

REGIONE
BASILICATA



Comune
LATERZA



Comune
MATERA



Comune
CASTELLANETA



Provincia
MATERA



**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO
EOLICO DENOMINATO "MATERA" COSTITUITO DA 14
AEROGENERATORI CON POTENZA COMPLESSIVA DI 89,4 MW E
RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N.**

Relazione tecnica dell'impianto eolico

ELABORATO

A.9

PROPONENTE:

SANTERAMO WIND S.R.L.
Contrada Cacapentima snc
74014 Laterza (TA)
pec: santeramowind@pec.it

cod. id.: E-MASAN

CONSULENTI:

Dott.ssa Elisabetta Nanni

Dott. Ing. Rocco CARONE

Dott. Biol. Fau. Lorenzo GAUDIANO

Dott. Geol. Michele VALERIO

PROGETTISTI:


ATECH
SOCIETÀ DI INGEGNERIA

Via Caduti di Nassiriya 55
70124 Bari (BA)
e-mail: atechsrl@libero.it
pec: atechsrl@legalmail.it


P.M.
Innovative Engineering

STUDIO PM SRL
Via dell'Artigianato 27 75100 Matera (MT)
e-mail: paolo.montefinese@pm-studio
pec: studiopm@mypec.eu

DIRETTORE TECNICO
Dott. Ing. Orazio TRICARICO
Ordine ingegneri di Bari n. 4985



Dott. Ing. Paolo MONTEFINESE
Ordine ingegneri di Matera n. 968



Dott. Ing. Alessandro ANTEZZA
Ordine ingegneri di Bari n. 10743



0	Febbraio 2024	B.C.C	A.A.	O.T.	Progetto definitivo
EM./REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DESCRIZIONE

1. PREMESSA	2
1.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
2. STAZIONE ELETTRICA DI TRASFORMAZIONE "SANTERAMO WIND S.R.L."	4
2.1. LAY-OUT IMPIANTISTICO	4
2.2. APPARECCHIATURE AT E MACCHINARIO	6
2.3. CARPENTERIA METALLICA, CONDUTTORI, ISOLATORI E MORSETTERIA	9
2.4. OPERE CIVILI ED EDIFICIO UTENTE	10
2.5. IMPIANTO DI TERRA	11
2.6. SERVIZI AUSILIARI E GENERALI	12
2.7. SISTEMA DIGITALE DI SUPERVISIONE E COMANDO DELL'IMPIANTO	14
2.8. RUMORE	16
2.9. EFFETTO CORONA E COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA	16
2.10. CAMPI ELETTROMAGNETICI ED ESPOSIZIONE	16
3. CARATTERISTICHE DELL'AEROGENERATORE	18
3.1. TRASFORMATORE MT/BT	22
3.2. INTERRUTTORI DI ALTA TENSIONE	23
4. ELETTRDOTTO DI MEDIA TENSIONE	23
4.1. CARATTERISTICHE DEL COLLEGAMENTO IN CAVO	24



1. PREMESSA

Il presente documento descrive gli interventi necessari alla realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione da fonte eolica costituito da **14 turbine (denominati MAT 01-14) avente potenza complessiva pari a 89,4 MW** e delle relative opere di connessione alla rete elettrica nazionale da realizzare in zone classificate agricole, non di pregio, dal vigente strumento urbanistico comunale. Gli aerogeneratori saranno ubicati nel territorio comunale di Matera (MT) mentre le opere di rete interessano i territori comunali di Laterza e Castellaneta (TA).

La società Santeramo Wind S.r.l. ha richiesto il preventivo di connessione a Terna allegando dichiarazione di condivisione della sottostazione elettrica utente 150/30kV con l'impianto eolico da realizzarsi nel comune di Santeramo in Colle (BA), sempre proposto dalla medesima società.

Gli impianti da realizzare, nel rispetto delle normative tecniche e di legge vigenti, comprendono:

- n° 5 aerogeneratori della potenza di 6,0 MW (denominati "MAT 01-05") e delle rispettive piazzole di collegamento;
- n° 9 aerogeneratori della potenza di 6,6 MW (denominati "MAT 06-14") e delle rispettive piazzole di collegamento;
- Elettrodotto MT di connessione
- Sotto Stazione Elettrica MT/AT
- Elettrodotto AT di connessione alla Stazione Elettrica della RTN 380/150kV di Castellaneta (TA)
- Stallo arrivo produttore a 150kV nella Stazione Elettrica della RTN 380/150kV di Castellaneta (TA)

1.1. Normativa di riferimento

Gli impianti di cui nel presente progetto devono essere realizzati a regola d'arte, giusta prescrizione della Legge 1 marzo 1968 nr. 186 e del DM 37/08. Le caratteristiche degli impianti stessi, nonché di loro componenti, devono corrispondere alle norme di legge e di regolamento vigenti alla data di esecuzione dei lavori, tra i quali:

- CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;
- CEI 11-20 e varianti: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;



- CEI EN 61000-3-2: Compatibilità elettromagnetica (EMC) -Parte 3: Limiti Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso = 16 A per fase);
- CEI EN 61400: Sistemi di generazione a turbina eolica;
- CEI EN 60439-1-2-3: Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione;
- CEI EN 60445: Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico;
- CEI EN 60529: Gradi di protezione degli involucri (codice IP);
- CEI EN 60099-1-2: Scaricatori per sovratensioni;
- CEI 20-19: Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750V;
- CEI 20-20: Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750V;
- CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo;
- CEI 81-3: Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato dei Comuni d'Italia;
- CEI 81-10: "Protezione delle strutture contro i fulmini";
- CEI 11-37: Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1 kV;
- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- CEI 64-57 Impianti di piccola produzione distribuita;
- CEI EN 61724: Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici. Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;
- norme CEI 110-31,28 per il contenuto di armoniche e i disturbi indotti sulla rete dal convertitore c.c. / c.a.;
- norme CEI 110-1, le CEI 110-6 e le CEI 110-8 per la compatibilità elettromagnetica (EMC) e la limitazione delle emissioni in RF.
- D.Lgs. 81/08 per la sicurezza e la prevenzione degli infortuni sul lavoro;
- DM 37/08, per la sicurezza elettrica.
- CEI 0-16 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- Codice di trasmissione dispacciamento, sviluppo e sicurezza della rete;



I riferimenti di cui sopra possono non essere esaustivi ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia, anche se non espressamente richiamati, si considerano applicabili.

2. STAZIONE ELETTRICA DI TRASFORMAZIONE "Santeramo Wind S.r.l."

La Stazione elettrica utente condivisa ha la funzione, come descritto in precedenza, di convogliare l'energia prodotta dagli impianti eolici di Matera e di Santeramo in Colle, effettuare la trasformazione alla tensione nominale di 150 kV e interconnettere la propria sezione 150 kV a quella della stazione elettrica RTN 150kV, tramite il collegamento a mezzo del sistema di sbarre sopraccitato. Nello specifico i due impianti utilizzeranno un'area comune per la realizzazione di tutte le opere in media e alta tensione necessarie per l'ingresso sullo stallo linea 150 kV e divideranno il montante arrivo linea AT a 150 kV e il cavo AT di collegamento del suddetto montante allo stallo 150 kV della stazione RTN "Castellaneta" attualmente assegnato a Santeramo Wind, per la connessione dell'impianto eolico di Santeramo in Colle. Saranno invece distinti e separati i due trasformatori 150/30kV e tutte le infrastrutture MT a servizio dei due impianti eolici, in modo che i medesimi non presentino alcuna interconnessione funzionale e, in particolare, siano dotati di distinte apparecchiature di misura dell'energia prodotta lorda che ne consentano la gestione separata. La società Santeramo Wind S.r.l. sarà l'interlocutore unico nei rapporti con Terna in relazione alle parti comuni d'impianto e, più in generale, per l'intera area della sottostazione.

2.1. Lay-out impiantistico

La SSE sarà composta da:

- Uno stallo trasformatore con n°1 TR 30/150 kV da 100 MVA;
- Un sistema di sbarre con conduttori in tubo di alluminio con due campate da 11 m cadauna ed uno stallo di sovrappasso.

La disposizione elettromeccanica delle apparecchiature AT è descritta negli allegati al progetto.

Il dimensionamento geometrico e spaziale degli impianti, ai fini dell'esercizio e della manutenzione, descritto negli elaborati allegati, risponde ai seguenti requisiti:

- osservanza delle Norme CEI 11-1 "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata";



- possibilità di circolazione delle persone in condizioni di sicurezza su tutta la superficie della stazione nel rispetto di tutte le distanze di guardia e di vincolo (con riferimento alla norma CEI 11-1);
- possibilità di circolazione, dei normali mezzi di manutenzione sulla viabilità interna;

Per l'ubicazione delle celle MT con l'arrivo dei collegamenti a 30 kV dall'impianto eolico "Matera", i quadri dei servizi ausiliari in bt, dei trasformatori elettrici MT/bt, dei servizi generali, nonché per gli apparati del sistema di supervisione e comando dell'impianto, al pari dei locali per il personale, sarà installato un "Edificio Utente", come nel seguito specificato.

Principali dati del lay-out impiantistico della stazione RTN:

- distanza tra le fasi per le sbarre, le apparecchiature ed i conduttori: 2,20 m
- larghezza massima degli stalli: 11 m
- altezza dei conduttori di stallo: 4,50 m
- quota asse sbarre: 7,50 m

Grandezze Nominali

Tensione Nominale: 150 kV

Tensione massima: 170 kV

Livello di isolamento a i.a.: 650 kV (Vs massa)

Tensione di tenuta a f.i. 275 kV (Vs massa)

Frequenza nominale: 50 Hz

Corrente nominale modulo linea e macchina: 1250 A

Corrente nominale modulo sbarre: 2000 A

Tensione nominale circuiti voltmetrici: 100V

Corrente nominale circuiti amperometrici: 5 A

Tensione di alimentazione ausiliaria in c.c.: 110 V

Tensione di alimentazione ausiliaria in c.a.: 230/400 V

La configurazione elettrica dell'intero impianto è indicata nello "schema elettrico unifilare", elaborato EP17.2 – Schema elettrico unifilare.



2.2. Apparecchiature AT e Macchinario

Apparecchiature AT a 150 kV

Le principali apparecchiature AT costituenti l'impianto 150 kV sono:

- n. 1 interruttore AT;
- n. 1 sezionatore AT verticale tripolare
- n. 3 trasformatori di tensione induttivi
- n. 3 trasformatori di tensione capacitivi
- n. 6 trasformatori di corrente
- n. 3 scaricatori ad ossido di zinco
- n. 1 Trasformatore elettrico 150/30 kV da 100 MVA con Variatore Sotto Carico

Macchinario

I trasformatore trifasi, che verranno ubicati nella stazione elettrica, saranno del tipo in olio per trasmissione in alta tensione, con tensione primaria 150 KV e secondaria 30 kV, saranno costruiti secondo le norme CEI 14-4, con nuclei magnetici a lamierini al Fe e Si a cristalli orientati a bassa cifra di perdita ed elevata permeabilità.

Gli avvolgimenti verranno realizzati con conduttori in rame elettrolitico E Cu 99.9%, ricotto o ad incrudimento controllato, con isolamento in carta di pura cellulosa.

Allo scopo di mantenere costante la tensione dell'avvolgimento secondario al variare della tensione primaria il trasformatore verrà corredato di un commutatore di prese sull'avvolgimento collegato alla rete elettrica soggetto a variazioni di tensione.

Lo smaltimento dell'energia termica prodotta nel trasformatore per effetto delle perdite nel circuito magnetico e negli avvolgimenti elettrici sarà del tipo ONAN/ONAF (circolazione naturale dell'olio e dell'aria/ circolazione naturale dell'olio e forzata dell'aria).

Le casse d'olio saranno in acciaio elettrosaldato con conservatore e radiatori, gli isolatori passanti saranno in porcellana.

La macchina sarà riempita con olio minerale esente da PCB o, a richiesta, con fluido isolante siliconico ininfiammabile. Il trasformatore sarà dotato di valvola di svuotamento dell'olio a fondo cassa, valvola di scarico delle sovrappressioni sul conservatore d'olio, livello olio, pozzetto termometrico, morsetti per la messa a terra della cassa, golfari di sollevamento, rulli di scorrimento orientabili.

Verranno installati due trasformatori aventi le seguenti caratteristiche elettriche:

1. Caratteristiche costruttive

Tipo di servizio	continuo
Raffreddamento	ONAN/ONAF
Potenza nominale	100 MVA
Tensioni a vuoto	
Primario	150 12x1,25%
Secondario	30 kV
Frequenza	50 Hz
Connessione	Stella/triangolo
Gruppo di connessione	YNd11
Tensione di cortocircuito	12%

2. Isolamento

Tensione a impulso atmosferico (1,2/50 s):

Primario	650 kV
Neutro del primario	250 kV
Secondario	170 kV
Tensione a frequenza industriale:	
Primario	275 kV
Neutro del primario	95 kV
Secondario	70 kV

La presenza di olio minerale per l'isolamento del trasformatore di potenza richiede la realizzazione di una vasca di raccolta dell'olio in fuoriuscita dal trasformatore in caso di incendio.

Tale vasca di raccolta sarà realizzata in unica fossa contenente il serbatoio di capacità tale da contenere interamente il liquido isolante contenuto nel trasformatore. Le pareti della vasca saranno interamente impermeabili, e rivestite di in modo che il liquido fuoriuscito dal trasformatore in seguito ad incendio non filtri nel terreno andando ad interessare eventuali falde presenti nel sottosuolo. L'eventuale svuotamento della stessa verrà affidata a ditte specializzate per il trattamento di acque da dilavamento.

Di seguito le caratteristiche della vasca di raccolta dell'olio che si prevede di realizzare.

- supporto trasformatori: la vasca presenta n° 2 travi in cls armato sormontate da piastre per l'appoggio del trasformatore (dotate di specifica messa a terra);
- pescaggio di fondo: il tubo per il pescaggio di fondo risale fino a quota bordo vasca attraversando il grigliato per fornire l'attacco pompa in sommità;
- dimensioni massime: superiori alle massime in pianta del trasformatore;
- dispositivo di controllo: per il controllo del livello del liquido munito di sistema di allarme in caso di troppo pieno;
- strato di ghiaia: al fine di consentire l'estinzione della fiamma eventualmente in propagazione con l'olio isolante in fuoriuscita, la vasca è dotata di uno strato di ghiaia con granulosità pari a circa 40-60 mm e profondità non inferiore a 300 mm posata su apposito grigliato.

In particolare, per quanto concerne la normativa antincendio, essendo prevista l'installazione di Trasformatori MT/AT e rientrando dette apparecchiature nel punto 48 categoria B dell' "ALLEGATO I (di cui all'articolo 2, comma 2 D.P.R. n. 151) ELENCO DELLE ATTIVITA' SOGGETTE ALLE VISITE E AI CONTROLLI DI PREVENZIONE INCENDI" - "Centrali termoelettriche, macchine elettriche fisse con presenza di liquidi isolanti combustibili in quantitativi superiori a 1 m³ - Macchine elettriche", relativamente all'installazione sarà richiesta, in fasi successive dell'iter autorizzativo, autorizzazione ai sensi del D.P.R. n. 151 del 1 agosto 2011 "Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'articolo 49 comma 4-quater, decreto legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122".

Coordinamento dell'isolamento

Per la sezione 150 kV è previsto un unico livello di isolamento esterno di 750 kV picco a impulso atmosferico e di 325 kV a f.i. con distanze minime di isolamento in aria fase-terra e fase-fase di 150 cm.

Per gli isolamenti interni è previsto un unico livello di isolamento di 750 kV picco a impulso atmosferico e 325 kV a f.i.

Correnti di corto circuito e correnti termiche nominali

Il livello di corrente di corto circuito trifase per il dimensionamento della sezione 150 kV, ovvero potere interruzione interruttori, corrente di breve durata dei sezionatori e TA, caratteristiche meccaniche degli isolatori portanti, sbarre e collegamenti e dimensionamento termico della rete di terra dell'impianto, è pari a 31,5 kA.

Le correnti di regime sono:

- Per le sbarre: 2000 A
- Per gli stalli linea/trasformatore: 1250 A

2.3. Carpenteria metallica, conduttori, isolatori e morsetteria

I sostegni dei componenti e delle apparecchiature di stazione saranno del tipo tubolare e tralicciato. Il tipo tubolare verrà utilizzato per la realizzazione dei sostegni delle apparecchiature AT, delle sbarre e degli isolatori per i collegamenti ad alta tensione, mentre quello tralicciato verrà utilizzato per i sostegni porta terminali aereo/cavo.

Tutti i sostegni saranno rispondenti alle seguenti Norme e Decreti:

- ◆ Norme CEI 7-6 e 11-4
- ◆ Norme UNI 3740 e 7091
- ◆ Norme UNI EN 10025 e 10045/1
- ◆ Norma CNR UNI 10011
- ◆ DM 1086 del 05/11/71

Tutti i materiali per la costruzione dei sostegni verranno individuati tra quelli indicati dalle Norme UNI EN 10025, con l'esclusione degli acciai Fe 490, Fe 590 e Fe 690. I collegamenti filettati per tutti i tipi di sostegno saranno conformi alle Norme UNI 3740. Tutto il materiale ferroso verrà zincato a caldo secondo quanto prescritto dalla Norma CEI 7-6.

Tutti i sostegni sono completi di tutti gli accessori necessari e sono predisposti per la messa a terra, secondo quanto previsto dalla Norma CEI 11-4.

Gli isolatori utilizzati per le sbarre, per i sezionatori (isolatori portanti e di manovra) e per le colonne portanti verranno realizzati in materiale polimerico/ceramico e saranno conformi alle Norme CEI 36-12 e CEI EN 60168 e successive integrazioni e modifiche.

La morsetteria AT di stazione è conforme alle Norme CEI EN 61284 e sue successive modifiche ed integrazioni e comprende tutti i pezzi adottati per le connessioni delle sbarre, per le connessioni tra le apparecchiature e per quelle tra le apparecchiature e le sbarre, nonché quelli necessari per gli amarri di linea. La morsetteria è dimensionata per le correnti di breve durata definite.

Il sistema di sbarre è realizzato mediante conduttori in tubo in lega di alluminio con le seguenti caratteristiche:

- ◆ diametro: 100/86 mm
- ◆ lunghezza massima campate: 11 m
- ◆ sbalzo alle estremità: 2 m

Il sistema di sbarre verrà realizzato mediante conduttori in tubo in lega di alluminio conforme con le seguenti caratteristiche:

Tensione	150 kV
Diametro (est/int) [mm]	100/86
Lunghezza Campate [m]	11
Sbalzo all'estremità [m]	2

Ogni singola fase sarà costituita da una trave unica, vincolata su uno dei sostegni centrali e libera di scorrere sui restanti sostegni.

Per i collegamenti fra le apparecchiature verranno impiegati conduttori in corda di alluminio crudo di diametro 36 mm.

2.4. Opere civili ed edificio Utente

Le aree sottostanti le apparecchiature di AT saranno sistemate con pietrisco, mentre le strade e i piazzali di servizio saranno pavimentati con binder e tappetino di usura in conglomerato bituminoso.

Le fondazioni delle apparecchiature di AT saranno in conglomerato cementizio armato e adeguate alle sollecitazioni previste (peso, vento, sisma, corto circuito), saranno realizzate in conformità a quanto previsto dal DM 14/01/2008, Nuovo Testo Unico sulle costruzioni.

Per i collegamenti bt tra le apparecchiature, gli apparati di campo e l'edificio si utilizzeranno tubazioni interrate in PVC serie pesante e una cunicolo interrato che perimetrerà l'intera sezione AT.

Gli apparati di campo saranno ubicati all'interno dell'edificio di controllo, così come da architettonico allegato, elaborato "EP18.03 - Cabina SottoStazione MT-AT", utilizzato come sala quadri e servizi.

L'intero impianto sarà perimetrato con una recinzione in calcestruzzo vibrato, altezza non inferiore ai 2,5 m, mentre sarà presente sia un cancello carraio che uno pedonale.

La costruzione potrà essere del tipo tradizionale con struttura in c.a. e tamponature in muratura di laterizio rivestite con intonaco di tipo civile, oppure prefabbricata. La copertura del tetto sarà coibentata ed impermeabilizzata, gli infissi realizzati in alluminio anodizzato del tipo antisfondamento. Nei locali apparati sarà posto in opera un pavimento modulare flottante per consentire il passaggio dei cavi.

Per le acque di scarico dei servizi igienici dell'edificio Utente, sarà prevista una vasca IMHOFF ed una vasca a tenuta munita di segnalatore di livello con allarme collegato al sistema di supervisione dell'impianto.

L'acqua per i sanitari sarà invece garantita tramite un serbatoio interrato da min. 5000 l posizionato all'interno in apposita camera in c.a. gettato in opera e coperto da griglia di ispezione carrabile per mezzi pesanti, vicino al cancello di ingresso e al di sotto della quota stradale; l'acqua sarà mandata in pressione verso i servizi da apposita autoclave installata nei pressi del serbatoio.

2.5. Impianto di terra

L'impianto di terra sarà dimensionato in accordo alla Norma CEI 11-1, sarà costituito da una rete magliata di conduttori in corda di rame e dimensionato termicamente per la corrente di 31,5 kA, per una durata di 0.5 s.

Per il suo progetto si procederà:

- al dimensionamento termico del dispersore e dei conduttori di terra in accordo all'Allegato B della Norma CEI 11-1;
- alla definizione delle caratteristiche geometriche del dispersore, in modo da garantire il rispetto delle tensioni di contatto e di passo secondo la curva di sicurezza di cui alla Fig.C-2 della Norma CEI 11-1.

Allo stato attuale delle conoscenze si può supporre di realizzare la rete magliata di conduttori scegliendo il lato di maglia in modo da limitare le tensioni di passo e di contatto a valori non pericolosi, secondo quanto previsto dalla norma CEI 11-1.

Nei punti sottoposti ad un maggior gradiente di potenziale (sostegni, TA, TV, scaricatori) le dimensioni delle maglie saranno opportunamente ridotte.

La rete di terra primaria potrà essere costituita, come da altri impianti simili della RTN, da conduttori in corda di rame nudo avente sezione 63 mm^2 interrati ad una profondità di 0,70 m.

I conduttori di terra che collegano al dispersore le strutture metalliche, saranno in rame di diametro 14.7 mm (sezione 125 mm^2) collegati a due lati di maglia. I TA, i TV, ed i portali di amarro sono collegati alla rete di terra mediante quattro conduttori di rame sempre di diametro 14.7 mm, allo scopo di ridurre i disturbi elettromagnetici nelle apparecchiature di protezione e di controllo (compatibilità elettromagnetica), specialmente in presenza di correnti ad alta frequenza.

Tensioni di contatto e di passo

La definizione della geometria del dispersore al fine di garantire il rispetto dei limiti di tensione di contatto e di passo sarà effettuata in fase di progetto esecutivo, quando saranno noti i valori di resistività del terreno, da determinare con apposita campagna di misure.

In via preliminare, sulla base degli standard normalmente adottati e di precedenti esperienze, può essere ipotizzato un dispersore orizzontale a maglia, con lato di maglia di 5m.

In caso di terreno non omogeneo con strati superiori ad elevata resistività si potrà procedere all'installazione di dispersori verticali (picchetti) di lunghezza sufficiente a penetrare negli strati di terreno a resistività più bassa, in modo da ridurre la resistenza di terra dell'intero dispersore.

In ogni caso, qualora risultasse la presenza di zone periferiche con tensioni di contatto superiori ai limiti, si procederà all'adozione di misure correttive così come previsto dalle norme CEI 99-2 e 3 e dalla Norma CEI 11-37.

2.6. Servizi Ausiliari e Generali

Servizi Ausiliari

Per l'alimentazione dei Servizi Ausiliari in corrente alternata sarà prevista una fonte esterna in bassa tensione e come soccorso un Gruppo Elettrogeno, mentre l'alimentazione primaria verrà derivata direttamente dalle celle MT d'impianto.

Per l'alimentazione dei Servizi Ausiliari in corrente continua sarà previsto un sistema di alimentazione tramite complesso raddrizzatore/batteria.

In caso di mancanza della sorgente alternata, la capacità della batteria assicurerà il corretto funzionamento dei circuiti alimentati per il tempo necessario affinché il personale di manutenzione possa intervenire, comunque per un tempo non inferiore a 3 ore.

L'alimentazione dei S.A. in c.c. sarà a 110 V con il campo di variazione compreso tra +10%/-15%.

Lo schema di alimentazione dei S.A. in c.c. sarà composto da:

- n. 1 complesso raddrizzatore/batteria in tampone. Il raddrizzatore verrà dimensionato per erogare complessivamente la corrente permanente richiesta dall'impianto e la corrente di carica della batteria (sia di conservazione che rapida); la batteria assicurerà la manovrabilità dell'impianto, in assenza dell'alimentazione in c.a., con un'autonomia di 3 ore. Le batterie saranno di tipo ermetico, i raddrizzatori saranno adatti a prevedere il funzionamento in:
 - "carica in tampone" con tensione regolabile 110÷120 V;
 - "carica rapida" con tensione regolabile 120÷125 V;
 - "carica di trattamento" con tensione regolabile 130÷150 V.
- n. 1 quadro BT di distribuzione a doppia sbarra con interruttore congiuntore e dispositivo di commutazione automatica.

In generale, per i circuiti di alimentazione in c.c. e c.a., per i raddrizzatori e le batterie valgono i requisiti specificati al paragrafo 8.2 della norma CEI 11-1.

Servizi Generali

Impianti luce e f.m. di stazione

Per gli impianti luce e f.m. interni all'edificio e per le aree esterne di stazione saranno installate nell'edificio diversi quadri di distribuzione:

- N. 1 per l'illuminazione e f.m. dell'edificio stesso
- N. 1 per l'illuminazione esterna
- N. 1 per l'illuminazione di emergenza (quadro soccorritore con batterie tampone)

Impianti illuminazione esterna

L'illuminazione normale delle aree esterne della stazione elettrica verrà realizzata con una illuminazione posta perimetralmente alla stazione e lungo i confini perimetrali.

Verrà, inoltre, garantita una locale integrazione con plafoniere e/o proiettori nelle zone d'ombra adiacenti all'edificio.

Impianti tecnologici negli edifici

Nell'edificio saranno realizzati i seguenti impianti tecnologici:

- illuminazione e prese F.M.;
- riscaldamento, condizionamento e ventilazione;
- rilevazione incendi;
- controllo accessi e antintrusione;
- telefonico

Gli impianti tecnologici saranno realizzati conformemente alle norme CEI e UNI di riferimento.

Verranno, inoltre, impiegate apparecchiature e materiali provvisti di certificazione IMQ o di marchio Europeo internazionale equivalente.

Gli impianti elettrici saranno di norma tutti "a vista", cioè con apparecchiature, corpi illuminanti, tubazioni e canaline per i conduttori e scatole di derivazione del tipo "non incassato" nelle strutture murarie.

L'alimentazione elettrica degli impianti tecnologici sarà derivata da interruttori automatici magnetotermici differenziali (secondo norme CEI EN 61009-1) ed installati nell'armadio SEC ubicato nell'edificio.

Il sistema di distribuzione BT 230 V e 400 V c.a. adottato sarà tipo TN-S previsto dalle norme CEI 64-8.

Tutti gli impianti elettrici saranno completi di adeguato impianto di protezione.

Gli impianti elettrici avranno di norma il grado di protezione IP40 secondo norme CEI EN 60529.

I conduttori e i cavi saranno di tipo flessibile, con grado di isolamento 4, non propaganti la fiamma e a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi secondo CEI 20-22 e CEI 20-37, contrassegnati alle estremità e con sezioni dimensionate in accordo alle CEI 64-8.

2.7. Sistema digitale di supervisione e comando dell'impianto

Il sistema digitale di supervisione e comando dell'impianto si basa su tecnologia a microprocessore programmabile, al fine di permettere il facile aggiornamento dei parametri, applicazioni ed espansioni degli elementi dell'architettura.

Il sistema sarà finalizzato alle attività di acquisizione, esercizio e manutenzione degli impianti con possibilità di comando da remoto attraverso un sistema di tele conduzione.

Descrizione del sistema

Il sistema di supervisione e comando in argomento sarà composto da apparecchiature in tecnologia digitale, aventi l'obiettivo di integrare le funzioni di acquisizione dati, controllo locale e remoto, protezione ed automazione, integrata con l'architettura fisica di piattaforma specifica del fornitore.

Il sistema si basa sulla seguente visione di architettura dell'automazione degli impianti:

- Adozione di sistemi aperti con distribuzione delle funzioni;
- Integrazione del controllo locale con quello remoto (teleconduzione);
- Comunicazione paritetica tra gli apparati intelligenti digitali
- Interoperabilità di apparati di costruttori diversi;
- Interfaccia di operatore standard e comune alle diverse applicazioni;
- Configurazione, controllo e gestione dei sistemi in modo centralizzato.

Sala comando locale

La sala di comando locale consente di operare in autonomia per attuare manovre opportune in qualsiasi situazione di gestione dell'impianto. A tal proposito nella sala comando sarà prevista un'interfaccia HMI, che consente una visione schematica generale dell'impianto, nonché permette la manovrabilità delle apparecchiature; inoltre presenta in maniera riassuntiva le informazioni relative alle principali anomalie e quelle relative alle grandezze elettriche quali: tensioni, frequenza di sbarra, correnti dei singoli stalli, ecc..

Teleconduzione e automatismo di impianto

L'automatismo di impianto e le interfacce con la postazione dell'operatore remoto saranno garantite per un'elevata efficienza della teleconduzione basata su:

- semplicità dei sistemi di automazione;
- omogeneità, nei diversi impianti telecondotti, dei dati scambiati con i Centri;
- numero delle misure ridotto a quelle indispensabili;
- ridondanza delle misure e segnalazioni (ove necessarie);
- affidabilità delle misure;



- interblocchi che impediscano l'attuazione di comandi non compatibili con lo stato degli organi di manovra e di sezionamento;

2.8. Rumore

Nella sottostazione elettrica saranno presenti esclusivamente macchinari statici che costituiscono una modesta sorgente di rumore ed apparecchiature elettriche che costituiscono fonte di rumore esclusivamente in fase di manovra.

Il livello di emissione di rumore sarà in ogni caso in accordo ai limiti fissati dal D.P.C.M. 1\3\1991, dal D.P.C.M. 14 novembre 1997 e secondo le indicazioni della legge quadro sull'inquinamento acustico (Legge n. 477 del 26/10/1995), in corrispondenza dei recettori sensibili.

2.9. Effetto corona e compatibilità elettromagnetica

Vengono rispettate le raccomandazioni riportate nei parr. 3.1.6 e 8.5 della Norma CEI 11-1.

2.10. Campi elettromagnetici ed esposizione

L'impianto sarà progettato e costruito nel rispetto dei valori massimi di campo elettrico e magnetico previsti dalla normativa vigente (Legge 36/2001 e D.P.C.M. 08/07/2003).

Si rileva che nella sottostazione, che sarà normalmente esercita in teleconduzione, non sarà prevista la presenza di personale se non per interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria.

Nella letteratura tecnica sono riportati diversi esempi di verifica/misura delle intensità dei campi elettrici e magnetici in stazioni elettriche 380 kV, 220 kV e 150 kV dedicate al trasporto dell'energia elettrica.

In tali stazioni elettriche, grazie alla geometria e spazialità impiantistica che è stata adottata anche per la stazione elettrica in esame, si dimostra che i valori massimi di campo elettrico e magnetico si presentano in corrispondenza degli ingressi degli elettrodotti AT.

Le stazioni ad alta tensione sono caratterizzate da valori di campo elettrico ed induzione magnetica che dipendono - oltre che dall'intensità di corrente di esercizio - dagli specifici componenti (sezionatori di sbarra, interruttori, trasformatori, etc.) presenti nella stazione stessa.

I valori più elevati del campo elettrico sono attribuibili al funzionamento dei sezionatori di sbarra (1.2-5.0 kV/m), mentre il valore più elevato di induzione magnetica è registrabile in corrispondenza dei

trasformatori (6.0-15.0 μ T), valori che scendono in genere al disotto persino degli obiettivi di qualità in corrispondenza della recinzione della stazione.

Risultati estremamente confortanti sono stati ottenuti dall'ARPA Emilia Sezione di Bologna che ha monitorato una Cabina Primaria Enel nel centro urbano di Bologna¹: i valori di induzione magnetica all'esterno della cabina lungo le recinzioni sono risultati essere inferiori a 1 μ T, quelli di campo elettrico inferiore a 1 V/m.

La stazione ad alta tensione, quindi, è caratterizzata da valori di induzione magnetica e di campo elettrico inferiori ai limiti normativi vigenti. È da considerare, altresì il fatto, che il livello di esposizione dei lavoratori ai campi elettrici e magnetici sarà regolarmente controllato durante l'attivazione e l'esercizio dell'impianto. Comunque i valori fissati come obiettivo di qualità dalla normativa vigente (3 μ T e 5 kV/m) in materia di tutela alla esposizione ai campi elettromagnetici (legge 36/2001 e DPCM 08/07/2003) sono ampiamente rispettati.



3. CARATTERISTICHE DELL'AEROGENERATORE

Si intende utilizzare le seguenti turbine:

- ❖ n°5 turbine del tipo SIEMENS GAMESA SG 6.0-170 115m della Potenza Nominale di 6.0 MW
- ❖ n°9 turbine del tipo SIEMENS GAMESA SG 6.6-170 115m della Potenza Nominale di 6.6 MW

Esse possiedono rotore tripala e sistema di orientamento attivo. Tale aerogeneratore possiede una potenza nominale di 6.0 o 6.6 MW ed è allo stato attuale una macchina tra le più avanzate tecnologicamente; sarà inoltre fornito delle necessarie certificazioni rilasciate da organismi internazionali.

Le dimensioni di riferimento della turbina proposta sono le seguenti: d (diametro rotore) fino a 170 m, h (altezza torre) fino a 115 m, Hmax (altezza della torre più raggio pala) fino a 200 m.



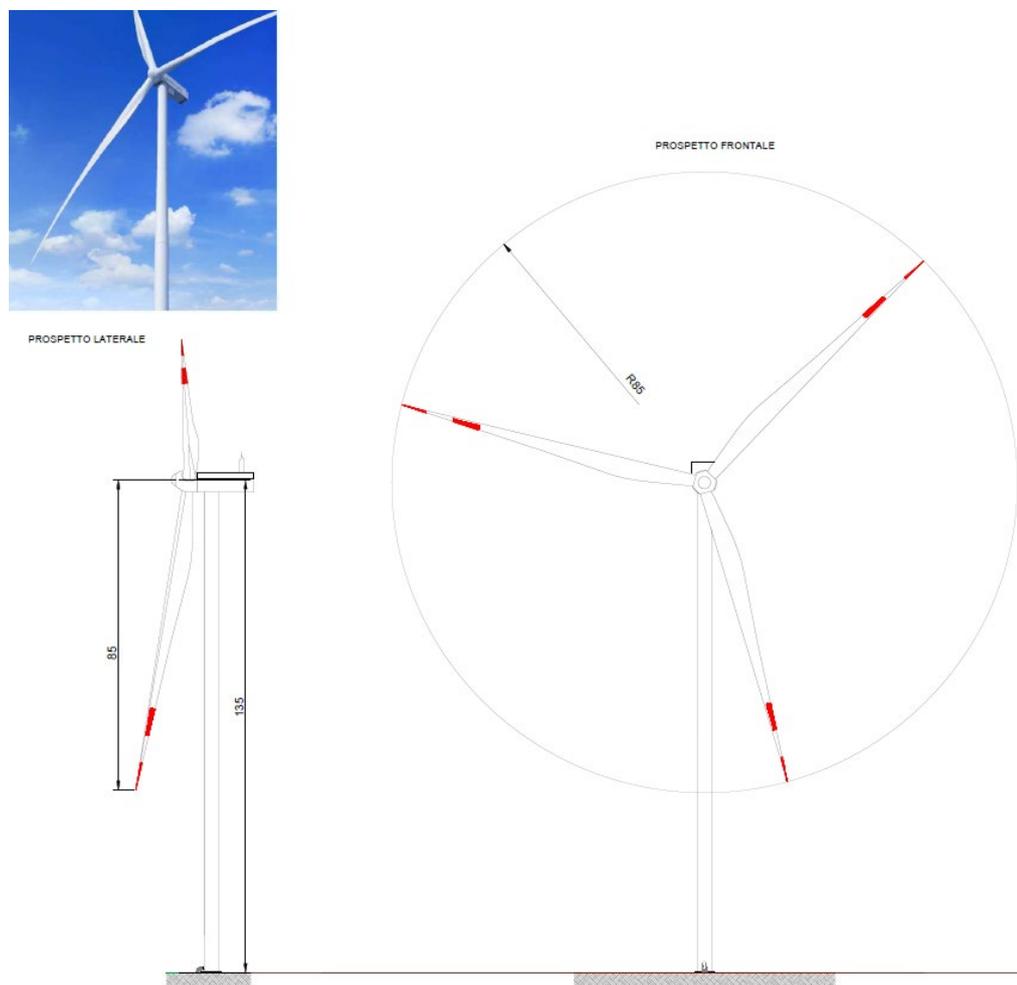


Figura 3-1: Prospetto Aerogeneratore

La turbina scelta è costituita da un sostegno (torre) che porta alla sua sommità la navicella, costituita da un basamento e da un involucro esterno. All'interno di essa sono contenuti il generatore elettrico e tutti i principali componenti elettromeccanici di comando e controllo.

Il generatore è composto da un anello esterno, detto statore, e da uno interno rotante, detto rotore, che è direttamente collegato al rotore tripala.

L'elemento di connessione tra rotore elettrico ed eolico è il mozzo in ghisa sferoidale, su cui sono innestate le tre pale in vetroresina ed i loro sistemi di azionamento per l'orientamento del passo. La navicella è in grado di ruotare allo scopo di mantenere l'asse della macchina sempre parallelo alla direzione del vento mediante azionamenti elettromeccanici di imbardata.

Entro la stessa navicella sono poste le apparecchiature per il sezionamento elettrico e la trasformazione dell'energia da Bassa Tensione a Media Tensione. Opportuni cavi convogliano a base torre, agli armadi di potenza di conversione e di controllo, l'energia elettrica prodotta e trasmettono i segnali necessari per il funzionamento.

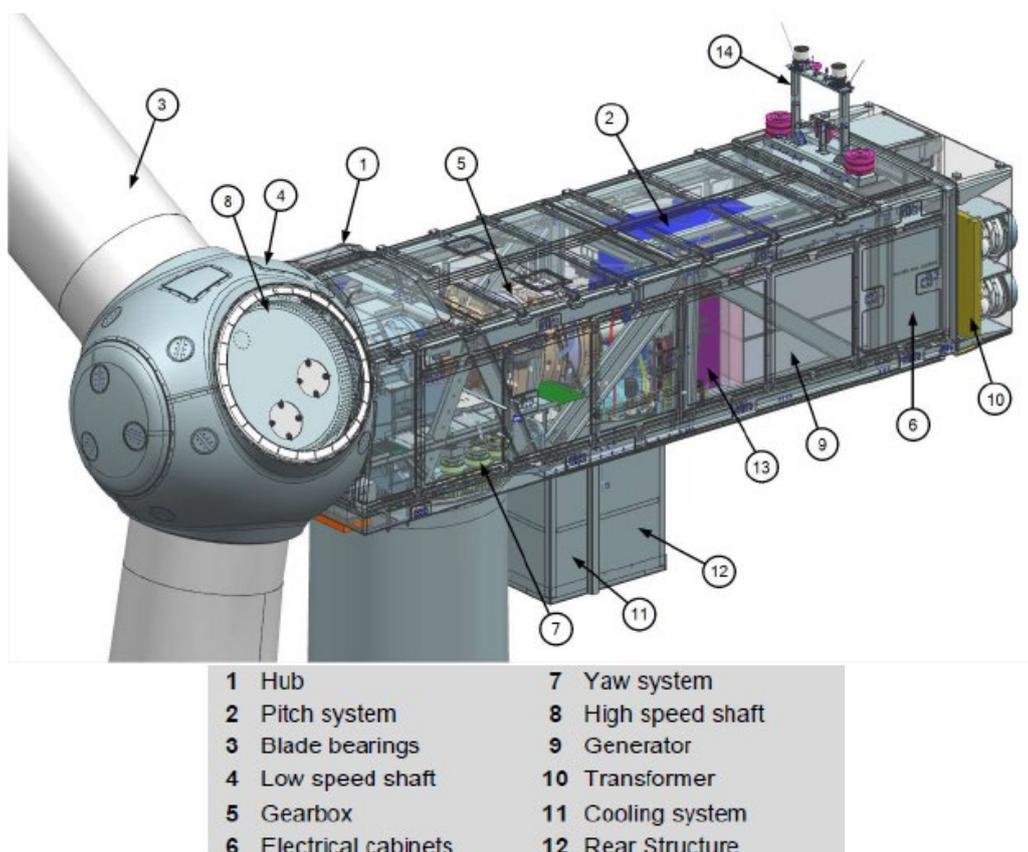


Figura 3-2: – Dettaglio rotore

L'energia meccanica del rotore mosso dal vento è trasformata in energia elettrica dal generatore, tale energia viene trasportata in cavo sino al trasformatore MT/BT che trasforma il livello di tensione del generatore ad un livello di media tensione tipicamente pari a 30kV.

Il sistema di controllo dell'aerogeneratore consente alla macchina di effettuare in automatico la partenza e l'arresto della macchina in diverse condizioni di vento.

L'aerogeneratore eroga energia nella rete elettrica quando è presente in sito una velocità minima di vento (2-4 m/s) mentre viene arrestato per motivi di sicurezza per venti estremi superiori a 25 m/s.

Il sistema di controllo ottimizza costantemente la produzione sia attraverso i comandi di rotazione delle pale attorno al loro asse (controllo di passo), sia comandando la rotazione della navicella.

Dal punto di vista funzionale, l'aerogeneratore è composto dalle seguenti principali componenti:

- ❖ Rotore;
- ❖ Navicella;
- ❖ Albero;
- ❖ Generatore;
- ❖ Trasformatore BT/AT e quadri elettrici;
- ❖ Sistema di frenatura;
- ❖ Sistema di orientamento;
- ❖ Torre e fondamenta;
- ❖ Sistema di controllo;
- ❖ Protezione dai fulmini.

Le caratteristiche principali dell'aerogeneratore prescelto sono brevemente riassunte di seguito:

POTENZA NOMINALE	6.0 - 6.6 MW
NUMERO DI PALE	3
ROTORE A TRE PALE	Diametro = 170m
ALTEZZA MOZZO	115m
VELOCITA' NOMINALE GENERATORE	1120 rpm-6p (50Hz)
DIAMETRO DEL ROTORE	170m
AREA DI SPAZZAMENTO	22.698 m ²
TIPO DI TORRE	Tubolare
TENSIONE NOMINALE	690V
FREQUENZA	50 o 60Hz

Le pale, in fibra di vetro rinforzata con resine epossidiche, hanno una lunghezza di 83,00 m.

L'aerogeneratore è alloggiato su una torre metallica tubolare tronco conica d'acciaio alta circa 115 m zincata e verniciata.

Al suo interno è ubicata una scala per accedere alla navicella; quest'ultima è completa di dispositivi di sicurezza e di piattaforma di disaccoppiamento e protezione. Sono presenti anche elementi per il passaggio dei cavi elettrici e un dispositivo ausiliario di illuminazione.

L'accesso alla navicella avviene tramite una porta posta nella parte inferiore. La torre viene costruita in sezioni che vengono unite tramite flangia interna a piè d'opera e viene innalzata mediante una gru ancorata alla fondazione con un'altra flangia.



Nella fase realizzativa del Parco Eolico, qualora la ricerca ed il progresso tecnologico mettessero a disposizione del mercato, turbine eoliche con caratteristiche fisiche simili, che senza inficiare le valutazioni di carattere progettuale e/o ambientale del presente studio, garantissero prestazioni superiori, la proponente valuterà l'opportunità di variare la scelta del modello di aerogeneratore precedentemente descritto.

La società proponente, pertanto, si riserva di selezionare, mediante bando di gara, il tipo di aerogeneratore più performante al momento dell'ottenimento di tutte le autorizzazioni a costruire, fatto salvo il rispetto dei requisiti tecnici minimi previsti dai regolamenti vigenti in materia e conformemente alle autorizzazioni ottenute.

3.1. **Trasformatore MT/BT**

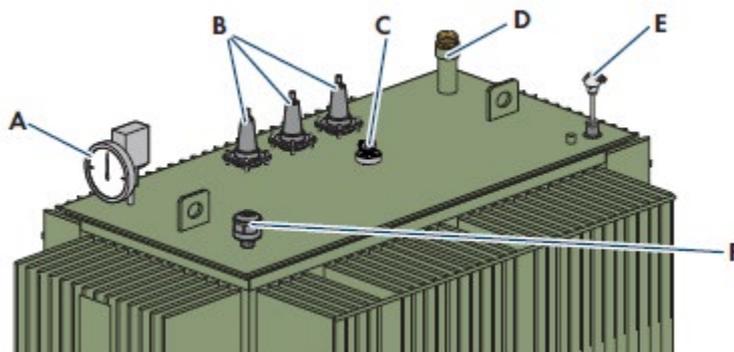


Figura 3.3: – Trasformatore MT/bt

Il trasformatore MT/bt rappresenta il collegamento tra il generatore e la rete di media tensione, e sarà come detto installato all'interno della navicella dell'aerogeneratore. Le posizioni degli elementi di funzionamento e di visualizzazione del trasformatore MT/bt possono variare a seconda del produttore e dell'opzione d'ordine selezionata, tuttavia gli elementi presenti saranno i seguenti:

A	Manometro olio con contatto di spegnimento
B	Morsetti di collegamento dei cavi
C	Manopola per la regolazione del rapporto di trasformazione
D	Valvola di scarico sovrappressione olio
E	Temperatura dell'olio (Termometro PT100)

F	Indicatore livello olio con contatto di spegnimento
---	---

3.2. Interruttori di Alta Tensione

L'aerogeneratore è dotato di quadri elettrici in alta tensione che consentono di scollegare lo stesso dalla rete di media tensione.

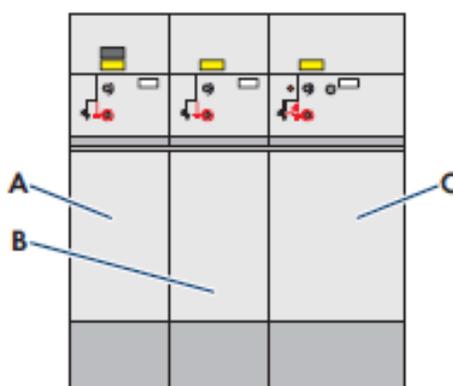


Figura 3-4: – Celle di Media Tensione

A	Cella di sezionamento sotto carico
B	Cella di sezionamento sotto carico
C	Interruttore automatico

4. Elettrodotto di Media Tensione

L'energia prodotta dagli aerogeneratori è trasformata da bassa a media tensione per mezzo del trasformatore installato dentro la torre ed è, quindi, trasferita al quadro MT posto a base torre all'interno della struttura di sostegno tubolare.

Tale energia trasformata in media tensione sarà trasportata alla Stazione Utente di trasformazione 30/150 kV, tramite linee in MT interrate a 30 kV, ubicate prevalentemente sotto la sede stradale esistente ovvero lungo la rete viaria da adeguare/realizzare ex novo al fine di minimizzare gli impatti, assicurando il massimo dell'affidabilità e della economia di esercizio. Per il collegamento degli aerogeneratori si prevede la realizzazione di linee MT a mezzo di collegamenti del tipo "entra-esce" lo schema a blocchi riportato nella seguente immagine.

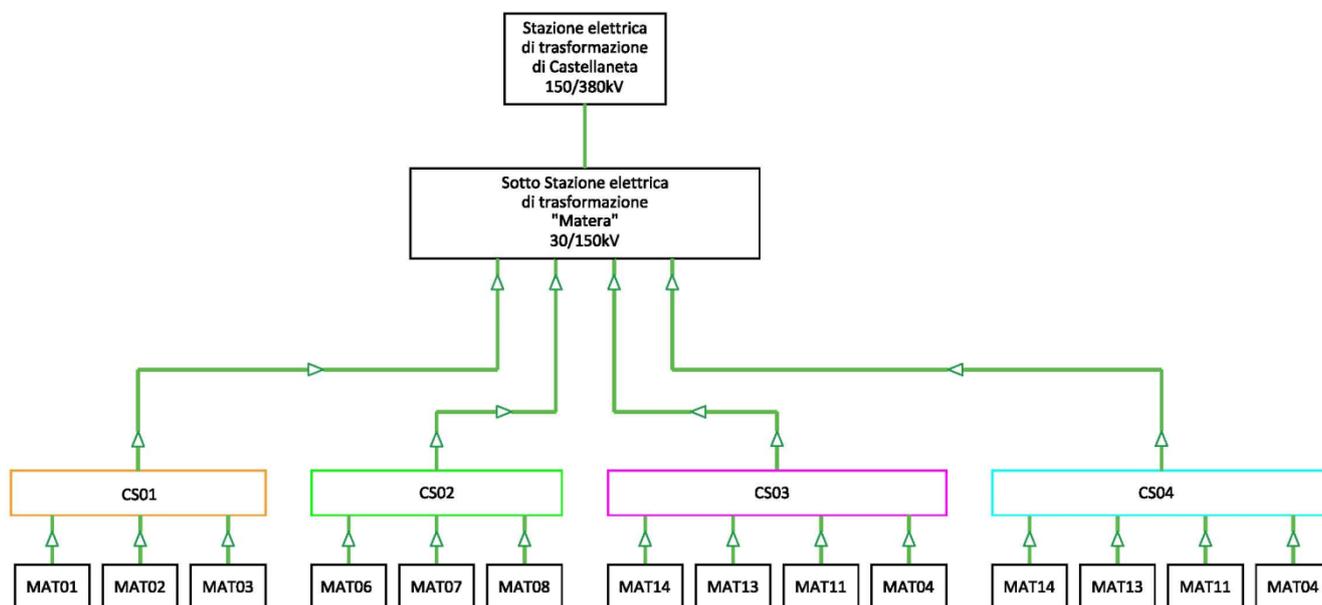


Figura 4-1: – Schema a blocchi collegamento aerogeneratori

4.1. Caratteristiche del collegamento in cavo

L'energia prodotta dagli aerogeneratori sarà convogliata, tramite un cavidotto interrato, alla SSE Utente di Trasformazione, dove avverrà l'innalzamento di tensione (da 30 kV a 150 kV) e, da quest'ultima mediante un cavidotto interrato AT 150 kV avverrà la connessione alla SSE Terna. Per quanto concerne le opere di connessione alla RTN, quindi, saranno previsti: - cavi interrati MT 30 kV di interconnessione tra gli aerogeneratori e le 4 (CS01-CS04) cabine di smistamento (cavidotto interno al parco); - cavi interrati MT 30 kV di connessione tra le 4 (CS01-CS04) cabine di smistamento e la Sottostazione di trasformazione Utente (cavidotto esterno al parco); - sottostazione elettrica utente 30/150 kV (SSU); - cavo interrato AT 150 kV di connessione tra lo stallo di uscita della SSU e lo stallo dedicato della SSE AT Terna "Castellaneta" 380/150 kV.

Il criterio progettuale che è stato seguito per la determinazione del tracciato di connessione è stato quello di utilizzare il più possibile le strade pubbliche esistenti, al fine di evitare scavi in terreni agricoli e limitare gli impatti su suolo, colture agricole e microfauna locale e quindi limitando gli impatti ambientali dell'opera.

In particolare, tra le possibili soluzioni è stato individuato il tracciato più funzionale, che tenga conto di tutte le esigenze e delle possibili ripercussioni sull'ambiente, con riferimento alla legislazione nazionale e regionale vigente in materia e il rispetto delle distanze in con interferenze quali presenza

di servizi o manufatti superficiali e sotterranei in vicinanza o lungo il tracciato dei cavi, presenza di piante in vicinanza o lungo il tracciato dei cavi;

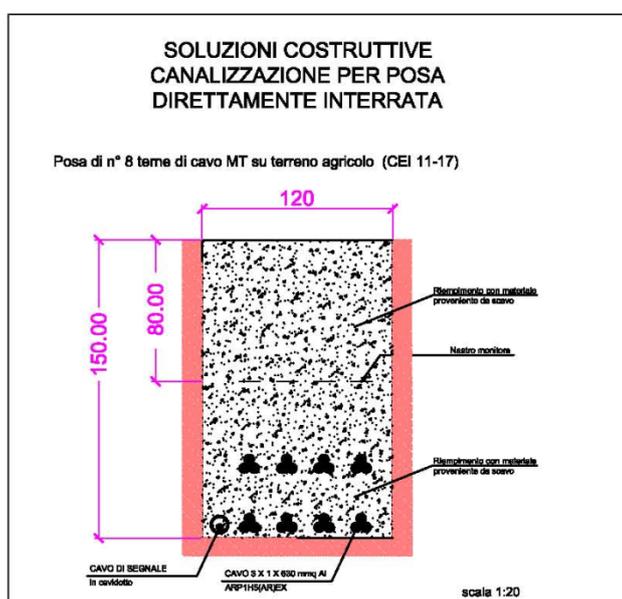
La scelta del tracciato di posa è stata, pertanto, effettuata selezionando fra i possibili percorsi quelli che risultano tecnicamente validi ed individuando tra questi quello che è risultato ottimale.

La profondità minima di posa per le strade di uso pubblico è fissata dal Nuovo Codice della Strada ad 1 m dall'estradosso della protezione; per tutti gli altri suoli e le strade di uso privato valgono i seguenti valori, dal piano di appoggio del cavo, stabiliti dalla norma CEI 11-17:

- 0,6 m (su terreno privato);
- 0,8 m (su terreno pubblico).

I cavidotti saranno posati in una trincea scavata a sezione obbligata con profondità massima di 1.5 m e avrà larghezza variabile da un minimo di 0,45 m per una trincea ad un massimo di 1.7 m, in dipendenza del numero di terne di cavi da posare fino ad un massimo di 6 terne.

Le terne saranno posate tutte allo stesso livello ad una profondità variabile in base al tipo di posa fino ad un massimo di 150cm per la posa in terreno agricolo.



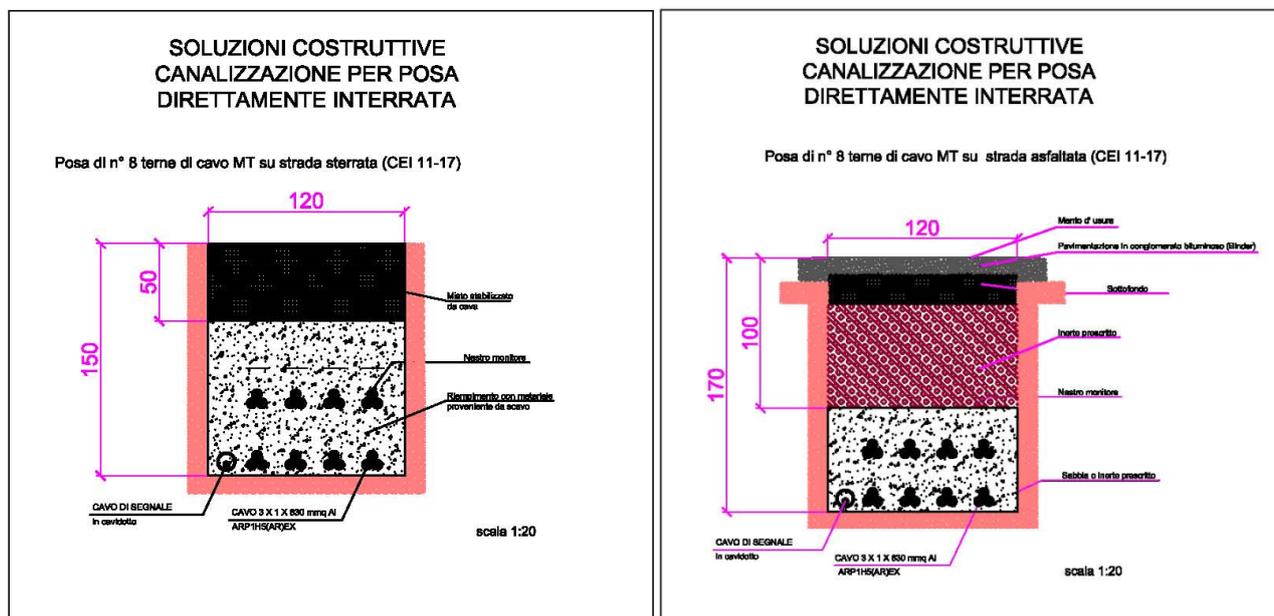


Figura 4-2: – Modalità di posa cavo ARP1H5(AR)EX unipolare 18/30 kV

Al di sopra di tale strato si poseranno quindi le terne di conduttori in alta tensione, avvolte ognuna ad elica, il cui verso di avvolgimento sarà invertito ogni 500 metri in modo da compensare le reattanze di linea.

Il cavo scelto è del tipo ARP1H5(AR)EX formato da tre cavi unipolari avvolte a spirale con conduttore in alluminio, isolamento termoplastico (HPTE), schermo a nastro di alluminio, guaina rinforzata in polietilene (PE). È un cavo resistente agli urti, dotato di barriera radiale e longitudinale all'acqua ed è pertanto adatto alla posa direttamente interrata anche in ambiente umido e senza l'utilizzo di protezioni meccaniche aggiuntive, poiché è comparabile ad un cavo armato.



Figura 4-3: – Particolare cavo ARP1H5(AR)EX unipolare avvolte ad elica

Per la posa su terreno vegetale verrà riutilizzato lo stesso materiale proveniente dagli scavi per effettuare il rinterro, mentre per la posa su strada sterrata e strada asfaltata si procederà secondo quanto riportato nei particolari in Fig. 4-2. Al di sopra di uno strato di 15-20cm dai cavi sarà posato per tutta la lunghezza dello scavo, ed in corrispondenza dei cavi, un nastro plastificato rosso o una rete di plastica rossa atti a segnalare la presenza dei cavi sottostanti.

In caso di percorso totalmente su terreno vegetale, lo scavo sarà completato con il rinterro di altro terreno vegetale, proveniente dallo scavo stesso, fino alla quota del piano campagna. In caso di attraversamenti stradali o di percorsi lungo una strada, la trincea di posa verrà realizzata secondo le indicazioni dei diversi Enti Gestori (Amm.ne Comunale e/o Provinciale). Ogni cinquecento metri, o a distanza diversa, dipendente dalle lunghezze commerciali dei cavi, si predisporranno delle camere cavi, costituite da pozzetti di ispezione 80 cm x 80 cm, adatte ad eseguire le giunzioni necessarie fra le diverse tratte di cavi.

Se si considera il funzionamento a $\cos\phi$ 0,95, si ha che ciascuno dei 9 aerogeneratori (MAT06-MAT15) di potenza pari a 6,6 MW, genera una corrente pari a:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \phi} = 133,7A$$

Per ciascuno dei 5 aerogeneratori (MAT01-MAT05) di potenza pari a 6,0 MW, genera una corrente pari a:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \phi} = 121,5A$$

Dalla tabella in figura 4.4, è possibile ricavare per ciascuna sezione, in condizioni standard da catalogo (resistività termica del terreno: 1,5 °Cm/W; profondità di posa: 1,2 m; temperatura del cavo: 90°C; frequenza elettrica: 50 Hz), considerando la posa a trifoglio, il valore di corrente massima I_z . Nella scelta della sezione per le varie tratte si è tenuto conto di un coefficiente di riduzione K della portata pari 0,9 nel caso di una singola terna all'interno dello scavo, di 0,75 nel caso di più terne.



ARE4H5EE 18/30kV 1x... SK2														
Type	Conductor diameter nominal	Insulation thickness min.	Insulation diameter nominal	Sheaths thickness nominal	Cable diameter approx	Cable weight indicative	Electrical resistance of conductor		X at 50 Hz	C	Current capacity		Short circuit current	
							at 20 °C - d.c. max	at 90 °C - a.c.			in ground at 20 °C	in free air at 30 °C	conductor T _{max} 250°C	screen T _{max} 150°C
n° x mm ²	mm	mm	mm	mm	mm	kg/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km	μF/km	A	A	kA x 1,0 s	kA x 0,5 s
1x50	8,2	7,1	24,7	2,0+2,0	37,5	1.050	0,641	0,822	0,152	0,147	152	192	4,7	1,8
1x70	9,8	7,1	25,8	2,0+2,0	38,6	1.145	0,443	0,568	0,142	0,166	186	238	6,6	1,9
1x95	11,5	6,6	26,5	2,0+2,0	39,4	1.225	0,320	0,411	0,134	0,193	222	288	9,0	1,9
1x120	13,1	6,4	27,7	2,0+2,0	40,6	1.335	0,253	0,325	0,127	0,215	252	332	11,3	2,0
1x150	14,3	6,2	28,5	2,0+2,0	41,5	1.430	0,206	0,265	0,123	0,233	281	375	14,2	2,1
1x185	16,0	6,0	29,8	2,0+2,0	42,8	1.565	0,1640	0,211	0,118	0,258	318	430	17,5	2,1
1x240	18,5	5,8	31,9	2,0+2,0	45,0	1.790	0,1250	0,161	0,112	0,294	369	508	22,7	2,2
1x300	20,7	5,9	34,3	2,0+2,0	47,6	2.035	0,1000	0,129	0,108	0,316	416	583	28,3	2,3
1x400	23,5	6,0	37,3	2,0+2,0	50,7	2.375	0,0778	0,101	0,105	0,344	476	680	37,8	2,5
1x500	26,5	6,1	40,8	2,0+2,0	54,4	2.820	0,0605	0,079	0,101	0,376	543	790	47,2	2,7
1x630	30,0	6,2	44,5	2,0+2,0	58,3	3.360	0,0469	0,063	0,098	0,409	617	918	59,5	2,9

Figura 4-4: – Caratteristiche elettriche e dimensionali cavo ARP1H5(AR)EX unipolare 18/30 kV

Tabella – Tipologia di cavi

LINEA	TRATTO	TIPO DI CAVO 18/30 kV	SEZIONE [mm ²]	LUNGHEZZA LINEA [m]
LINEA 1	MAT 01 – CS 01	ARP1H5(AR)EX	95	3.430
	MAT 02 – CS 01	ARP1H5(AR)EX	95	40
	MAT 03 – CS 01	ARP1H5(AR)EX	95	1.930
	CS 01 – SEU	ARP1H5(AR)EX	2x630	26.712
LINEA 2	MAT 06 – CS 02	ARP1H5(AR)EX	95	40
	MAT 07 – CS 02	ARP1H5(AR)EX	95	2.508
	MAT 08 – CS 02	ARP1H5(AR)EX	95	1.615
	CS 02 - SEU	ARP1H5(AR)EX	2x630	19.787
LINEA 3	MAT 14 – CS 03	ARP1H5(AR)EX	95	2.140

	MAT 13 – CS 03	ARP1H5(AR)EX	95	1.300
	MAT 11 – CS 03	ARP1H5(AR)EX	95	40
	MAT 04 – CS 03	ARP1H5(AR)EX	95	2.245
	CS 03 – SEU	ARP1H5(AR)EX	2x630	21.879
LINEA 4	MAT 05 – CS 04	ARP1H5(AR)EX	95	2.570
	MAT 09 – CS 04	ARP1H5(AR)EX	95	1.030
	MAT 10 – CS 04	ARP1H5(AR)EX	95	1.930
	MAT 12 – CS 04	ARP1H5(AR)EX	95	40
	CS 04 – SEU	ARP1H5(AR)EX	2x630	21.464

Dalla Fig.4.4 è possibile ricavare i valori di resistenza e reattanza chilometrica per la sezione di cavo scelto.

È possibile determinare la caduta tensione con la nota formula:

$$\Delta V = KLI(R\cos\varphi + X\sin\varphi)$$

dove:

- K è una costante che per i sistemi trifase vale 1,732;
- L è la lunghezza del collegamento espresso in km;
- I è la corrente trasportata, pari alla corrente di impiego, che dipende dal numero di torri collegate su ciascun tratto;
- R è la resistenza del conduttore espressa in Ω/km ;
- X è la reattanza di fase espressa in Ω/km ;
- $\cos\varphi$ è il fattore di potenza del carico, convenzionalmente pari a 0,95.

Sostituendo i valori nella formula precedente, considerato che il contributo alla corrente nominale di ciascuna torre è pari a:

$$I_N = 121,50 \text{ A da MAT01 a MAT05}$$

$$I_N = 133,70 \text{ A da MAT06 a MAT14}$$



è possibile costruire la tabella seguente che riepiloga le cadute di tensione dei singoli tratti, come riportate nella tavola dello schema unifilare di MT.

Tabella – Cadute di tensione

TRATTO	SEZIONE [mm ²]	LUNGHEZZA LINEA [m]	ΔV % nel tratto	ΔV % Compless.
MAT 01 – CS 01	95	3.430	1,06%	1,06%
MAT 02 – CS 01	95	40	0,01%	0,01%
MAT 03 – CS 01	95	1.930	0,59%	0,59%
CS 01 – SEU	2x630	26.712	2,54%	3,60%
MAT 06 – CS 02	95	40	0,01%	0,01%
MAT 07 – CS 02	95	2.508	0,84%	0,84%
MAT 08 – CS 02	95	1.615	0,54%	0,54%
CS 02 - SEU	2x630	19.787	2,07%	2,91%
MAT 14 – CS 03	95	2.140	0,71%	0,71%
MAT 13 – CS 03	95	1.300	0,43%	0,43%



MAT 11 – CS 03	95	40	0,01%	0,01%
MAT 04 – CS 03	95	2.245	0,68%	0,68%
CS 03 – SEU	2x630	21.879	2,98%	3,70%
MAT 05 – CS 04	95	2.570	0,78%	0,78%
MAT 09 – CS 04	95	1.030	0,34%	0,34%
MAT 10 – CS 04	95	1.930	0,64%	0,64%
MAT 12 – CS 04	95	40	0,01%	0,01%
CS 04 – SEU	2x630	21.464	2,93%	3,71%

Lo schermo dei cavi a MT deve essere messo a terra ad entrambe le estremità della linea. È vietato usare lo schermo dei cavi come conduttore di terra per altre parti dell'impianto. Ai sensi della CEI 11-27, essendo il tratto più lungo del cavidotto oltre i 4 km, gli schermi dei cavi MT saranno sempre aterrati alle estremità e possibilmente nella mezzeria del tratto più lungo collegandoli alla corda di terra presente nello scavo.