



Regione Sicilia



Comune di Mazara del Vallo



Comune di Castelvetro



Comune di Santa Ninfa

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE
DI UN IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA A FONTE RINNOVABILE
EOLICA, OPERE CONNESSE ED INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
località Calamita di Mazara del Vallo

PROGETTO DEFINITIVO

SED_RTI
Relazione tecnica impianti elettrici

Proponente

SOCIETA' EOLICA DUE SRL
VIA ENRICO FERMI N 22/24
Palermo 90145
P.IVA: 06718530824



Progettista

Ing. Francesco Rossi



Formato

A4

Scala

-

Scala stampa

-

Revisione	Descrizione	Data	Preparato	Controllato	Approvato
00	Prima emissione	15/10/2019	SC	FR	FR



INDICE

1. PREMESSA	3
2. DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO.....	3
3. INQUADRAMENTO NORMATIVO	3
4. OPERE ELETTRICHE.....	4
5. DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI COMPONENTI DI IMPIANTO.....	5
5.1. AEROGENERATORI	5
5.2. CAVIDOTTO MT	7
5.2.1. MODALITÀ DI ESECUZIONE CAVIDOTTO.....	7
5.3. STAZIONE DI TRASFORMAZIONE 220/30 kV E CONSEGNA	11
5.3.1. DESCRIZIONE DELLA STAZIONE.....	11
5.3.2. OPERE CIVILI	12
5.4. ELETTRODOTTO INTERRATO IN ALTA TENSIONE	16
5.5. STAZIONE DI SMISTAMENTO RTN.....	16
6. CRITERI DI PROGETTAZIONE DEL SISTEMA DI PROTEZIONE	16
6.1. CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI	16
6.2. MISURE DI PROTEZIONE	17
7. ANALISI DI IMPATTO ELETTROMAGNETICO.....	19
7.1. ANALISI NORMATIVA INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO.....	20
7.2. INQUADRAMENTO DELL'AREA ED INDIVIDUAZIONE LUOGHI TUTELATI	22
7.3. COMPONENTI DEL PROGETTO IN GRADO DI GENERARE CAMPI ELETTROMAGNETICI	23
CONCLUSIONI	26



1. PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di descrivere il progetto elettrico dell'impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica sito nel Comune di Mazara del Vallo in Provincia di Trapani.

L'impianto elettrico in progetto sarà costituito da una sezione a 220 kV comprendente una stazione di trasformazione 220/30 kV per la connessione alla RTN, e una sezione a 30 kV comprendente un elettrodotto interrato per il trasporto dell'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori verso la stazione di trasformazione 220/30 kV.

2. DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO

L'impianto eolico in progetto sarà costituito da 13 aerogeneratori ciascuno di potenza pari a 4,8 MW - per una potenza totale installata di 62,4 MW - con altezza al mozzo 120 m e diametro rotore 158m. Essi ricadranno nel territorio del Comune di Mazara del Vallo (TP), nelle c.de Giammitro, Calamita, Decanto.

Il parco eolico sarà costituito dagli aerogeneratori, da dalle nuove piste di accesso alle piazzole degli stessi e dalle opere per la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) dell'energia elettrica. L'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori verrà vettoriata tramite un cavo MT interrato ricadente nei Comuni di Mazara del Vallo, Castelvetro e Santa Ninfa (TP). La stazione di trasformazione 220/30 kV sarà localizzata nel Comune di Santa Ninfa (TP) nelle vicinanze della nuova stazione in AT della RTN presso cui avverrà la consegna dell'energia.

L'iniziativa s'inquadra nel piano di sviluppo di impianti per la produzione d'energia da fonte rinnovabile che la società "Società Eolica Due S.r.l." intende realizzare nella Regione Sicilia per contribuire al soddisfacimento delle esigenze d'energia pulita e sviluppo sostenibile sancite sin dal Protocollo Internazionale di Kyoto del 1997 e ribadite nella "Strategia Energetica Nazionale 2017".

3. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Di seguito si elencano i principali riferimenti legislativi e normativi per la progettazione:



- Direttiva CEE 73/23: “Attuazione della direttiva del consiglio della comunità europea relativa alle garanzie che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione”;
- Decreto 22 gennaio 2008 n° 37, testo aggiornato con la modifica del DL 25 giugno 2005: “Regolamento recante il riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all’interno degli edifici”;
- DL 9 aprile 2008 n°81 “Tutela della sicurezza nei luoghi di lavoro”;
- Delibera AEEG 23/07/2008 n. 161/08 e s.m.i. “Testo integrato delle condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi degli impianti di produzione di energia elettrica (Testo Integrato delle Connessioni Attive o TICA);
- Norme CEI: 0-2, 0 – 16; 11-20, 11-27, 11-48, 17-5, 17-11, 23-3/1, 23-51, 64-8, 81-10, 82-1, 82-3, 82-8, 82-12, 82-15, 82-15, 82-22, 82-25, 82-27, 82-28, 82-31;
- Norme CEI UNEL: 00721, 35024/1, 35026.

4. OPERE ELETTRICHE

Le parti principali costituenti l’impianto elettrico sono:

- aerogeneratori di potenza 4,8 MW completi dalle relative torri di sostegno;
- cavidotto 30 kV interrato di collegamento degli aerogeneratori alla stazione di trasformazione 220/30 kV;
- stazione di trasformazione 220/30 kV e consegna dell’energia, collegata alla stazione RTN mediante cavo interrato;
- linea interrata in cavo a 220 kV di collegamento tra la stazione di trasformazione 220/30 kV e la nuova stazione elettrica di smistamento a 220 kV;
- nuova stazione elettrica di smistamento (SE) a 220 kV della RTN;
- impianti tecnologici ed ausiliari (impianti di illuminazione, telefonici, monitoraggio e telecontrollo, allarme antintrusione, allarme antincendio, videosorveglianza, ecc.);
- opere civili connesse ed altre predisposizioni (cancelli e recinzione perimetrale, viabilità di accesso, pali di sostegno dell’impianto di illuminazione e telecomunicazione, ecc.)



5. DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI COMPONENTI DI IMPIANTO

5.1. AEROGENERATORI

Gli aerogeneratori sono del tipo ad asse orizzontale, con tre pale, con regolazione del passo e sistema di regolazione tale da poter funzionare a velocità variabile ed ottimizzare costantemente l'angolo di incidenza tra la pala ed il vento. Questo sistema di controllo consente non solo di ottimizzare la produzione di energia elettrica, ma anche di contenere il livello di rumorosità entro valori decisamente accettabili e ben al di sotto dei limiti imposti dalla normativa vigente. Le caratteristiche degli aerogeneratori (meglio specificate nelle tavole allegate) vengono di seguito riportate:

- un corpo centrale (navicella), costituita da una struttura portante in acciaio e rivestita da un guscio in materiale composito (fibra di vetro e resina epossidica), vincolata alla testa della torre tramite un cuscinetto a strisciamento che le consente di ruotare sul suo asse di imbardata. La navicella contiene al suo interno l'albero, unito al mozzo delle pale, che trasmette la potenza intercettata dalle pale al generatore, anch'esso installato all'interno della navicella, attraverso un moltiplicatore di giri. L'accesso alla navicella avviene tramite una scala metallica installata nella torre e un passo d'uomo posto in prossimità del cuscinetto a strisciamento.
- un mozzo, cui sono collegate le 3 pale in materiale composito, formato da fibre di vetro in matrice epossidica, costituite da due gusci collegati ad una trave portante e con inserti di acciaio che uniscono la pala al cuscinetto e quindi al mozzo.
- la torre di sostegno tubolare in acciaio sulla cui testa è montata la navicella. La torre è costituita da diversi tronconi (a seconda dell'altezza al mozzo dell'aerogeneratore che si prevede di installare) di forma tronco-conica, tra loro flangiati e imbullonati. La torre è ancorata al terreno a mezzo di idonee fondazioni provviste di pali interrati o di tipo diretto di sostegno, come mostrato nelle tavole allegate e descritto nei paragrafi a seguito.

L'energia cinetica del vento, raccolta dalle pale rotoriche, viene utilizzata per mantenere in rotazione l'albero principale, su cui il rotore è calettato. Quindi attraverso il moltiplicatore di giri, l'energia cinetica dell'albero principale viene trasferita al generatore e trasformata in energia elettrica. Il sistema di controllo dell'aerogeneratore misura in modo continuo la



velocità e la direzione del vento, nonché i parametri elettrici e meccanici dell'aerogeneratore. La regolazione della potenza prodotta avviene tramite variazione del passo delle pale.

Il sistema di controllo assicura inoltre l'allineamento della gondola alla direzione prevalente della velocità del vento, variando l'angolo di rotazione della gondola sul piano orizzontale tramite opportuni motori elettrici.

La fermata dell'aerogeneratore, normale o di emergenza, avviene attraverso la rotazione del passo delle pale.

Opportuni serbatoi d'olio in pressione garantiscono l'energia idraulica necessaria a ruotare il passo delle pale anche in condizioni di emergenza (mancanza di alimentazione elettrica).

La fermata dell'aerogeneratore per motivi di sicurezza avviene ogni volta che la velocità del vento supera i 20 m/s. A rotore fermo un ulteriore freno sull'albero principale ne assicura il blocco in posizione di "parcheggio".

Il fattore di potenza ai morsetti del generatore è regolato attraverso un sistema di rifasamento continuo.

La protezione della macchina contro i fulmini è assicurata da captatori metallici situati sulla punta di ciascuna pala, collegati a terra attraverso la struttura di sostegno dell'aerogeneratore.

Le caratteristiche tecniche degli aerogeneratori sono le seguenti:

Tipo di torre	Tubolare
Numero di pale	3
Velocità di rotazione nominale	Compresa tra 6,5 e 11,6 rpm
Velocità di attivazione-bloccaggio	3 – 20 m/s
Sistema di controllo	Pitch
Tipo di generatore elettrico	A magneti permanenti
Tensione nominale	660 V
Frequenza	50/60 Hz
Livello di potenza sonora	≤ 106 dB(A)



L'impianto di messa a terra consisterà di dispersori verticali in acciaio zincato, ove possibile collegati tra di loro tramite un dispersore orizzontale in corda di rame. All'interno dei locali tecnici verrà installato un nodo di terra, anch'esso collegato tramite cavo di rame al più vicino dispersore verticale.

5.2. CAVIDOTTO MT

I cavi elettrici in MT collegheranno gli aerogeneratori ai quadri MT presenti nella stazione di trasformazione 220/30 kV.

Gli aerogeneratori saranno collegati tra di loro parte in serie e parte in parallelo. In base alla posizione sono stati divisi in gruppi, ognuno raggiunto da un cavidotto dedicato. All'interno dello stesso gruppo, gli aerogeneratori sono collegati in entra-esce, con il collegamento effettuato nel quadro di media tensione degli aerogeneratori.

Le principali caratteristiche del cavo elettrico sono riassunte nella tabella seguente.

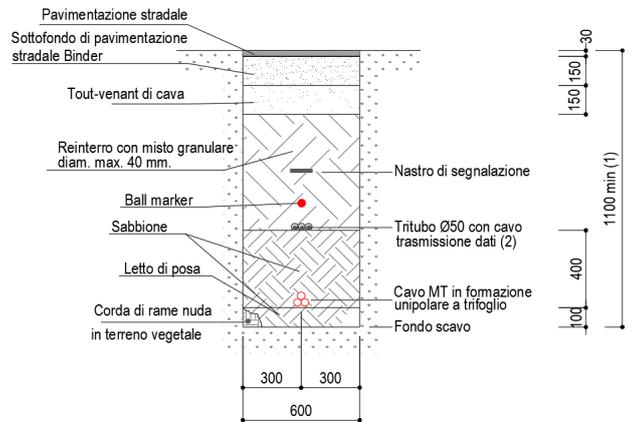
Sigla di identificazione	ARE4H5EX
Tensione	18/30 kV
Conduttori	A corda rotonda compatta di alluminio
Isolamento	Mescola di polietilene reticolato
Schermatura	Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale
Guaina esterna	Polietilene
Sezione conduttore	Variabile tra 70 e 500 mm ²
Messa a terra delle guaine	Sì
Tipo di posa	Direttamente interrato
Protezione meccanica	Assente

5.2.1. MODALITÀ DI ESECUZIONE CAVIDOTTO

In assenza di interferenze, il cavidotto verrà realizzato interrato, con le caratteristiche rappresentate in figura seguente.



TIPICO DI POSA SINGOLO CAVIDOTTO SOTTO STRADA ASFALTATA



NOTE:

(1) Quota minima secondo la CEI 11-17

(2) Qualora fossero necessari due tritubi, si pongono alla medesima profondità a 300 mm di distanza

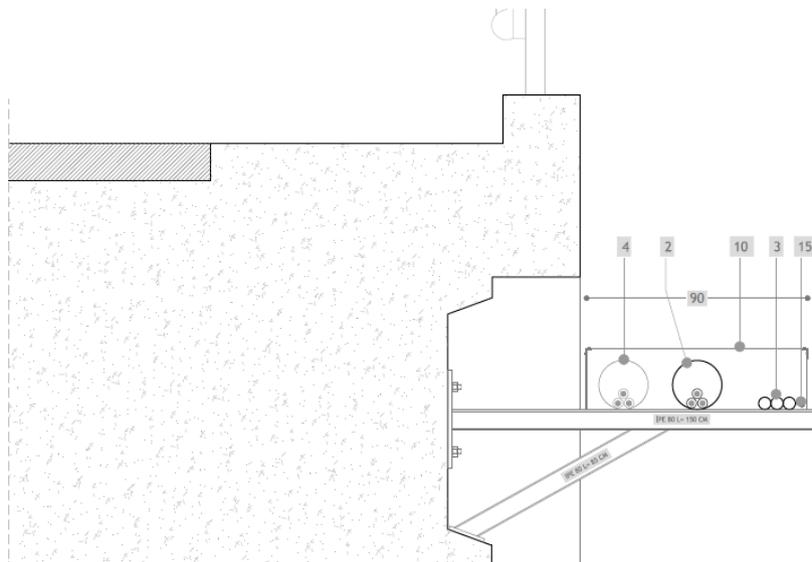
SCALA 1:20
quote in mm

In alcuni punti del suo tracciato il cavidotto si trova ad interferire con altre infrastrutture.

Di seguito si rappresentano le soluzioni tecniche che verranno adottate, che potranno essere modificate in base alle eventuali prescrizioni rilasciate dagli enti titolari delle infrastrutture.

Ponti stradali

Nei punti in cui il tracciato si trova ad attraversare ponti, il cavo verrà fissato mediante staffaggio a lato dell'infrastruttura, come rappresentato in figura.

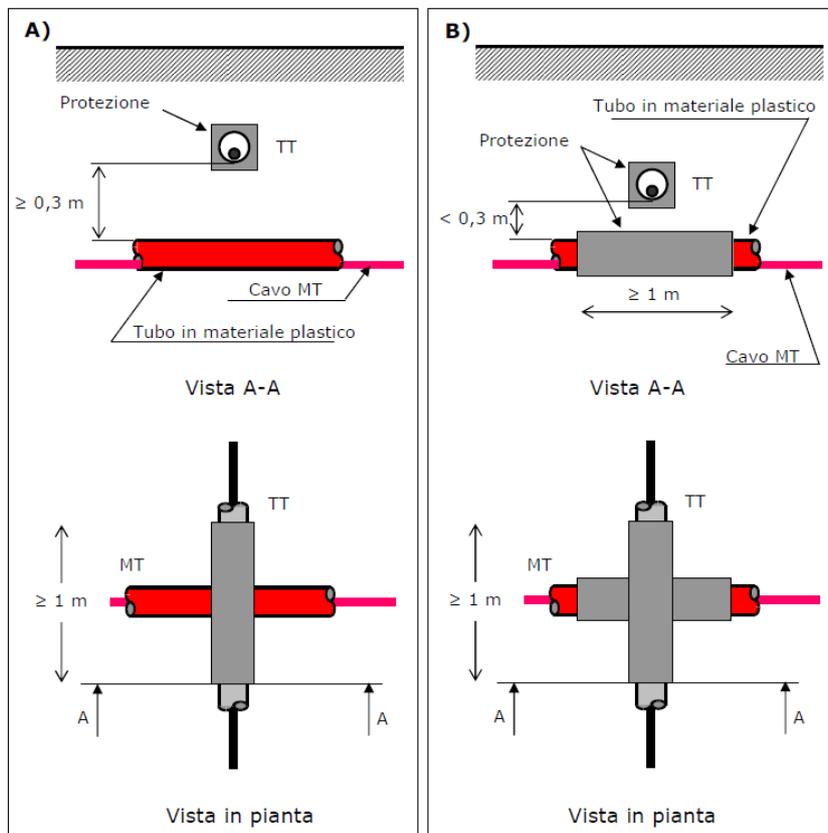


Cavi telefonici

Nei punti in cui il tracciato si trovasse ad attraversare condutture telefoniche interrato (al momento non individuate, ma in merito si è in attesa di un riscontro da parte di Telecom

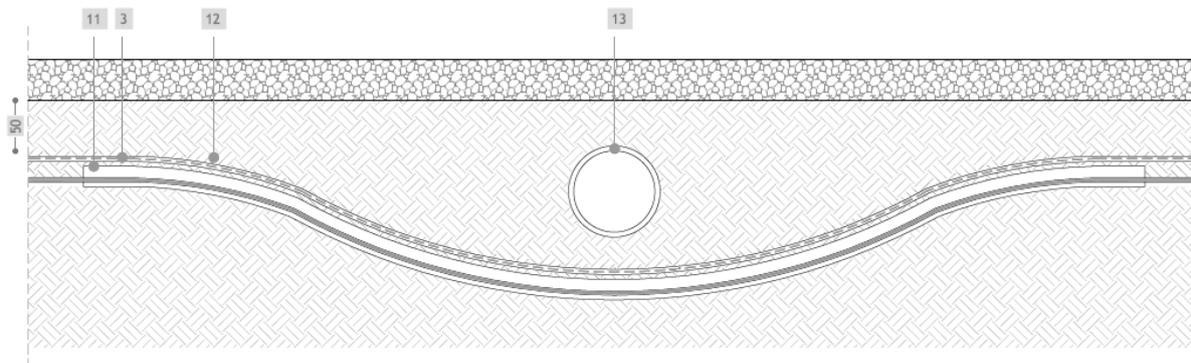


Italia), gli attraversamenti verranno realizzati come rappresentato in figura. Ove possibile mantenere la distanza di sicurezza, il cavo elettrico verrà installato senza protezione meccanica (caso A in figura), viceversa verranno previste idonee protezioni (caso B in figura).



Condotte metalliche interrate

Nei punti in cui il tracciato si trova ad attraversare condotte metalliche interrate (acquedotti, gasdotti e metanodotti), gli attraversamenti verranno realizzati mediante scavi teleguidati, secondo lo schema rappresentato in figura.



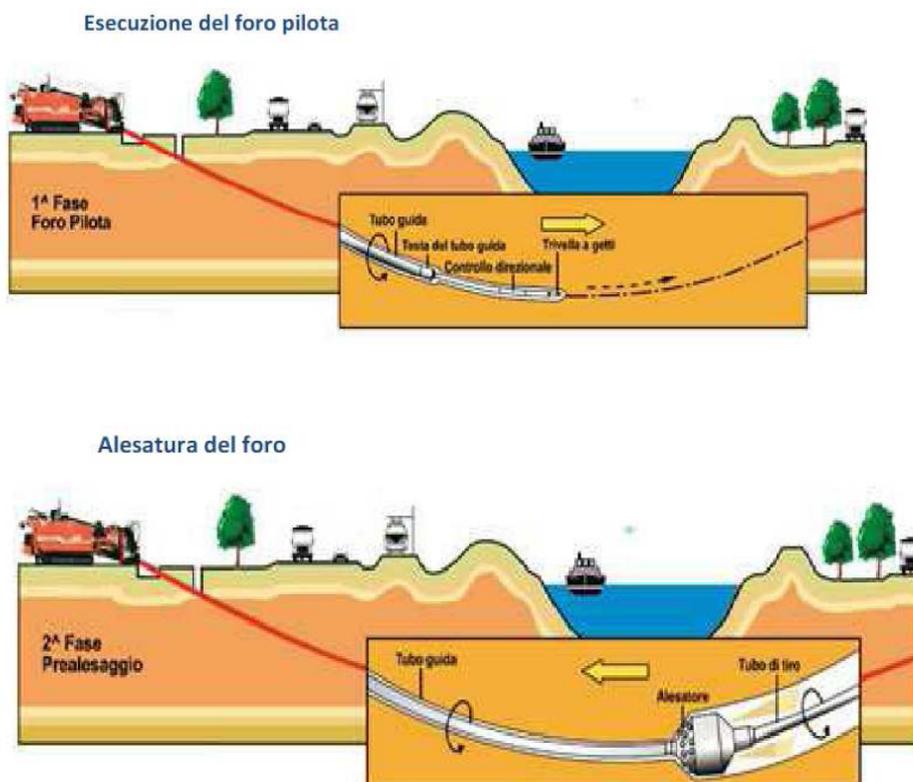


Questo tipo di tecnologia riduce al minimo l'impatto ambientale, e permette di installare i condotti alla profondità desiderata, senza alcun rischio per gli operatori.

Le fasi operative per la posa di una tubazione mediante teleguidata sono essenzialmente tre:

- Esecuzione del foro pilota: questa è la prima e la più delicata delle fasi di lavoro. La trivellazione avviene mediante l'inserimento nel terreno di una serie di aste, la prima delle quali viene collegata ad una testa orientabile che consente di guidarla;
- Alesatura del foro: una volta realizzato il foro pilota, la testa di trivellazione viene sostituita con particolari alesatori che vengono trascinati a ritroso all'interno del foro permettendo l'allargamento del foro stesso;
- Tiro e posa della tubazione: terminata la fase di alesatura, viene agganciato il tubo o il fascio di tubi dietro l'alesatore stesso per mezzo di un giunto rotante ad evitare che il moto di rotazione sia trasmesso al tubo stesso e viene trainato a ritroso fino al punto di partenza).

Nelle seguenti immagini sono descritte graficamente le fasi di installazione teleguidata.





5.3. STAZIONE DI TRASFORMAZIONE 220/30 kV E CONSEGNA

La stazione di trasformazione utente ha il doppio compito di raccogliere l'energia elettrica prodotta innalzandola al livello di tensione di rete, ed ospitare le apparecchiature di regolazione e controllo che permettono la connessione dell'impianto alla rete.

Schema unifilare, planimetria e sezioni dell'impianto sono riportati nelle tavole allegate.

I servizi ausiliari in c.a. saranno alimentati da un trasformatore MT/BT alimentati mediante cella MT dedicata su sbarra MT. Le utenze relative ai sistemi di protezione e controllo saranno alimentate in c.c. tramite batteria tenuta in carica a tampone con raddrizzatore.

Detta stazione verrà condivisa con altro produttore. Nel proseguo si fa riferimento alla sola porzione relativa all'impianto in progetto.

5.3.1. DESCRIZIONE DELLA STAZIONE

La stazione è ubicata nel Comune di Santa Ninfa (TP). Le principali apparecchiature installate sono:

- n° 1 sistema di sbarre in configurazione "sbarra singola" (una terna di conduttori) a 220 kV, con isolamento in aria;
- n° 1 stallo per il collegamento alla stazione di smistamento della RTN (contenente trasformatori di corrente e tensione per il funzionamento delle protezioni, interruttore e sezionatore di linea, terminali cavi);
- n° 2 stalli di trasformazione (ciascuno contenente trasformatori di corrente e tensione per il funzionamento delle protezioni, interruttore e sezionatore di linea, scaricatore di sovratensione);
- n° 2 trasformatori di potenza 220/30 kV;
- quadro di parallelo di media tensione;
- impianti ausiliari.

La stazione è dotata di manufatti atti ad ospitare le apparecchiature elettriche di bassa tensione, pali di illuminazione e telefonici, recinzione perimetrale.

Le principali distanze progettuali previste per le tensioni di funzionamento, indicate di seguito, saranno definite in armonia con quanto prescritto dal Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale.



PRINCIPALI DISTANZE DI PROGETTO (m)	
Distanza tra le fasi per le sbarre, le apparecchiature e i conduttori	3,20
Distanza tra le fasi per l'amarro linee	3,50
Larghezza degli stalli	14
Altezza dei conduttori di stallo (asse morsetti sezionatori di sbarra)	5,30
Quota asse sbarre	9,30

5.3.2. OPERE CIVILI

Inquadramento geologico generale

Alla luce dei dati disponibili è possibile affermare quanto segue:

- le condizioni di stabilità osservate sono generalmente soddisfacenti non sono presenti dissesti superficiali;
- alle profondità di scavo previste per la realizzazione delle fondazioni è da escludere la presenza di falde idriche che possano interferire con i lavori e/o con le fondazioni stesse.

In considerazione delle caratteristiche dimensionali delle opere costituenti l'“Impianto” si ritiene che le stesse potranno essere, di norma, di tipo diretto poggianti sulla formazione “in posto”. In sintesi in relazione alle caratteristiche del suolo ed al tipo di reticolato idrografico, è possibile affermare la fattibilità geologica del progetto, considerato altresì che non sono presenti processi morfo-evolutivi ed idrogeologici tali da pregiudicare l'edificabilità dell'area interessata dagli “Impianti”. In fase esecutiva si renderà necessario effettuare opportuni accertamenti geognostici e geotecnici al fine di determinare in dettaglio la litologia e le caratteristiche geotecniche del terreno di substrato, permettendo adeguata scelta e dimensionamento delle strutture di fondazione delle opere in progetto.

Fabbricati

I fabbricati sono di tipo prefabbricato a pianta rettangolare, delle dimensioni riportate nella cartografia allegata. La copertura a tetto piano deve essere opportunamente coibentata ed impermeabilizzata. Gli edifici comprendono un locale controllo aerogeneratori, un locale



trasformatori servizi ausiliari, un locale quadri BT, un locale quadri MT, un locale generatore elettrico.

L'impianto idrico dei servizi igienici, (la cui alimentazione avverrà, in mancanza di rete di distribuzione di acqua potabile dall'acquedotto, da un serbatoio posto sopra il tetto e periodicamente riempito mediante autobotte con acqua da acquedotto), l'impianto elettrico e l'impianto di riscaldamento saranno realizzati conformemente alle normative di Legge applicabili.

In fase esecutiva si valuterà la soluzione alternativa di realizzare i manufatti in materiale metallico (cosiddetto "shelter").

Preparazione del terreno della stazione e recinzioni

L'area su cui verrà realizzata la stazione di trasformazione 220/30 kV si presenta nella sua configurazione naturale con moderata acclività. Prima dell'installazione sarà livellata, eventualmente realizzando anche muri di contenimento.

L'area sarà dapprima scoticata e livellata asportando un idoneo spessore di materiale vegetale (variabile dai 50 agli 80 cm); lo stesso verrà temporaneamente accatastato e successivamente riutilizzato in sito per la risistemazione (ripristini e rinterri) delle aree adiacenti la nuova stazione, che potranno essere finite "a verde".

Dopo lo scotico del terreno saranno effettuati gli scavi ed i riporti fino alla quota di imposta delle fondazioni.

Durante la fase di regolarizzazione e messa in piano del terreno, dovranno essere realizzate opportune minime opere di contenimento che potranno essere esattamente definite solo a valle dei rilievi plano-altimetrici definitivi e della campagna di indagini sui terreni, atta a stabilirne le caratteristiche fisiche e di portanza.

Allo scopo di minimizzare le opere di contenimento e le movimentazioni dei terreni fino alle quote stabilite, i muri esterni di recinzione saranno realizzati "a gradini" seguendo l'attuale andamento naturale del terreno, e si raccorderanno con lo stesso mediante riporto dello stesso terreno pre-escavato.



Particolare cura sarà data alla realizzazione di sistemi drenanti (con l'utilizzo di materiali idonei, pietrame di varie dimensioni e densità) per convogliare le acque meteoriche in profondità sui fianchi della stazione.

Strade e piazzole

Le strade interne all'area della stazione saranno asfaltate e con una larghezza non inferiore a 4 m, le piazzole per l'installazione delle apparecchiature saranno ricoperte con adeguato strato di ghiaione stabilizzato.

Fondazioni e cunicoli cavi

Le fondazioni dei sostegni sbarre, delle apparecchiature e degli ingressi di linea in stazione, sono realizzate in calcestruzzo armato gettato in opera; per le sbarre e per le apparecchiature, con l'esclusione degli interruttori, potranno essere realizzate anche fondazioni di tipo prefabbricato con caratteristiche, comunque, uguali o superiori a quelle delle fondazioni gettate in opera. Le caratteristiche delle fondazioni sono riportate nei disegni allegati.

Le coperture dei pozzetti e dei cunicoli facenti parte delle suddette fondazioni, saranno in PRFV con resistenza di 2000 daN. I cunicoli per cavetteria saranno realizzati in calcestruzzo armato gettato in opera, oppure prefabbricati; le coperture in PRFV saranno carrabili con resistenza di 5000 daN.

Smaltimento acque meteoriche e fognarie

Per la raccolta delle acque meteoriche sarà realizzato un sistema di drenaggio superficiale che convoglierà la totalità delle acque raccolte dalle strade e dai piazzali in appositi collettori (tubi, vasche di prima pioggia, pozzi perdenti, ecc.). Lo smaltimento delle acque meteoriche è regolamentato dagli enti locali; pertanto, a seconda delle norme vigenti, si dovrà realizzare il sistema di smaltimento più idoneo, che potrà essere in semplice tubo, da collegare alla rete fognaria mediante sifone o pozzetti ispezionabili, da un pozzo perdente, da un sistema di subirrigazione o altro.

Ingressi e recinzioni

Il collegamento dell'impianto alla viabilità ordinaria sarà garantito dalla adiacente strada di accesso alla stazione elettrica esistente, avente caratteristiche idonee per qualsiasi tipo di



mezzo di trasporto su strada. Per l'ingresso alla stazione, è previsto un cancello carrabile di tipo scorrevole, inserito fra pilastri e pannellature in conglomerato cementizio armato.

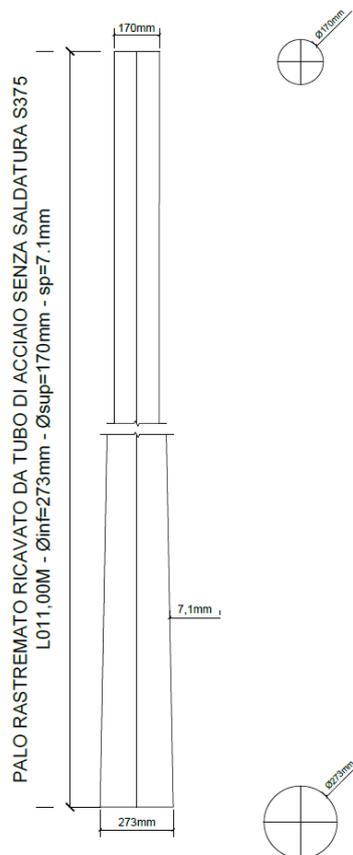
Impianti ausiliari

In stazione di trasformazione verranno installati gli impianti tecnologici necessari al suo funzionamento, tra cui:

- impianto di illuminazione;
- impianto telefonico;
- impianto di monitoraggio e telecontrollo;
- sistema di allarme antintrusione e videosorveglianza;
- sistema di allarme antincendio;

L'illuminazione della stazione sarà realizzata con torri faro a corona mobile con proiettori orientabili.

All'interno della stazione elettrica verrà realizzato un palo di sostegno per le apparecchiature di telecomunicazione. Tale palo avrà le caratteristiche rappresentate in figura seguente:





5.4. ELETTRODOTTO INTERRATO IN ALTA TENSIONE

Una linea interrata in cavo a 220 kV collegherà la stazione di trasformazione 220/30 kV alla stazione di smistamento RTN. L'elettrodotto sarà costituito da tre cavi unipolari posati a trifoglio in un cunicolo predisposto.

Le principali caratteristiche del cavo elettrico sono riassunte nella tabella seguente.

Sigla di identificazione	ARE4H5E
Tensione nominale di isolamento	127/220 kV
Tensione massima continuativa	245 kV
Sezione nominale	1600 mm ²
Norme di rispondenza	IEC62067

5.5. STAZIONE DI SMISTAMENTO RTN

Lo schema di allacciamento alla RTN prevede che la centrale venga collegata in antenna a 220 kV con una nuova stazione elettrica di smistamento (SE) a 220 kV della RTN, da inserire in entra – esce sulla linea RTN a 220 kV “Fulgatore – Partanna”, mediante un elettrodotto a 220 kV di nuova realizzazione ed il potenziamento dell'elettrodotto “Fulgatore – Partanna” esistente. Detta stazione di smistamento RTN e gli elettrodotti a 220 kV costituiscono impianto di rete per la connessione, ed entreranno a far parte della RTN.

6. CRITERI DI PROGETTAZIONE DEL SISTEMA DI PROTEZIONE

6.1. CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI

Per la classificazione degli ambienti relativamente al rischio di incendio, necessaria alla determinazione del tipo di impianto elettrico da installare, si è fatto riferimento alle Norme CEI 31-30, CEI 64-2, CEI 64-2/A e CEI 64-8.

In base alle caratteristiche costruttive ed alla destinazione d'uso, all'interno dell'Impianto sono state individuate le seguenti casistiche:

- aerogeneratori;
- stazione di trasformazione.

I locali sopra elencati non rientrano in nessuno degli ambienti particolari previsti dalle suddette Norme CEI, e si possono pertanto definire come “ambienti a rischio ordinario” ai sensi delle Norme CEI.



6.2. MISURE DI PROTEZIONE

Per il sistema elettrico adottato, le misure di protezione contro i contatti indiretti, prevedono l'impiego di apparecchiature e sistemi di classe II o l'impiego di interruttori automatici differenziali coordinati con l'impianto di terra secondo la relazione:

$$R_t < U_{tp}/I_f$$

Dove:

R_t = resistenza di terra in Ω ;

U_{tp} = massima tensione di contatto ammissibile;

I_n = corrente di guasto a terra.

Dovranno essere collegati a terra tutti gli utilizzatori e tutte le masse metalliche comprese quelle estranee che possono convogliare tensioni dall'esterno. Dovrà altresì essere verificato il coordinamento fra il valore dell'impianto di terra e tutti gli interruttori differenziali. Un'efficiente protezione meccanica con isolamenti di buona qualità dovrà garantire la protezione dai contatti diretti. Il grado minimo IP2X sarà adottato in tutte quelle parti d'impianto dove non sono stati previsti gradi più gravosi. Le misure di protezione contro i contatti diretti, prevedono l'impiego di involucri idonei all'impedimento di contatti diretti. L'impiego di differenziali ad alta sensibilità costituisce una misura addizionale, ma non sufficiente, alla protezione contro i contatti diretti.

Cadute di tensione, sezioni e portate dei conduttori

Alla potenza nominale, la caduta massima di tensione deve essere contenuta entro il 4% rispetto alla tensione a vuoto ed in particolare occorre rispettare la seguente condizione:

$$V_f = I_b * L * R * \cos(\varphi) \quad V\% = V_f/2.3$$

Dove:

V_f = caduta di tensione in Volt proiettata sul vettore di fase;

I_b = corrente d'impiego della linea;

$\cos(\varphi)$ = angolo di sfasamento tra la corrente I_b e la tensione di fase;

R = resistenza unitaria (Ω/m);

L = lunghezza dei conduttori (m).



La dimensione dei conduttori attivi deve essere come minimo della sezione di 1,5 mm², mentre per i circuiti di comando si potranno usare delle sezioni inferiori facendo attenzione ad usare dei conduttori aventi gli stessi livelli di tensione d'isolamento dei conduttori d'energia.

Per il conduttore di neutro c'è l'obbligo di mantenere la sezione dei conduttori di fase essendo l'impianto formato da diversi circuiti monofase e da conduttori per utenza trifase con sezione inferiore a 16 mm².

La sezione del neutro deve rispettare la formula, in caso di corto circuito:

$$K^2 S^2 > I^2 t$$

Pertanto il conduttore di neutro deve essere efficientemente protetto, escludendo l'impiego di fusibili a meno che l'intervento dello stesso non intervenga anche sul dispositivo d'interruzione ed agisca anche sulle fasi.

Le linee alimentate dai quadri elettrici sono tutte protette singolarmente dal sovraccarico per mezzo di interruttori magneto termici adatti a soddisfare le condizioni richieste secondo la relazione:

$$I_b < I_n < I_z < I_f$$

Dove:

I_b = corrente d'impiego dell'utilizzatore;

I_n = corrente nominale della protezione;

I_z = corrente massima portata dal conduttore;

$I_f = 1,45 I_z$ corrente convenzionale che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione.

Avendo scelto degli interruttori con corrente nominale inferiore a I_z non necessita la verifica di I_f .

Misure di protezione

La protezione delle linee contro le sovracorrenti e contro il cortocircuito verrà realizzata tramite interruttori di tipo automatico magnetotermico, in modo che lo stesso dispositivo assicuri sia la protezione contro il sovraccarico che contro il corto circuito (Norma CEI 64-8/4, sez.433). Quando un unico dispositivo è utilizzato sia per la protezione contro



sovraccarico che contro cortocircuito, non è necessario effettuare la verifica della lunghezza massima protetta (o della corrente di corto circuito minima, che si ha in fondo alla linea) come previsto dalla Norma CEI 64-8/4, sez. 433,434 e 435, purché il potere d'interruzione del dispositivo non sia inferiore al valore della corrente di corto circuito presunta nel punto d'installazione, determinato in relazione alla corrente di corto circuito presunta all'origine degli impianti ed all'impedenza della linea di alimentazione dei quadri stessi. Negli schemi dei quadri sono indicati i valori del potere d'interruzione di targa del dispositivo; talora tale valore risulta inferiore al valore della corrente di corto circuito presunta in corrispondenza del quadro stesso, in quanto, applicando il criterio della filiazione (protezione di back-up), occorre fare riferimento al potere d'interruzione "rinforzato" assunto dagli stessi dispositivi e riportato nelle tabelle del costruttore. Si precisa che tale criterio è applicabile qualora si impieghino dispositivi di protezione contro sovracorrenti della medesima casa costruttrice, secondo quanto in merito indicato dalla stessa in catalogo.

La protezione contro i contatti indiretti verrà realizzata mediante interruzione automatica dell'alimentazione, utilizzando componenti in classe II per i quali si adotta la protezione con doppio isolamento o con isolamento rinforzato (Norma CEI 64-8, art. 413.2).

La protezione contro i contatti diretti verrà realizzata, per tutti i componenti elettrici, prevedendo almeno un grado di protezione IP20.

7. ANALISI DI IMPATTO ELETTROMAGNETICO

Ogni apparecchiatura che produce o che viene attraversata da una corrente elettrica è caratterizzata da un campo elettromagnetico. Il campo elettromagnetico presente in un dato punto dello spazio è definito da due vettori: il campo elettrico e l'induzione magnetica. Il primo, misurato in V/m, dipende dall'intensità e voltaggio della corrente, mentre l'induzione magnetica, che si misura in μT , dipende dalla permeabilità magnetica del mezzo. Il rapporto tra l'induzione magnetica e la permeabilità del mezzo individua il campo magnetico. Le grandezze caratterizzanti il campo elettrico ed il campo magnetico sono in generale correlate, fatta eccezione per i campi a frequenze molto basse, per le quali il campo elettrico ed il campo magnetico possono essere considerati indipendenti.



In generale le correlazioni tra campo elettrico e campo magnetico sono assai complesse, dipendono dalle caratteristiche della sorgente, dal mezzo di propagazione, dalla presenza di ostacoli nella propagazione, dalle caratteristiche del suolo e dalle frequenze in gioco.

La diffusione del campo elettromagnetico nello spazio avviene nello stesso modo in tutte le direzioni; la diffusione può essere comunque alterata dalla presenza di ostacoli che, a seconda della loro natura, inducono sul campo elettromagnetico riflessioni, rifrazioni, diffusioni, assorbimento, ecc. La diffusione del campo elettromagnetico può comunque essere alterata anche dalla presenza di un altro campo elettromagnetico.

Di seguito si esamineranno i campi elettromagnetici a bassa frequenza generati dalle apparecchiature elettriche in progetto. Tali componenti operano, infatti, alla frequenza di 50 Hz, coincidente con la frequenza di esercizio della rete di distribuzione elettrica nazionale. Saranno valutate inoltre le fasce di rispetto da mantenere dalle sorgenti dei campi elettromagnetici.

7.1. ANALISI NORMATIVA INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO

Per la valutazione della compatibilità elettromagnetica delle opere, sono stati utilizzati i seguenti riferimenti normativi:

- DPCM 8/7/2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”;
- Legge n. 36 del 22/02/2001 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”;
- DPCM 23/04/1992 “Limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50 Hz) negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno”;
- Norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”;
- Decreto del Ministero dell’Ambiente del 29 Maggio 2008.

Per la determinazione delle fasce di rispetto si è fatto riferimento al documento, reso disponibile liberamente in rete, prodotto da Enel Distribuzione ed intitolato “Linee Guida per



l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al D.M. 29.05.08", in cui si riportano le fasce di rispetto per i più diffusi tipi di cavidotti interrati ed aerei e per le cabine primarie.

La legge del 22 febbraio 2001, n. 36 fornisce le principali definizioni tecniche:

- L'art. 3, comma 1, lettera b) definisce il limite di esposizione come *"è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori per le finalità di cui all'articolo 1, comma 1, lettera a)"*, mentre alla lettera c) il valore di attenzione come *"è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere, superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate per le finalità di cui all'articolo 1, comma 1, lettere b) e c). Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge"*.

Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μ T per l'induzione magnetica e 5 hV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci. A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

- l'art. 4, comma 2, lettera a) prevede che con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri, su proposta del Ministro dell'ambiente di concerto con il Ministro della sanità, siano fissati i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione dalla esposizione della popolazione, nonché le tecniche di misurazione e di rilevamento dei livelli di emissioni elettromagnetiche.



Il DPCM del 23 aprile 1992 disciplina i limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico alla frequenza industriale nominale negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno.

Il successivo DPCM dell'8 Luglio 2003 stabilisce anche un obiettivo di qualità per il campo magnetico, ai fini della progressiva minimizzazione delle esposizioni.

In estrema sintesi l'atto normativo DPCM del 23 Aprile 1992 individua i seguenti limiti massimi di esposizione:

- 5kV/m e 100 μ T, rispettivamente per l'intensità di campo elettrico e di induzione magnetica, in aree o ambienti in cui gli individui trascorrono una parte significativa della loro giornata;
- 10kV/m e 1000 μ T, rispettivamente per l'intensità di campo elettrico e di induzione magnetica, nel caso in cui l'esposizione sia ragionevolmente limitata a poche ore al giorno.

Il decreto definisce anche le distanze di rispetto dagli elettrodotti aerei da 132kV, 220kV e 380kV, rispetto ai fabbricati adibiti ad abitazione o ad altra attività che comporta tempi di permanenza prolungati.

Nel caso di esposizione a sorgenti operanti alla frequenza nominale di 50 Hz, il limite di esposizione all'induzione magnetica è pari a 100 μ T, mentre il limite di esposizione al campo elettrico è pari a 5 kV/m. I limiti appena descritti sono riassunti nella tabella seguente.

Frequenza 50 Hz	Intensità di campo elettrico E (kV/m)	Induzione Magnetica B (μ T)
Limite di esposizione	5	100
Valore di attenzione	-	10
Obiettivo di qualità	-	3

7.2. INQUADRAMENTO DELL'AREA ED INDIVIDUAZIONE LUOGHI TUTELATI

L'area dove si sviluppa il progetto, è ubicata nella parte sud-occidentale della Sicilia; in dettaglio ci troviamo su un'ampia spianata facente parte del territorio comunale di Mazara del Vallo, e ricadente nelle contrade denominate: Giammitro, Calamita, Decanto. Il cavidotto attraversa anche il territorio dei comuni di Castelvetro e Santa Ninfa. Gli impianti di utenza e di rete per la connessione sono siti nel territorio del comune di Santa Ninfa.



Nell'area in esame sorgono dei fabbricati con diverse destinazioni d'uso. La maggior parte di questi sono diruti o semidiruti, alcuni sono adibiti a deposito agricolo e in piccola parte sono abitazioni. Per l'analisi dei fabbricati presenti nell'area di progetto si rimanda all'elaborato specifico.

7.3. COMPONENTI DEL PROGETTO IN GRADO DI GENERARE CAMPI ELETTROMAGNETICI

Gli elementi dell'impianto eolico che possono dar luogo a campi elettromagnetici sono:

- aerogeneratori;
- stazione di trasformazione;
- stazione di smistamento;
- cavi interrati.

Aerogeneratori

Gli aerogeneratori generano elettricità alla tensione di 0,6 kV. Un trasformatore BT/MT innalza la tensione da 0,6 kV a 30 kV in modo da ridurre le perdite per il trasporto dell'energia elettrica prodotta alla stazione utente.

I valori specifici di induzione elettrica e magnetica dipendono dal tipo di trasformatore installato e dalle proprietà schermanti della struttura che ospita il trasformatore.

Per il calcolo della fascia di rispetto si è fatto riferimento al metodo di calcolo proposto da APAT (Agenzia per la Protezione Ambiente e Servizi Tecnici) come previsto dal DPCM 8 luglio 2003, utilizzando le seguenti grandezze in ingresso:

Corrente nominale di bassa tensione del trasformatore	4700 A
Diametro dei cavi in uscita dal trasformatore	0,01 m

Per il calcolo della Distanza di Prima Approssimazione (o DPA, e cioè distanza, in pianta sul livello del suolo, da tenere dalla proiezione del centro linea per essere esterni alla fascia di rispetto) si è fatto riferimento all'equazione ed al grafico seguenti:

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0,40942 x^{0,5241}$$

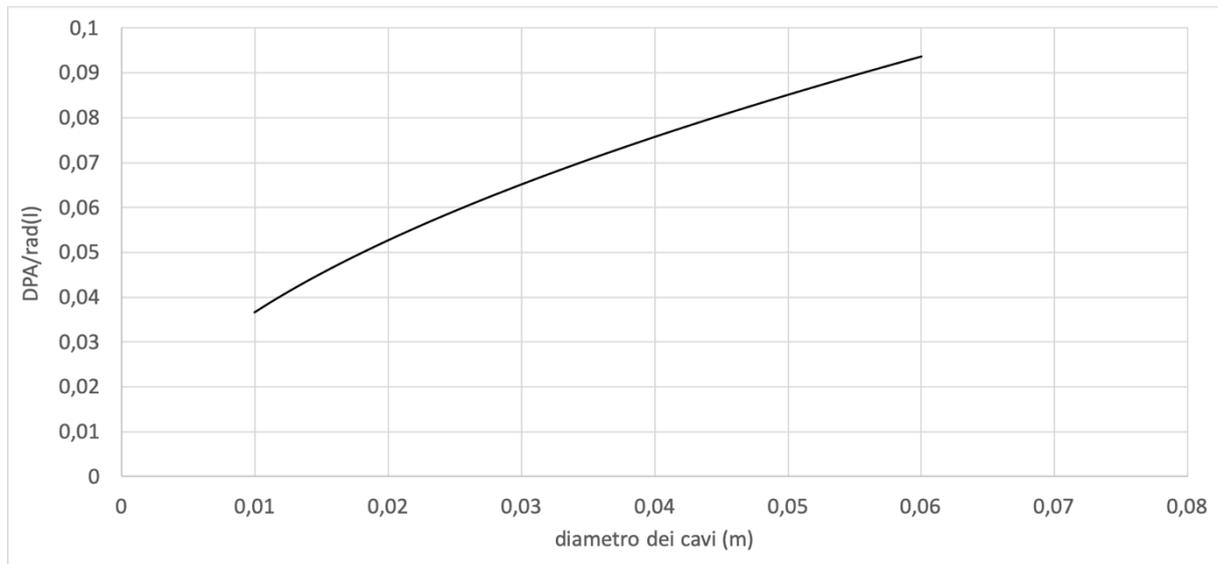
Dove:

DPA = Distanza di Prima Approssimazione (m);

I = corrente nominale (A);



x = diametro dei cavi (m).

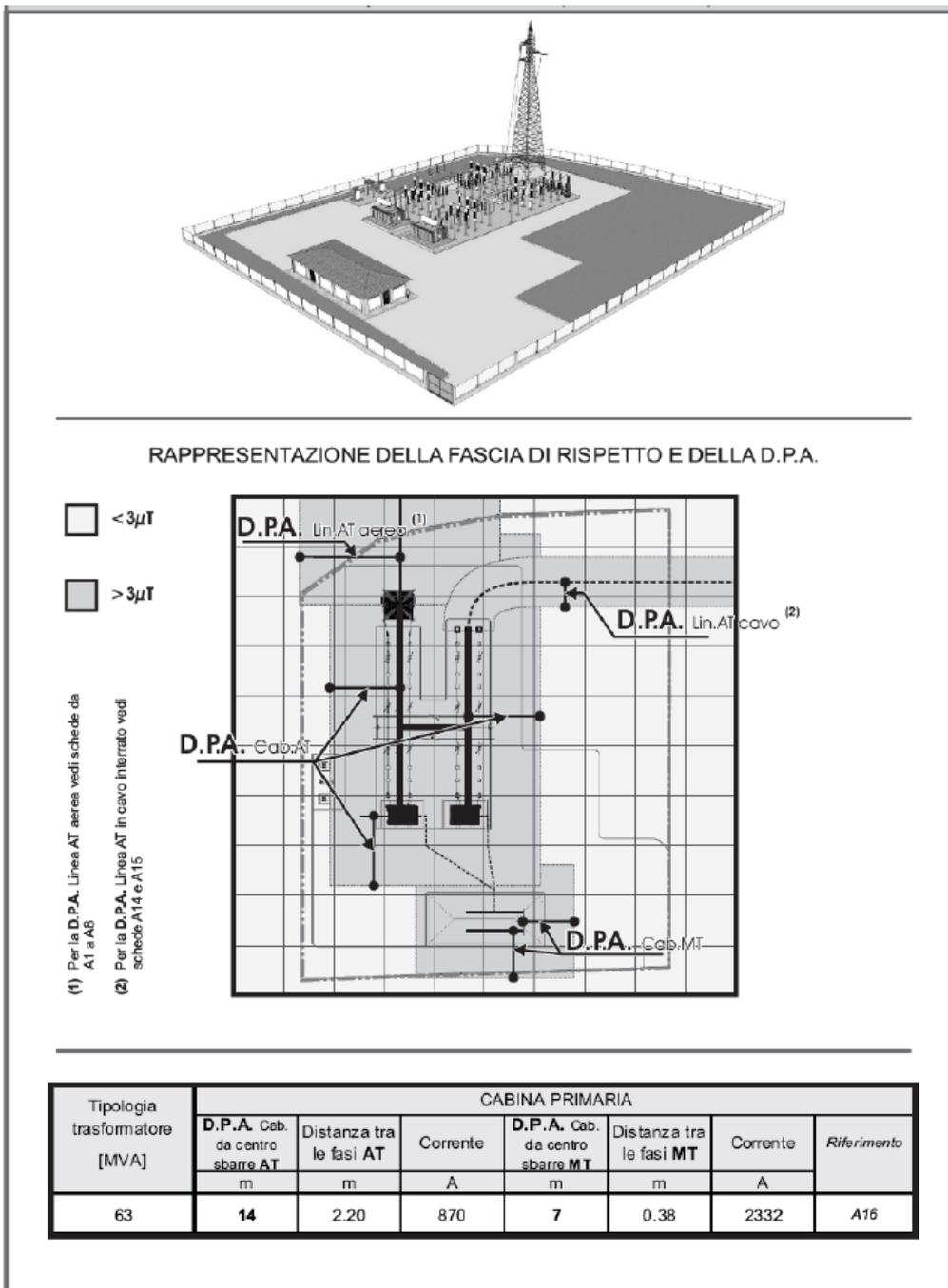


La DPA calcolata per il trasformatore BT/MT di ciascuna aerogeneratore vale 2,51 m. Il trasformatore è posto all'interno di una cabina avente larghezza di circa 2,5 m e lunga circa oltre 5. Poiché la DPA risulta pressoché uguale alla larghezza della cabina, i limiti di esposizione sono sicuramente verificati.

Stazione di trasformazione

Nella stazione elettrica di trasformazione la tensione viene innalzata da 30 a 220 kV per l'immissione sulla rete in alta tensione. La principale fonte di inquinamento elettromagnetico sono il trasformatore 30/220 kV e le sbarre in alta tensione.

Per la determinazione della DPA si può fare riferimento alla citata guida prodotta da Enel (un estratto di tale guida è riportato di seguito), la quale fornisce un valore precalcolato per una stazione con trasformatore da 63MVA. Come si evince dall'estratto riportato a seguire, la DPA risulta essere di 14 metri dagli impianti in alta tensione e di 7 metri da quelli in media tensione. Data la dimensione della recinzione e la posizione pressoché centrale dei trasformatori all'interno della stazione, la DPA risulta essere completamente interna al perimetro della stazione stessa.



Stazione di smistamento

Il collegamento dell'Impianto alla rete avverrà tramite la nuova stazione di smistamento della RTN. La determinazione della DPA è analoga a quella della stazione di trasformazione e anche in questo caso risulta essere interna alla stazione.

Cavi interrati

L'impianto presenta diversi cavidotti interrati, aventi tensione 30 kV, che collegano gli aerogeneratori alla stazione elettrica di trasformazione e consegna.

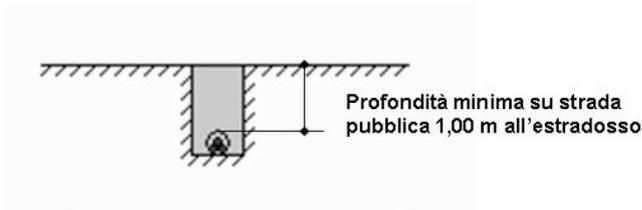


Nel caso dei cavi in media tensione, presentano le seguenti caratteristiche:

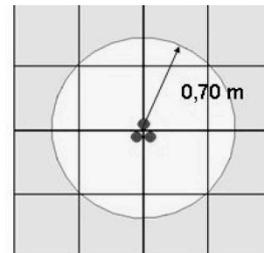
Tipo di linea	Interrata
Numero conduttori attivi	3
Tipo di cavo	cavo cordato ad elica
Sezione conduttori	70-500 mm ²
Tensione nominale	30 kV
Profondità interramento	1,2 m

Il cavo interrato più sollecitato ha una corrente nominale comparabile con quella del cavo preso come esempio nella sopracitata guida prodotta da Enel, dunque è stato utilizzato il valore di DPA precalcolato presente in tale guida.

La linea interrata in cavo disposta a trifoglio di esempio ha una DPA pari a 0,7 m. Dato che il cavidotto in progetto sarà interrato ad una profondità superiore ad 1 m, esso rispetterà i limiti di inquinamento elettromagnetico previsti dalla normativa.



Fascia di rispetto ($B > 3$ microT)
Non rappresentabile in quanto di dimensione molto ridotta



Fascia di rispetto ($B > 3$ microT) per cavo interrato MT ad elica visibile (passo d'elica 3 m) – sez. 185 mm² – In 324 A

CONCLUSIONI

Nel presente elaborato è stato descritto dal punto di vista elettrico l'impianto di produzione in oggetto. Dopo aver fornito una descrizione delle caratteristiche dei principali componenti e delle principali soluzioni di installazione, è stato analizzato l'impatto elettromagnetico dell'impianto. A seguito dell'analisi si può concludere che vengono rispettate tutte le prescrizioni normative relative all'inquinamento elettromagnetico.