corrente alternata sono:

- Raddrizzatori;
- Illuminazione e f.m. privilegiata;
- Motori di manovra dei sezionatori;
- Motori per il comando degli interruttori;
- Raddrizzatori delle teletrasmissioni.

La sottostazione sarà inoltre predisposta per facilitare la connessione rapida di un gruppo elettrogeno mobile in caso di guasto dei trasformatori di servizi ausiliari o fuori servizio dei quadri a 36 kV per manutenzione o guasto.

Ciò avviene per mezzo di un quadro di connessione rapida posto all'esterno dell'edificio di controllo.

7.2 SERVIZI AUSILIARI IN C.C.

L'alimentazione dei servizi in corrente continua è assicurata da un idoneo sistema raddrizzatore/batterie a 110 Vcc. Le caratteristiche del raddrizzatore e delle batterie verranno scelte durante la fase esecutiva:

Le apparecchiature alimentate alla tensione di 110 Vcc funzioneranno ininterrottamente. Il processo di carica delle batterie sarà gestito automaticamente, senza la necessità di alcun tipo di vigilanza o controllo, quindi più sicuro per il mantenimento di un servizio permanente.

Le apparecchiature saranno idonee a funzionare con temperature interne all'edificio comprese tra 10°C e 40°C.

In condizioni di normale funzionamento (corrente alternata presente), il raddrizzatore fornirà sia la corrente di funzionamento degli ausiliari in corrente continua, sia la corrente di mantenimento o di carica necessaria per la batteria.

In assenza di corrente alternata di alimentazione, la batteria deve essere in grado di alimentare i circuiti ausiliari in corrente continua utilizzatori per il tempo prefissato.

8 OPERE CIVILI

Le opere civili per la costruzione dell'area BESS e stazione utente sono di seguito descritte.

8.1 APPIANAMENTO DEL TERRENO

I lavori riguardano l'intera area e consisteranno nell'eliminazione del mantello vegetale, scavo, riempimento e compattamento fino ad arrivare alla quota di appianamento prevista.

8.2 FONDAZIONI

Si realizzeranno le fondazioni necessarie alla stabilità delle apparecchiature esterne, dei container BESS e delle cabine.

8.3 DRENAGGIO DI ACQUA PLUVIALE

Il drenaggio di acqua pluviale sarà realizzato tramite una rete di raccolta formata da tubature drenanti che canalizzeranno l'acqua attraverso un collettore verso l'esterno, orientandosi verso le cunette vicine alla sottostazione.

8.4 CANALIZZAZIONI ELETTRICHE

Si costruiranno le canalizzazioni elettriche necessarie alla posa dei cavi di potenza e controllo.

Queste canalizzazioni saranno formate da solchi, archetti o tubi, per i quali passeranno i cavi di controllo necessari al corretto controllo e funzionamento dei distinti elementi dell'impianto.

8.5 ACCESO E VIALI INTERNI

È stato progettato l'accesso all'area dalla strada di accesso alla nuova sottostazione RTN.

Si costruiranno i viali interni necessari a permettere l'accesso dei mezzi di trasporto e manutenzione richiesti per il montaggio e la manutenzione degli apparati della stazione elettrica.

8.6 CHIUSURA PERIMETRALE

La recinzione dell'area della sottostazione sarà di tipo ventilato costituita da moduli di cemento prefabbricato alti 2,50 con aste superiori di altezza 1,70 m equi spaziate ogni 0,20 - 0,25 m. L'altezza totale prevista della recinzione è di metri 2,50. Lo spessore della base dei moduli sarà di cm. 30.

L'accesso alla Sottostazione sarà costituito da due cancelli, uno pedinabile con luce netta di 0,90 m e l'altro carrabile di luce netta pari a 7,0 m completi di cerniere, serratura, ferramenta di manovra e chiusura e di

cuscinetti a sfera da applicare su telai bassi per lo scorrimento del cancello su guide in ferro murate nel pavimento, i cancelli saranno zincato a caldo.

8.7 DECOMMISSIONING

Per quanto concerne la dismissione e la gestione del fine vita, il progetto prevede decommissioning, riciclabilità e trattamento fine-vita delle apparecchiature e dei materiali. È assicurata piena compatibilità di tutti i materiali con le leggi e normative nazionali e internazionali sullo smaltimento e trattamento dei rifiuti.

In generale, il sistema è composto, oltre che dalle batterie di accumulatori, da apparecchiature elettriche ed elettroniche, cavi elettrici in rame, apparecchiature elettriche quali trasformatori e inverter, quadri elettrici e container in carpenteria metallica, basamenti in calcestruzzo, pozzetti e cavidotti.

Ciascun materiale sarà gestito, nel fine vita, come indicato dalla normativa vigente.

Per quanto riguarda le batterie, l'ente di riferimento è il COBAT (consorzio obbligatorio per lo smaltimento delle batterie esauste) che opera ai sensi della legge 475 del 1988, oltre ai decreti D.Lgs. 188/08 di recepimento della Direttiva Comunitaria 2006/66/CE, e le successive correzioni e integrazioni introdotte dal D.Lgs. 21 del 11/02/2

9 SISTEMA DI CONTROLLO

Tutti i principali componenti dell'impianto eolico saranno predisposti per comunicare con un sistema SCADA installato all'interno della cabina CTE insieme ai sistemi RTU e UPDM che nel loro complesso renderanno possibile la eventuale gestione remota dell'impianto eolico da parte del Gestore della Rete Nazionale e/o del gestore locale dell'impianto, attraverso il controllo dei parametri rilevanti dell'impianto, ovvero: potenza attiva e reattiva, tensione, frequenza e fattore di potenza, performance di produzione e teledistacco.

Tutti i parametri rilevanti dell'impianto eolico come ad esempio correnti e tensioni, saranno continuamente monitorati da un sistema dedicato, compatibile con tutte le altre apparecchiature e, in caso di guasto di un componente, la porzione di impianto verrà isolata automaticamente dalle protezioni e sarà segnalato su un sistema HMI, sia localmente che in remoto.

Ogni funzione dell'aerogeneratore verrà monitorata e controllata in tempo reale attraverso un sistema di controllo dedicato, basato su architettura SCADA-RTU che si estende sull'intero parco eolico. A bordo di ogni aerogeneratore, ai fini del controllo continuo, si installeranno le Remote Terminal Unit (RTU) costituite da tre apparati distinti: un PLC per il monitoraggio real-time, uno per il telecontrollo ed uno per lo storico dati. Con questa architettura si potrà supervisionare, anche a distanza, ogni componente di interesse dell'impianto eolico, nonché ottenere la supervisione istantanea dei parametri elettrici elementari, corrente e tensione e degli allarmi generati dalla rilevazione degli stati degli interruttori.

Mentre, con l'ausilio dello SCADA sarà possibile vedere i valori primitivi rilevati e visualizzabili dai singoli RTU, oltre ai dati aggregati frutto di elaborazione dei dati primitivi, come ad esempio valutazione delle performance, produzioni in diversi intervalli temporali, etc. Inoltre, l'impianto sarà caratterizzato da un Power Plant Controller tramite cui avverrà la comunicazione con il gestore della rete.

Oltre a queste funzioni base lo SCADA si occuperà della gestione degli allarmi e valutazione della non perfetta funzionalità dell'impianto in base agli scostamenti rilevati tra producibilità teorica e producibilità effettiva.

La struttura delle pagine video del sistema SCADA dovranno includere:

- Schema generale di impianto;
- Pagina allarmi con finestra di pre-view;
- Schemi dettagliati di stallo.

I dati raccolti dagli aerogeneratori saranno trasmessi, mediante un sistema di connessione realizzato con cavi in fibra ottica multimodale da 62,5/125 μm . ad un Firewall di Impianto e per mezzo di quest'ultimo avverrà l'interfacciamento con il centro di controllo.

La Fibra Ottica che verrà messa in opera all'interno del tubo in PEAD, posato all'interno dello scavo dei cavidotti. Il collegamento dei singoli aerogeneratori con il sistema di controllo avverrà secondo lo schema riportato nella relativa tavola.

La fibra verrà utilizzata per superare il limite fisico della distanza di trasmissione dei cavi in rame, quindi comunicazione su grandi distanze, e nel caso in cui sia necessaria una elevata banda passante come nel caso dell'invio di dati. I dati rilevati verranno salvati in appositi database, e sarà possibile la visualizzazione da remoto mediante interfaccia web.

Da ciascuna unità di controllo di montante e dei SSAA si potrà controllare e agire localmente sugli apparati associati, e dalla unità di controllo di sottostazione si potrà appunto controllare tutta la sottostazione (tramite un PC standard connesso a tale unità), e disporre di informazioni relative a misure, allarmi e stato della sottostazione in generale.

9.1 RTU DELL'IMPIANTO DI CONSEGNA

Tale sistema deve rispondere alle specifiche TERNA S.p.A. Le caratteristiche degli apparati periferici RTU devono essere tali da rispondere ai requisiti di affidabilità e disponibilità richiesti e possono variare in funzione della rilevanza dell'impianto.

La RTU dovrà svolgere i seguenti compiti:

- Interrogazione delle protezioni della stazione di consegna, per l'acquisizione di segnali e misure attraverso le linee di comunicazione;
- Comando della sezione MT della sottostazione;
- Acquisizione di segnali generali di tutta la rete elettrica;
- Trasmettere a TERNA S.p.A. i dati richiesti dal Regolamento di Esercizio, secondo i criteri e le specifiche dei documenti TERNA.

La RTU sarà comandabile in locale dalla sottostazione tramite un quadro sinottico che riporterà lo stato degli organi di manovra di tutta la rete, i comandi, gli allarmi, le misure delle grandezze elettriche.

10 MESSA A TERRA

10.1 DESCRIZIONE

L'impianto di terra sarà rispondente alle prescrizioni del Cap. 9 della Norma CEI 11-1 ed alle prescrizioni della Guida CEI 11-37.

La maglia di terra sarà realizzata con conduttori di rame nudi di adeguata sezione, interrati ad una profondità di almeno 0,70 metri e comunque ad una profondità superiore a quella di riempimento previsto per la realizzazione della stazione.

Ricordiamo che sarà inoltre collegato alla rete di terra del parco eolico.

10.2 MESSA A TERRA DI PROTEZIONE

Tutti gli elementi metallici dell'impianto saranno connessi alla rete di terra, rispettando le prescrizioni nella CEI 11-1 (paragrafo 9).

Si conetteranno a terra (protezione delle persone contro contatto diretto) tutte le parti metalliche normalmente non sottoposte a tensione, ma che possano esserlo in conseguenza di avaria, incidenti, sovratensione o tensione indotta. Per questo motivo, si conetteranno alla rete di terra:

- Le carcasse di trasformatori, motori e altre macchine
- Le carpenterie degli armadi metallici (controllo e celle 36 kV)
- Gli schermi metallici dei cavi 36 KV
- Le tubature ed i conduttori metallici

Nell'edificio non si metteranno a terra:

- Le porte metalliche esterne dell'edificio
- Le sbarre anti-intruso delle finestre
- Le griglie esterne di ventilazione.

I cavi di messa a terra si fisseranno alla struttura e carcasse delle attrezzature con viti e graffe speciali di lega di rame. Si utilizzeranno saldature ad alto potere di fusione per l'unione sotterranea, per resistere alla corrosione galvanica.

11 MISURA

L'energia esportata e importata del parco si misurerà nel punto di connessione con la rete del gestore. Si installerà inoltre un contatore ulteriore nella posizione di uscita della linea di consegna dalla sottostazione con le caratteristiche di seguito riportate.

La misura sarà effettuata tramite tre trasformatori di tensione esclusivamente dedicati e tre trasformatori di corrente aventi anche altre funzioni (i secondari impiegati esclusivamente per la misura di fatturazione saranno di classe di precisione 0,2).