



PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO

Comuni di

SAN MAURO FORTE e SALANDRA (MT)

Località Serre Alte e Serre d'olivo

A. PROGETTO DEFINITIVO DELL'IMPIANTO, DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI

OGGETTO

Codice: SMF	Autorizzazione Unica ai sensi del D.Lgs 387/2003 e D.Lgs 152/2006
N° Elaborato: A9	Relazione tecnica impianto eolico

Tipo documento	Data
Progetto definitivo	Luglio 2019

Progettazione

Proponente

ITW San Mauro Forte Srl
Via del Gallitello 89 | 85100 Potenza (PZ)
P.IVA 02053100760

Rappresentante legale

Emmanuel Macqueron

Progettisti

Ing. Vassalli Quirino

Ing. Speranza Carmine Antonio

REVISIONI

Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
00	Luglio 2019	Emissione	AM	QV/AS/DR	Quadran Italia Srl

SMF_A9_Relazione tecnica impianto eolico.doc	SMF_A9_Relazione tecnica impianto eolico.pdf
--	--

Il presente elaborato è di proprietà di ITW San Mauro Forte S.r.l. Non è consentito riprodurlo o comunque utilizzarlo senza autorizzazione di ITW San Mauro Forte S.r.l.

INDICE

1.	INTRODUZIONE	2
2.	A.9.A - DESCRIZIONE DEI DIVERSI ELEMENTI PROGETTUALI CON LA RELATIVA ILLUSTRAZIONE ANCHE SOTTO IL PROFILO ARCHITETTONICO	2
2.1.	DESCRIZIONE ELEMENTI PROGETTUALI DEL PARCO EOLICO	2
2.1.1.	<i>Aerogeneratori</i>	3
2.1.2.	<i>Fondazioni degli aerogeneratori</i>	5
2.1.3.	<i>Piazzole di montaggio degli aerogeneratori</i>	6
2.1.4.	<i>Strade</i>	7
2.2.	INFRASTRUTTURE ELETTRICHE	7
2.3.	MODALITÀ DI POSA	9
▫	<i>Modalità di posa dei cavi MT</i>	9
▫	<i>Modalità di posa dei conduttori di terra</i>	11
▫	<i>Modalità di posa della fibra ottica</i>	11
2.4.	COESISTENZA TRA CAVI ELETTRICI ED ALTRE CONDUTTURE INTERRATE	11
	<i>Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici</i>	11
	<i>Incroci tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione</i>	12
	<i>Parallelismo tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione</i>	12
	<i>Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici e tubazioni o strutture metalliche interrato</i>	12
2.5.	STAZIONE DI TRASFORMAZIONE 30/150 KV	13
	<i>Descrizione della stazione</i>	13
	<i>Descrizione dell'impianto</i>	14
	<i>Opere civili stazione elettrica</i>	14
3.	A.9.B - DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO	16
3.1.	SITO DI INSTALLAZIONE E POTENZA TOTALE IMPIANTO	16
3.2.	REGIME DI VENTO DEL SITO	18
3.3.	PREVISIONE DI PRODUZIONE ENERGETICA	19
3.4.	PRODUCIBILITÀ DELL'IMPIANTO AL NETTO DELLE PERDITE	20
3.5.	POSIZIONAMENTO AEROGENERATORI	21
4.	A.9.C - CRITERI DI SCELTA DELLE SOLUZIONI IMPIANTISTICHE DI PROTEZIONE CONTRO FULMINI, CON L'INDIVIDUAZIONE E LA CLASSIFICAZIONE DEL VOLUME DA PROTEGGERE	22
4.1.	SISTEMA DI PROTEZIONE DA FULMINAZIONI (LPS) DEGLI AEROGENERATORI	23
4.2.	SISTEMA DI PROTEZIONE DA FULMINAZIONE ESTERNA	23
4.3.	PROTEZIONE INTERNA DA FULMINAZIONE/PROTEZIONE DEI COMPONENTI ELETTRONICI	24
5.	CONCLUSIONI	24

1. INTRODUZIONE

La presente relazione descrive i componenti dell'impianto eolico, motivando le soluzioni adottate, e ne individua e descrive il funzionamento complessivo; inoltre illustra gli esiti dello studio di fattibilità relativo all'impianto eolico proposto dalla ITW San Mauro Forte Srl ed ubicato in agro dei comuni di San Mauro Forte, Salandra e Garaguso (MT).

Il progetto di parco eolico prevede l'installazione di 14 aerogeneratori con una potenza massima unitaria di ciascuno pari a 5'200 kW. La potenza installata massima nominale di impianto risulta pari a 72,80 MW.

Gli aerogeneratori saranno collegati in serie fra loro e poi direttamente alla stazione utente 30/150 kV, mediante un elettrodotto in MT a 30 kV. Da qui l'energia prodotta verrà trasmessa, mediante collegamento in antenna, alla sezione 150 kV della futura Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) della RTN 380/150 kV di Terna per l'immissione nella Rete di Trasmissione Nazionale.

2. A.9.a - DESCRIZIONE DEI DIVERSI ELEMENTI PROGETTUALI CON LA RELATIVA ILLUSTRAZIONE ANCHE SOTTO IL PROFILO ARCHITETTONICO

2.1. Descrizione elementi progettuali del parco eolico

L'impianto eolico è caratterizzato, dal punto di vista impiantistico, da una struttura piuttosto semplice. Esso è infatti composto da:

- ▲ 14 aerogeneratori completi delle relative torri di sostegno di potenza nominale pari a max. 5,2 MW;
- ▲ Impianto elettrico costituito da:
 - Una rete in *elettrodotto interrato* costituito da dorsali a 30 kV di collegamento tra gli aerogeneratori e da questi ultimi alla stazione di trasformazione 30/150 kV;
 - Una *stazione di trasformazione 30/150 kV* completa di relative apparecchiature ausiliarie (quadri, sistemi di controllo e protezione, trasformatore ausiliario);
 - Un *elettrodotto a 150 kV* di collegamento dalla stazione di trasformazione alla Stazione Elettrica 150/380 kV di Terna SpA, per la connessione del parco eolico alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).
- ▲ Opere civili di servizio, costituite principalmente dalla struttura di fondazione degli aerogeneratori, dalle opere di viabilità e cantierizzazione e dai cavidotti.

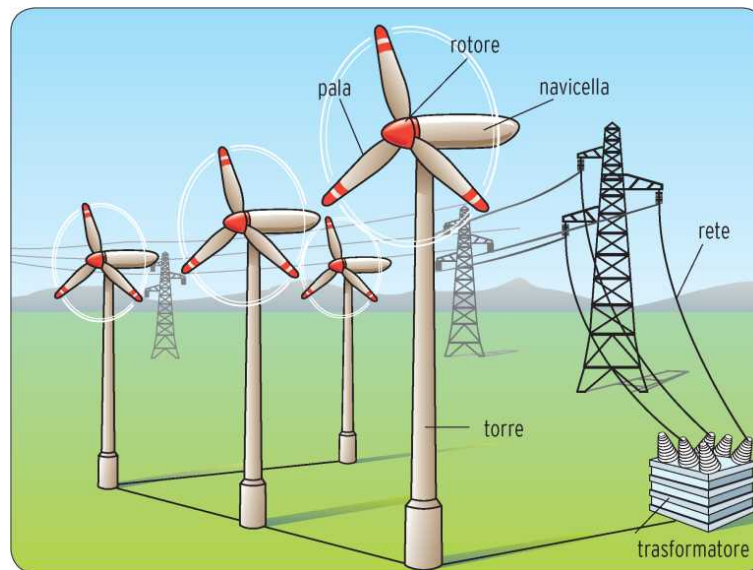


Figura 1 - Schematizzazione parco eolico

2.1.1. Aerogeneratori

Gli aerogeneratori sono del tipo ad asse orizzontale, con tre pale, 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) sono 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 (hub)*, 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.

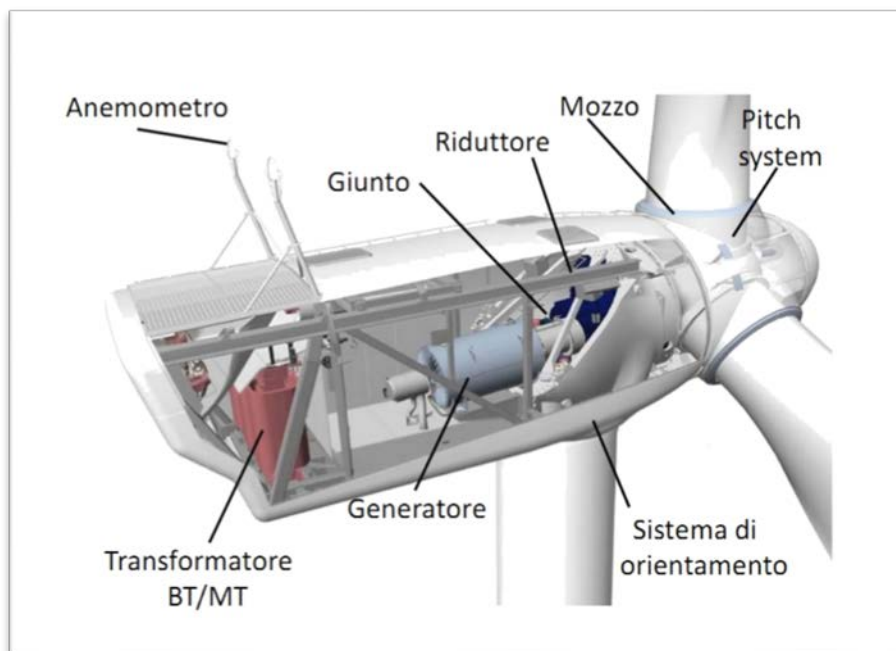
Opportuni serbatoi d'olio in pressione garantiscono l'energia idraulica necessaria a ruotare il passo delle pale anche in condizioni di emergenza (mancanza di alimentazione elettrica).

La fermata dell'aerogeneratore per motivi di sicurezza avviene ogni volta che la velocità del vento supera i 25 m/s. A rotore fermo un ulteriore freno sull'albero principale ne assicura il blocco in posizione di "parcheggio".

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:

Potenza nominale	5,2 MW max.
Diametro rotorico	162 m
Altezza torre	149 m
Tipo di torre	Tubolare
Numero di pale	3
Velocità di rotazione nominale	Compresa tra 4.3 e 12.1 rpm
Velocità di attivazione-bloccaggio	3 - 25 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	≤ 104 dB(A)



2.1.2. Fondazioni degli aerogeneratori

Tutte le opere di fondazione saranno progettate in funzione della tipologia del terreno in sito, opportunamente indagato tramite indagine geognostica, geologica e idrogeologica, nonché del grado di sismicità (zona 2 in accordo alla classificazione definita dall'OPCM n. 3274 del 20/3/2003).

La fattibilità geologica e geotecnica delle opere previste è stata accertata attraverso uno "Studio di compatibilità geologica e geotecnica" basato su una serie di sondaggi geognostici effettuati in sito.

Lo studio è allegato alla relazione A2 del Progetto Definitivo.

Sulla base delle risultanze di tale studio, si prevede per gli aerogeneratori una fondazione di tipo indiretto su pali di fondazione.

A causa dei carichi rilevanti che andranno ad agire sulle fondazioni (carichi statici e dinamici, momenti alla base etc.), per garantire buoni valori di portanza del terreno, è prevista l'esecuzione di opere di consolidamento del terreno stesso mediante palificazione. Le palificazioni saranno collaboranti con fondazioni "indirette", ovvero blocchi di fondazioni che si atterranno sulle palificazioni stesse.

La tipologia, il numero ed il posizionamento dei pali dovrà essere stabilito a seguito delle indagini geotecniche e geognostiche.

Indicativamente, si prevede l'esecuzione di pali di fondazione di tipo "trivellato", armati e gettati in opera: il diametro stimato di ogni palo è previsto pari a $1,0 \div 1,2 m$, la lunghezza potrà oscillare intorno ai $15 \div 25 m$ e comunque dovrà garantire il loro appoggio su terreni rocciosi consolidati sottostanti e conseguentemente adeguati ai valori di portanza.

Le fondazioni avranno una base circolare ed armatura in ferro, saranno completamente interrate sotto il terreno di riporto, lasciando sporgenti in superficie solo i "dadi" tondi di appoggio nei quali sarà inghisata la virola di fondazione.

Nella fondazione saranno inghisati una serie di "conduit" in plastica, opportunamente sagomati e posizionati, che dal bordo della fondazione stessa fuoriusciranno all'interno del palo metallico che vi sarà successivamente posato; nei conduit plastici saranno infilati i cavi elettrici di comando e controllo di interconnessione delle apparecchiature (tra aerogeneratori e quadri elettrici di controllo/trasformatori elevatori) e per i collegamenti di messa a terra.

Attorno ad ogni opera di fondazione sarà installata una maglia di terra in rame, o materiale equivalente buon conduttore, opportunamente dimensionata. Tale maglia sarà idonea a disperdere nel terreno e a mantenere le tensioni di "passo" e di "contatto" entro i valori prescritti dalle normative, nonché a scaricare a terra eventuali scariche elettriche dovute ad eventi meteorici (fulmini).

Alla maglia saranno interconnesse tutte le masse metalliche che costituiranno l'impianto (apparecchiature esterne e tutte le masse metalliche che costituiranno le armature metalliche delle fondazioni).

Alla stessa rete di terra sarà collegato quindi il sistema di dispersione delle scariche atmosferiche.

Dopo aver eseguito le opere di fondazione, le aree interessate dai lavori saranno risistemate realizzando il livellamento del terreno intorno alle fondazioni con materiali idonei compattati (tessuto non tessuto e misto granulometrico di idoneo spessore) e realizzando nell'attorno dell'aerogeneratore una piazzola per l'accesso e la manutenzione periodica delle macchine. La piazzola sarà collegata con le strade locali mediante una bretellina di accesso alla stessa.

Le aree esterne alla strada e alla piazzola di accesso e di manutenzione ordinaria saranno, allo stesso modo, livellate e ripristinate allo stato precedente le opere di fondazione utilizzando il terreno di scotico precedentemente asportato.

2.1.3. Piazzole di montaggio degli aerogeneratori

Le piazzole di montaggio degli aerogeneratori sono opere temporanee che saranno realizzate allo scopo di consentire i montaggi meccanici degli aerogeneratori con gru. Si tratta di superfici piane di opportune dimensioni predisposte al fine di consentire il lavoro dei mezzi di sollevamento.

Il tipico di piazzola di montaggio previsto è mostrato nella Tav. A.16.b.8.

A montaggio ultimato, la superficie delle piazzole verrà ripristinata come era precedentemente, nella situazione "ante operam", prevedendo il riporto di terreno vegetale e consentendo la semina e l'eventuale piantumazione laddove questa fosse presente.

Solamente un'area limitata attorno alle macchine verrà mantenuta piana e sgombra in modo da consentire le operazioni di servizio quali controllo e/o manutenzione degli aerogeneratori.

2.1.4. Strade

Relativamente alla viabilità interna dell'impianto eolico, si prevede la realizzazione di strade nuove e/o adeguamento di quelle esistenti per renderle idonee alle esigenze di trasporto e montaggio.

L'intervento prevede il massimo utilizzo della viabilità locale esistente, costituita da strade comunali, vicinali e interpoderali già utilizzate sul territorio per i collegamenti tra le varie particelle catastali di diversa proprietà.

La viabilità da realizzare ex-novo consiste in una limitata serie di brevi tratti di strade in misura strettamente necessaria al fine di raggiungere agevolmente tutti i siti ove installare gli aerogeneratori. Queste avranno una larghezza massima di 5 m e saranno realizzate seguendo l'andamento topo-orografico del sito, riducendo al minimo eventuali movimenti di terra ed utilizzando come sottofondo materiale calcareo pietroso, rifinendole con doppio strato di pietrisco (tout-venant di cava o altro materiale idoneo).

Sulle strade esistenti saranno eseguite prove di portanza al fine di stabilire l'idoneità al transito dei mezzi d'opera ed ai mezzi di trasporto delle apparecchiature. Laddove queste non risultassero adeguate al transito dei mezzi di trasporto e sollevamento apparecchiature, si eseguiranno interventi di consolidamento e di adeguamento del fondo stradale, di allargamento delle curve, di abbattimento temporaneo ed il ripristino di qualche palizzata e/o recinzione in filo spinato (laddove e se esistenti), la modifica di qualche argine stradale esistente etc.

Tali interventi saranno progettati in modo tale da apportare un miglioramento dello stato attuale delle strade. Gli interventi temporanei quali allargamenti di curve o abbattimenti di recinzioni necessari al transito dei mezzi di trasporto e d'opera verranno ripristinati come "ante-operam".

La viabilità di servizio di nuova costruzione sarà realizzata esclusivamente con materiali drenanti. Non si prevede la finitura con pavimentazione stradale bituminosa. Sagome e pendenze delle strade saranno "adattate" e livellate per consentire il transito dei mezzi di trasporto, senza peraltro modificarne posizione e dimensione rispetto a quelle attuali. Il materiale stabilizzato necessario per l'adeguamento delle strade (se idoneo) sarà in parte ricavato dal terreno rimosso negli scavi per la realizzazione dei plinti di sostegno degli aerogeneratori e non riutilizzato per la ricopertura dei plinti stessi, il rimanente verrà approvvigionato da idonei fornitori localizzati nelle immediate vicinanze all'impianto (tout-venant stabilizzato da impianti di cava etc.).

I tratti stradali originariamente asfaltati, se interessati dai lavori e/o deteriorati durante le fasi di trasporto delle apparecchiature e dei materiali da costruzione e realizzazione delle opere, saranno ripristinati a lavori completati con finitura in asfalto.

2.2. Infrastrutture elettriche

Le parti principali costituenti l'impianto elettrico sono:

- le unità di produzione di energia elettrica (*aerogeneratori*), descritti al precedente paragrafo;
- i collegamenti in *cavo elettrico interrato* degli aerogeneratori alla stazione 30/150kV;

- la *stazione elettrica di trasformazione 30/150kV*;
- il *collegamento*, a 150 kV, di suddetta stazione di trasformazione alla Stazione Elettrica 150/380 kV di Terna, per la connessione dell'impianto eolico alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

Opere elettriche di collegamento tra gli aerogeneratori

L'impianto eolico da realizzare in agro dei comuni di San Mauro Forte, Salandra e Garaguso (MT) è costituito da 14 aerogeneratori, ciascuno dei quali comprende un generatore asincrono trifase doppiamente alimentato ($V = 660 V$, $P_{max} = 5'200 kW$) collegato al rispettivo trasformatore MT/BT di macchina. I dieci gruppi di generazione sono tra loro connessi attraverso una linea in media tensione a 30 kV, realizzata in cavo con collegamento di tipo "entra-esci". L'energia prodotta dalle turbine viene poi convogliata, tramite un cavidotto in MT, alla stazione elettrica d'impianto nella quale è presente il trasformatore MT/AT per il successivo collegamento, tramite un cavidotto alla Stazione Elettrica 150/380 kV di Terna, per la connessione dell'impianto eolico alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

Gli aerogeneratori verranno inseriti su elettrodotti (dorsali) costituiti da cavi interrati a 30kV, che si svilupperanno all'interno dell'area di impianto. Il percorso di ciascuna dorsale è stato studiato in modo da sfruttare unicamente il percorso di strade e tratturi esistenti e le nuove strade di accesso agli aerogeneratori, non attraversando in nessun punto i terreni agricoli.

Le dorsali 30 kV si sviluppano all'interno del comune di San Mauro Forte (MT). I tracciati delle dorsali in progetto sono riportati nelle Tav. A.16.a.19 e A.16.b.6, mentre lo schema elettrico nella Tav. A.16.b.7.

Descrizione del tracciato

Il tracciato dell'elettrodotto in oggetto è stato studiato secondo quanto previsto dall'art. 121 del T.U. 11/12/1933 n°1775, comparando le esigenze della pubblica utilità dell'opera con gli interessi sia pubblici che privati coinvolti.

Tale tracciato avrà una lunghezza complessiva di circa 23 km (7 km considerando il solo cavidotto esterno), ricadente nei comuni di San Mauro Forte, Salandra e Garaguso (MT).

Nella definizione dell'opera sono stati adottati i seguenti criteri progettuali:

- contenere per quanto possibile la lunghezza del tracciato sia per occupare la minor porzione possibile di territorio, sia per non superare dei predefiniti limiti di convenienza tecnico economica;
- evitare di interessare nuclei e centri abitati, tenendo conto di eventuali trasformazioni ed espansioni urbane future;
- evitare per quanto possibile di interessare case sparse e isolate, rispettando le distanze minime prescritte dalla normativa vigente;
- minimizzare l'interferenza con le zone di pregio naturalistico, paesaggistico ed archeologico;

- transitare su aree di minore pregio interessando prevalentemente aree agricole e sfruttando la viabilità di progetto dell'impianto eolico.

2.3. Modalità di posa

Le linee elettriche ed in fibra ottica saranno posate in cavidotti direttamente interrati o, all'occorrenza, posate all'interno di tubi. Il tracciato dei cavidotti è riportato negli allegati elaborati cartografici.

I cavidotti in funzione della quantità e tipologia dei cavi, assumeranno la configurazione riportata nelle sezioni tipiche riportate nello stesso documento.

- **Modalità di posa dei cavi MT**

Posa dei cavi direttamente interrati

I cavi elettrici, rispetto ai piani finiti di strade o piazzali o alla quota del piano di campagna, saranno posati negli scavi alla profondità di circa 1,2 m. I cavi saranno posati direttamente all'interno di uno strato di materiale sabbioso (pezzatura massima: 5 mm) di circa 30 cm, su cui saranno posati i tegoli o le lastre copricavo. Un nastro segnalatore sarà immerso nel rimanente volume dello scavo riempito con materiale arido.

La posa dei conduttori si articolerà quindi essenzialmente nelle seguenti attività:

- scavo a sezione obbligata della larghezza e della profondità come indicato nel documento;
- posa dei conduttori e fibre ottiche. Particolare attenzione dovrà essere fatta per l'interramento della corda di rame che costituisce il dispersore di terra dell'impianto; infatti questa dovrà essere interrata in uno strato di terreno vegetale di spessore non inferiore a 20 cm nelle posizioni indicate dal documento;
- reinterro parziale con sabbia vagliata;
- posa dei tegoli protettivi;
- reinterro con terreno di scavo;
- inserimento nastro per segnalazione tracciato.

Nella posa degli stessi cavi dovranno essere rispettati alcuni criteri particolari, per l'esecuzione delle opere secondo la regola dell'arte, di seguito indicati:

- Tracciato delle linee: il tracciato delle linee di media tensione dovrà seguire più fedelmente possibile la linea guida indicata nella planimetria generale d'impianto. In particolare il tracciato dovrà essere il più breve possibile e parallelo al fronte dei fabbricati dove presenti;
- Posa diretta in tubazioni: i cavi saranno posizionati all'interno di tubi protettivi flessibili (tubi corrugati).

La posa del cavo deve essere preceduta dall'ispezione visiva delle tubazioni e dall'eventuale pulizia interna. L'imbocco delle tubazioni deve essere munito di idoneo dispositivo atto ad evitare lesioni del cavo. Nelle tratte di canalizzazioni comprensive di curve in tubo posato in sabbia, la tesatura del cavo deve essere realizzata con modalità di tiro che non produca lesioni al condotto di posa.

Per limitare gli sforzi di trazione si può attuare la lubrificazione della guaina esterna del cavo con materiale non reagente con la stessa.

La bobina sarà collocata in prossimità dell'ingresso della tubazione, con asse di rotazione perpendicolare all'asse longitudinale della tubazione stessa ed in modo che lo svolgimento del cavo avvenga dalla parte inferiore della bobina. Il tiro dovrà essere effettuato mediante un argano, dotato di frizione regolabile, disposto il più vicino possibile al luogo di arrivo della tratta da posare. È necessario evitare che il cavo, nel passaggio fra bobina e tubo, venga assoggettato a piegature o a sforzi di torsione. L'applicazione del tiro deve avvenire in maniera graduale e per quanto possibile continuo, evitando le interruzioni. Gli sforzi di tiro non devono determinare scorrimenti tra conduttori e gli isolanti del cavo; a tal fine dovranno essere utilizzate metodologie atte a scaricare i momenti torcenti che si sviluppano durante il tiro. Lo svolgimento del cavo deve avvenire mediante rotazione meccanica o manuale della stessa. È vietata la rotazione della bobina tramite il tiro del cavo stesso al fine di evitare anomali sollecitazioni del cavo. Appositi rulli di scorrimento dovranno essere utilizzati al fine di evitare che durante l'introduzione il cavo strisci contro spigoli metallici (es. telai dei chiusini) o di cemento (es. imboccatura di polifore, pozzetti, canalette ecc.). Al fine di limitare il più possibile il numero di giunzioni lungo il percorso saranno stese tratte di cavo di lunghezza massima possibile soddisfacendo comunque le prescrizioni di tiro massimo.

Posa diretta in trincea: la posa del cavo può essere effettuata secondo i due metodi seguenti:

▪ *a bobina fissa:*

- da adottare quando il percorso in trincea a cielo aperto è intercalato con percorsi in tubazioni e quando il percorso è prevalentemente rettilineo o con ampi raggi di curvatura;
- la bobina deve essere posta sull'apposito alzabobine, con l'asse di rotazione perpendicolare all'asse mediano della trincea e in modo che si svolga dal basso;
- Sul fondo della trincea devono essere collocati, ad intervalli variabili in dipendenza del diametro e della rigidità del cavo, i rulli di scorrimento. Tale distanza non deve comunque superare i 3 metri.

▪ *a bobina mobile:*

- da adottare quando il percorso si svolge tutto in trincea a cielo aperto. Il cavo deve essere steso percorrendo con il carro portabobine il bordo della trincea e quindi calato manualmente nello scavo.

L'asse del cavo posato nella trincea deve scostarsi dall'asse della stessa di qualche centimetro a destra e a sinistra seguendo una linea sinuosa, al fine di evitare dannose sollecitazioni dovute all'assestamento del terreno.

- Temperatura di posa: Per tutto il tempo di installazione dei cavi, la temperatura degli stessi non deve essere inferiore a 0°C.

- Sforzi di tiro per la posa: Durante le operazioni di posa, gli sforzi di tiro devono essere applicati ai conduttori, e non devono superare i 60 N/mm² di sezione totale.
- Raggi di curvatura: Il raggio di curvatura dei cavi durante le operazioni di installazione non dovrà essere inferiore a 830 mm.
- Messa a terra degli schermi metallici: Lo schermo metallico dei singoli spezzoni di cavo dovrà essere messo a terra da entrambe le estremità della linea. E' vietato usare lo schermo dei cavi come conduttore di terra per altre parti dell'impianto.

- **Modalità di posa dei conduttori di terra**

Il conduttore di terra deve essere interrato ad una profondità di circa 1,1 m dal piano di campagna. Il conduttore in corda di rame nuda di sezione pari a 35 mm² dovrà essere interrato in uno strato di terreno vegetale, di spessore non inferiore a 20 cm, ubicato nel fondo scavo della trincea come indicato nel documento.

- **Modalità di posa della fibra ottica**

I cavi in fibra ottica saranno allettati direttamente nello strato di sabbia.

Nella posa degli stessi cavi dovranno essere rispettati alcuni criteri particolari, per l'esecuzione delle opere secondo la regola dell'arte, come di seguito indicati:

- Tracciato delle linee: Il tracciato delle linee in cavo in fibra ottica dovrà seguire più fedelmente possibile la linea guida indicata nella planimetria generale d'impianto.
- Posa diretta in tubazioni: I cavi saranno posizionati all'interno di tubi protettivi flessibili (tubi corrugati).
- Sforzi di tiro per la posa: Durante le operazioni di posa, lo sforzo di tiro che può essere applicato a lungo termine sarà al massimo di 3000 N.
- Raggi di curvatura: Il raggio di curvatura dei cavi durante le operazioni di installazione non dovrà essere inferiore a 20 cm.

Durante le operazioni di posa è indispensabile che il cavo non subisca deformazioni temporanee. Il rispetto dei limiti di piegatura e tiro è garanzia di inalterabilità delle caratteristiche meccaniche della fibra durante le operazioni di posa. Se inavvertitamente il cavo subisce deformazioni o schiacciamenti visibili, la posa deve essere interrotta e dovrà essere effettuata una misurazione con OTDR per verificare eventuali rotture o attenuazioni eccessive provocate dallo stress meccanico. Nel caso che il cavo subisca degli sforzi di taglio pronunciati, con conseguente rottura della guaina esterna, deve essere segnalato il punto danneggiato e si potrà procedere alla posa del cavo dopo aver preventivamente isolato la parte di guaina lacerata con nastro gommato vulcanizzante tipo 3M.

2.4. Coesistenza tra cavi elettrici ed altre condutture interrate

Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici

I cavi aventi la stessa tensione possono essere posati alla stessa profondità, ad una distanza di circa 3 volte il loro diametro nel caso di posa diretta.

Incroci tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione

Negli incroci il cavo elettrico, di regola, deve essere situato inferiormente al cavo di telecomunicazione. La distanza fra i due cavi non deve essere inferiore a 0,30 m ed inoltre il cavo posto superiormente deve essere protetto, per una lunghezza non inferiore ad 1 m, mediante un dispositivo di protezione identico a quello previsto per i parallelismi. Tali dispositivi devono essere disposti simmetricamente rispetto all'altro cavo.

Ove, per giustificate esigenze tecniche, non possa essere rispettato il distanziamento minimo di cui sopra, anche sul cavo sottostante deve essere applicata una protezione analoga a quella prescritta per il cavo situato superiormente. Non è necessario osservare le prescrizioni sopraindicate quando almeno uno dei due cavi è posto dentro appositi manufatti che proteggono il cavo stesso e ne rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza necessità di effettuare scavi.

Parallelismo tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione

Nei parallelismi con cavi di telecomunicazione i cavi elettrici devono di regola, essere posati alla maggiore distanza possibile fra loro e quando vengono posati lungo la stessa strada si devono posare possibilmente ai lati opposti di questa. Ove, per giustificate esigenze tecniche, non sia possibile attuare quanto sopra, è ammesso posare i cavi in vicinanza purché sia mantenuta tra i due cavi una distanza minima, in proiezione sul piano orizzontale, non inferiore a 0,30 m. Qualora detta distanza non possa essere rispettata è necessario applicare sui cavi uno dei seguenti dispositivi di protezione:

- Cassetta metallica zincata a caldo;
- Tubazione in acciaio zincato a caldo;
- Tubazione in PVC o fibrocemento, rivestite esternamente con uno spessore di calcestruzzo non inferiore a 10 cm.

I predetti dispositivi possono essere omessi sul cavo posato alla maggiore profondità quando la differenza di quota tra i due cavi è uguale o superiore a 0,15 m.

Le prescrizioni di cui sopra non si applicano quando almeno uno dei due cavi è posato, per tutta la parte interessata, in appositi manufatti (tubazione, cunicoli, ecc.) che proteggono il cavo stesso rendendo possibile la posa e la successiva manutenzione senza la possibilità di effettuare scavi.

Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici e tubazioni o strutture metalliche interrate

La distanza in proiezione orizzontale tra cavi elettrici e tubazioni metalliche interrate parallelamente ad esse non deve essere inferiore a 0,30 m.

Si può tuttavia derogare dalla prescrizione suddetta previo accordo tra gli esercenti quando:

- la differenza di quota fra le superfici esterne delle strutture interessate è superiore a 0,50 m;

- tale differenza è compresa tra 0,30 m e 0,50 m, ma si interpongono fra le due strutture elementi separatori non metallici nei tratti in cui la tubazione non è contenuta in un manufatto di protezione non metallico.

Non devono mai essere disposti nello stesso manufatto di protezione cavi di energia e tubi convoglianti fluidi infiammabili; per le tubazioni per altro tipo di posa è invece consentito, previo accordo tra gli Enti interessati, purché il cavo elettrico e la tubazione non siano posti a diretto contatto fra loro. Le superfici esterne di cavi d'energia e tubazioni metalliche interrato non deve essere effettuato sulla proiezione verticale di giunti non saldati delle tubazioni stesse. Non si devono effettuare giunti sui cavi a distanza inferiore ad 1 m dal punto di incrocio. Nessuna prescrizione è data nel caso in cui la distanza minima, misurata fra le superfici esterne di cavi elettrici e di tubazioni metalliche o fra quelle di eventuali loro manufatti di protezione, è superiore a 0,50 m. Tale distanza può essere ridotta fino ad un minimo di 0,30 m, quando una delle strutture di incrocio è contenuta in manufatto di protezione non metallico, prolungato per almeno 0,30 m per parte rispetto all'ingombro in pianta dell'altra struttura oppure quando fra le strutture che si incrociano si venga interposto un elemento separatore non metallico (ad esempio lastre di calcestruzzo o di materiale isolante rigido); questo elemento deve poter coprire, oltre alla superficie di sovrapposizione in pianta delle strutture che si incrociano, quella di una striscia di circa 0,30 m di larghezza ad essa periferica.

Le distanze suddette possono ulteriormente essere ridotte, previo accordo fra gli Enti proprietari o Concessionari, se entrambe le strutture sono contenute in un manufatto di protezione non metallico. Prescrizioni analoghe devono essere osservate nel caso in cui non risulti possibile tenere l'incrocio a distanza uguale o superiore a 1 m dal giunto di un cavo oppure nei tratti che precedono o seguono immediatamente incroci eseguiti sotto angoli inferiori a 60° e per i quali non risulti possibile osservare prescrizioni sul distanziamento.

2.5. Stazione di trasformazione 30/150 kV

Per il parco eolico proposto dalla ITW San Mauro Forte Srl, ed ubicato in agro dei comuni di San Mauro Forte, Salandra e Garaguso (MT), il Gestore prescrive che l'impianto debba essere collegato in antenna con la sezione a 150 kV della Stazione Elettrica ancora da realizzarsi.

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.

Descrizione della stazione

La stazione occupa un'area di circa 1000 mq ed è ubicata nel comune di Garaguso (MT), precisamente sul terreno identificato al Foglio 47 particelle 368,369, 374, 379, 380 e 387.

La stazione sarà collegata alla strada comunale esistente con un accesso di larghezza adeguata per consentire il transito agli automezzi necessari per la costruzione e la manutenzione periodica. E' inoltre previsto un ingresso pedonale indipendente al locale di misura.

All'interno della stazione saranno previste, a distanza di sicurezza dalle apparecchiature elettriche, aree di transito e di sosta asfaltate, mentre l'area destinata alle apparecchiature elettriche all'aperto sarà ricoperta in ghiaia.

La recinzione della stazione sarà di tipo aperto, costituita da un muretto di base d'altezza circa 50 cm su cui saranno annegati dei manufatti distanziati tra loro come a formare i denti di un pettine. L'altezza complessiva della recinzione sarà pari a circa 3m.

Descrizione dell'impianto

L'impianto di utenza è principalmente costituito da:

- N. 1 montante 150kV di collegamento al trasformatore 30/150kV costituito da interruttore sezionatore, trasformatore di misura e scaricatore di sovratensione;
- N. 1 trasformatore elevatore 30/150 kV;
- N. 1 quadro elettrico 30kV, le apparecchiature di controllo e protezione della stazione e i servizi ausiliari, ubicati all'interno di un edificio in muratura.

Le caratteristiche di dettaglio di tutti i componenti facenti parte della stazione di utenza sono riportate negli elaborati allegati.

Opere civili stazione elettrica

Fabbricati

I fabbricati sono costituiti da un edificio promiscuo, a pianta rettangolare, delle dimensioni riportate nella cartografia allegata, con copertura piana quadri comando e controllo, composto da un locale comando e controllo e telecomunicazioni, un locale controllo aerogeneratori, un locale per i trasformatori MT/BT, un locale quadri MT ed un locale misure e rifasamento. Nella stazione sarà realizzato un edificio in muratura a pianta rettangolare.

Nella realizzazione della nuova sottostazione verrà rispettata la distanza minima dai confini di proprietà, pari a 10 mt, così come richiesto dallo strumento urbanistico vigente PRG Piano Regolatore Generale relativamente alla zona E2 - agricola ove ricade la realizzazione dell'impianto in oggetto.

Per ciò che attiene gli aspetti urbanistici degli edifici che verranno costruiti nella sottostazione, gli stessi rispetteranno i requisiti e le prescrizioni richiesti dal locale strumento urbanistico (PRG) relativamente agli indici di densità fondiaria, di copertura, di altezza massima consentita, di volume massimo, di numero di piani fuori terra etc., così come evidenziato nei successivi paragrafi.

La struttura dell'edificio potrà essere realizzata in cemento armato o in pannelli di c.a.p. o, in alternativa, con struttura portante (pilastri, travi) realizzata in c.a. e con le pareti di

tamponamento realizzate con struttura tradizionale in laterizi o manufatti in cemento, con interposti adeguati materiali isolanti. Il tutto, comunque, nel rispetto della normativa di buona costruzione per le zone sismiche 2 quale quella del Comune di San Mauro Forte (MT). Soluzione alternativa, alla realizzazione dell'edificio in muratura, è l'installazione di una cabina prefabbricata (shelter) metallica ad uso stazione utente, completo di tutti i sistemi necessari e rispondente alle specifiche dettate da Terna SpA.

Preparazione del terreno della stazione e recinzioni

L'area su cui verrà realizzata la stazione di trasformazione 30/150 kV si presenta nella sua configurazione naturale sostanzialmente pianeggiante. Sarà perciò necessario soltanto un minimo intervento di regolarizzazione con movimenti di terra molto contenuti per preparare l'area.

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 rinterrì) delle aree adiacenti la nuova sottostazione, 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.

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 sottostazione.

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; tali finiture superficiali contribuiranno a ridurre i valori di tensione di contatto e di passo effettive in caso di guasto a terra sul sistema AT.

L'ingresso alla stazione avrà una larghezza non inferiore ai 7 m.

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 largo m 7,00 di tipo scorrevole ed un cancello pedonale, ambedue inseriti fra pilastri e pannellature in conglomerato cementizio armato. La recinzione perimetrale deve essere conforme alla norma CEI 11-1.

Illuminazione

L'illuminazione della stazione sarà realizzata con torri faro a corona mobile, con proiettori orientabili, la cui altezza verrà definita in fase di progettazione esecutiva.

3. A.9.b - DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

Di seguito verranno riassunte le caratteristiche di dimensionamento dell'impianto già ampiamente trattate nella Relazione Generale (A.1) allegata al progetto.

3.1. Sito di installazione e potenza totale impianto

Il progetto eolico oggetto dello studio è localizzato in Basilicata, in provincia di Matera, nel territorio comunale di San Mauro Forte, Salandra e Garaguso. L'area prevista per la realizzazione del parco eolico è situata a circa 7 km, in direzione S-SE, dal centro abitato di San Mauro Forte e a circa 7 Km in direzione S-SO dal centro abitato di Salandra.

La centrale sarà formata da n. 14 unità produttive, ciascuna costituita da un aerogeneratore che nella soluzione progettuale prescelta ha potenza di 5'200 kW, per una potenza complessiva nominale di 72,8 MW al massimo.

L'area del parco eolico (intesa come l'area racchiusa dalla polilinea che comprende gli aerogeneratori) ha un'estensione pari a circa 7.687 ha.

Il progetto prevede l'uso di aerogeneratori della più moderna tecnologia e di elevata potenza nominale unitaria, in modo da massimizzare la potenza dell'impianto e l'energia producibile, diminuendo così il numero di turbine e quindi l'impatto ambientale a parità di potenza installata. Tale caratteristica è garantita dal parametro di controllo imposto dalla Regione Basilicata che prevede un minimo di densità energetica pari a 0.15 kWh/anno*m³ sviluppata da ogni aerogeneratore (come richiesto dal *PIEAR* e modificato dall'*art 27 della L.R. n. 7/2014*).

I 14 aerogeneratori sono tra loro connessi attraverso una linea in media tensione a 30 kV, realizzata in cavo con collegamento di tipo "entra-esce". L'energia prodotta dalle turbine viene poi convogliata, tramite un cavidotto in MT, alla stazione elettrica d'impianto nella quale è presente il

trasformatore MT/AT per il successivo collegamento, tramite un cavidotto alla Stazione Elettrica 150/380 kV di Terna, per la connessione dell'impianto eolico alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

Gli aerogeneratori verranno inseriti su elettrodotti (dorsali) costituiti da cavi interrati a 30kV, che si svilupperanno all'interno dell'area di impianto. Il percorso di ciascuna dorsale è stato studiato in modo da sfruttare unicamente il percorso di strade e tratturi esistenti e le nuove strade di accesso agli aerogeneratori, non attraversando in nessun punto i terreni agricoli.

Le dorsali 30 kV si sviluppano all'interno del comune di San Mauro Forte e Salandra (MT). I tracciati delle dorsali in progetto sono riportati nella Tav. A.16.a.19 e A.16.b.6, mentre lo schema elettrico nella Tav. A.16.b.7.

Il tracciato dell'elettrodotto in oggetto è stato studiato secondo quanto previsto dall'*art. 121 del T.U. 11/12/1933 n°1775*, comparando le esigenze della pubblica utilità dell'opera con gli interessi sia pubblici che privati coinvolti.

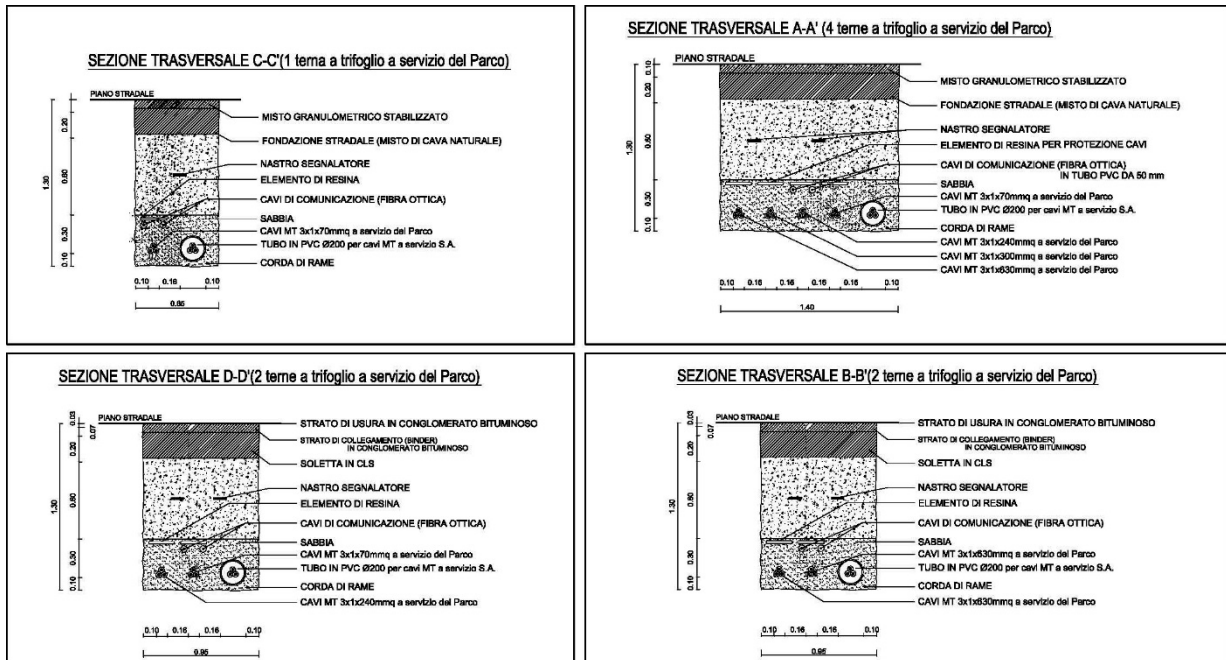
Tale tracciato avrà una lunghezza complessiva di circa 23 km, ricadente nei comuni di San Mauro Forte, Salandra e Garaguso (MT).

Nella definizione dell'opera sono stati adottati i seguenti criteri progettuali:

- contenere per quanto possibile la lunghezza del tracciato sia per occupare la minor porzione possibile di territorio, sia per non superare dei predefiniti limiti di convenienza tecnico economica;
- evitare di interessare nuclei e centri abitati, tenendo conto di eventuali trasformazioni ed espansioni urbane future;
- evitare per quanto possibile di interessare case sparse e isolate, rispettando le distanze minime prescritte dalla normativa vigente;
- minimizzare l'interferenza con le zone di pregio naturalistico, paesaggistico ed archeologico;
- transitare su aree di minore pregio interessando prevalentemente aree agricole e sfruttando la viabilità di progetto dell'impianto eolico.

Il collegamento in cavo in esame, segue l'andamento delle strade comunali e sub comunali presenti nel sito.

I cavidotti interni si estendono per una lunghezza complessiva di circa 16 km e sono suddivisi in 4 diverse tipologie di posa, come da figura, a seguito e come riportato in dettaglio sulla Tav. A.16.a.19, e infine il cavidotto esterno, che collega gli aerogeneratori alla stazione d'utenza, che ha una lunghezza di circa 7 km con sezione di tipo "B-B'".



Per il parco eolico proposto dalla società ITW San Mauro Forte Srl, ed ubicato in agro dei comuni di San Mauro Forte, Salandra e Garaguso (MT), il Gestore prescrive che l'impianto debba essere collegato in antenna con la sezione a 150 kV della futura Stazione Elettrica da realizzarsi nel comune di Garaguso (MT).

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.

3.2. Regime di vento del sito

Per l'analisi anemologica del sito, è stata installata nella zona di interesse, dalla società Tecnogaia Srl, una stazione anemometrica, le cui caratteristiche tecniche sono riportate nella tabella che segue:

Tabella 1 - Anemometro

Descrizione Anemometro	
Posizione	
Longitudine	576.137 E
Latitudine	4.475.780 N
Sensori e centralina	
Anemometro calibrato NRG	15 m
Banderuola NRG	15 m
Datalogger	Nomad 2

I dati del vento vengono rilevati con anemometri NRG #40C e sensore di direzione #200P, e vengono registrati sotto forma di velocità media, deviazione standard, valore massimo e valore minimo ogni 10 minuti in un data loggers Secondwind - Nomad 2.

I dati grezzi misurati dall'anemometro vengono poi trattati e destagionalizzati.

La posizione della stazione anemometrica risulta interna al sito di progetto dell'impianto.

Si è inoltre verificata l'assenza di effetti di schermatura di specifici settori angolari da parte della torre anemometrica attraverso la valutazione del rapporto tra velocità misurate a diverse altezze in ogni settore.

L'analisi della velocità del vento su un sito eolico consente di stabilire il potenziale energetico disponibile, e può essere dedotto con diverse metodologie. Quella più evoluta e diffusa è realizzata per mezzo di un modello virtuale dell'ambiente dove, all'interno della modellazione statica del territorio, agiscono delle grandezze fisiche e dinamiche (il vento) nel tempo osservate. Con l'ausilio di specifici modelli matematici di calcolo è possibile proiettare con buona approssimazione su intere aree geografiche la ventosità scaturita da rilevazioni effettuate anche in punti differenti.

Tutte le elaborazioni, le stime e le valutazioni in seguito descritte sono state effettuate con un software di calcolo basato su un modello matematico del flusso del vento.

A partire dalla posizione spaziale di origine, i dati forniti al modello vengono utilizzati per costruire su tutta l'area di interesse il vento indisturbato in quota che si ritiene costante per diversi km dal suo punto di origine e che consente di rilevare in punti arbitrari dello spazio tutti i parametri utili alla stima della ventosità. L'analisi della velocità del vento fornito dal modello è tridimensionale e ciò consente di disporre in modo naturale anche del profilo della velocità media a varie altezze dal suolo.

L'analisi anemologica del sito, è meglio dettagliata all'interno della relazione A.5 - Studio Anemologico allegata al presente progetto a cui si rimanda per informazioni relative alle caratteristiche delle apparecchiature di misura ed alla rosa dei venti.

3.3. Previsione di produzione energetica

La producibilità lorda in GWh/anno stimata del layout d'impianto, tiene conto delle perdite dovute alla scia degli aerogeneratori, già considerate nella curva di potenza.

La tabella sottostante riporta in sintesi la producibilità lorda stimata del layout d'impianto fornito.

Producibilità lorda del layout d'impianto					
Impianto	Potenza nominale [kW]	N° aerogeneratori	Potenza impianto [MW]	Producibilità [GWh/anno]	Ore equivalenti
San Mauro Forte	5'200	14	72,8	248.984	3.420

Di seguito vengono analizzate le perdite e le incertezze relative alla stima di producibilità dell'impianto di progetto.

3.4. Producibilità dell'impianto al netto delle perdite

Per arrivare ad una stima più realistica della producibilità dell'impianto è necessario valutare, sulla base di conoscenze teoriche e di esperienza professionale, altre perdite tipiche degli impianti eolici. Le perdite prese in considerazione e la loro presunta entità sono indicate nella seguente tabella e sono considerate applicabili all'impianto considerato.

Perdite considerate	Valore [%]
Disponibilità aerogeneratori	3
Disponibilità B.O.P.	1
Disponibilità rete	0.2
Prestazioni degli aerogeneratori	2
Densità dell'aria	2.5
Perdite elettriche	2
Altre perdite	0.5
Totale perdite	10,7

Ne risulta, pertanto, la seguente producibilità netta, per l'impianto considerato:

Producibilità netta del layout d'impianto					
Impianto	Potenza nominale [kW]	N° aerogeneratori	Potenza impianto [MW]	Producibilità [GWh/anno]	Ore equivalenti
San Mauro Forte	5'200	14	72,8	216.758	2.977

Sulla base del posizionamento effettuato e della tipologia di aerogeneratori considerati, nella tabella a seguito si è rappresentata la sintesi dei risultati di produzione del progetto eolico, considerando anche le varie perdite sopra descritte.

WTG N.	UTM ED50 Fuso 33 Lon. Est [m]	UTM ED50 Fuso 33 Lat. Nord [m]	H Base Torre (m slm)	Ore equivalenti di funzionamento	Velocità vento media ad altezza hub (h=149 m) [m/s]
WTG 01	613.960	4.477.222	310	3.896	7.48
WTG 02	613.176	4.478.160	250	3.154	6.58
WTG 03	612.559	4.477.962	243	3.234	6.60
WTG 04	612.669	4.478.600	270	3.183	6.63
WTG 05	612.122	4.478.992	309	3.605	7.04
WTG 06	611.455	4.478.972	269	3.389	6.61
WTG 07	610.616	4.477.728	320	3.578	6.97
WTG 08	610.040	4.478.025	327	3.492	6.80
WTG 09	609.430	4.478245	361	3.589	6.82
WTG 10	613.756	4.481.307	233	3.240	6.43
WTG 11	613.134	4.481.127	239	3.289	6.57
WTG 12	612.300	4.481.080	276	3.357	6.80
WTG 13	611.894	4.481.614	294	3.396	6.78
WTG 14	612.009	4.482.252	275	3.478	6.85

3.5. Posizionamento aerogeneratori

Come detto, il parco eolico prevede l'installazione di 14 aerogeneratori, aventi potenza unitaria pari a 5'200 kW, per una potenza complessiva nominale di 72,8 MW.

Il posizionamento degli aerogeneratori e quindi la definizione del layout ottimale del progetto eolico è stato effettuato sulla base dei seguenti fattori:

- studio del vento;
- orografia dell'area;
- interdistanze tra gli aerogeneratori (come da prescrizioni del PIEAR);
- dati di vento acquisiti in loco;
- presenza di aree vincolate o comunque non idonee alla realizzazione dell'impianto;
- presenza di abitazioni, strade linee elettriche od altre infrastrutture;
- considerazioni basate sul criterio del massimo rendimento degli aerogeneratori, evitando l'interazione tra i singoli aerogeneratori al fine di non pregiudicarne il funzionamento;

- minimizzazione dell'alterazione dello stato attuale dei luoghi, compatibilmente con le condizioni necessarie di pendenza, di superficie, di larghezza e curvatura delle vie di collegamento e di spazio adeguato all'installazione degli aerogeneratori e alle infrastrutture ad essi associate avendo cura di preservare, per quanto possibile, l'orografia dell'area.

Il layout dell'impianto è riportato nelle tavole allegate al presente progetto A.16.a.3, A.16.a.5; A.16.a.6 e A.16.b.5. Nella tabella seguente sono riportate le coordinate espresse nel sistema di riferimento Gauss-Boaga (Roma 40 - Fuso Est):

WTG N.	EST (m)	NORD (m)
WTG 01	16.252042°	40.479568°
WTG 02	16.342370°	40.435086°
WTG 03	16.336813°	40.442092°
WTG 04	16.328381°	40.442776°
WTG 05	16.327532°	40.448592°
WTG 06	16.321767°	40.452414°
WTG 07	16.313618°	40.452240°
WTG 08	16.305087°	40.442737°
WTG 09	16.298453°	40.445485°
WTG 10	16.292816°	40.449649°
WTG 11	16.340141°	40.468280°
WTG 12	16.333392°	40.472582°
WTG 13	16.325700°	40.470847°
WTG 14	16.321540°	40.475750°

4. A.9.c - CRITERI DI SCELTA DELLE SOLUZIONI IMPIANTISTICHE DI PROTEZIONE CONTRO FULMINI, CON L'INDIVIDUAZIONE E LA CLASSIFICAZIONE DEL VOLUME DA PROTEGGERE

L'impianto di protezione contro i fulmini ha il compito di proteggere edifici e strutture dalle fulminazioni dirette e di conseguenza da un eventuale incendio o dalle conseguenze della corrente da fulmine impressa (fulmine senza innesco).

Dall'osservazione del progetto è possibile verificare che il volume dell'impianto che è necessario proteggere dalle scariche elettriche dirette o indirette, si limita allo spazio fisicamente occupato dalle turbine stesse. Per tale ragione, la scelta delle soluzioni impiantistiche da utilizzare per questo tipo di protezione sono ricadute su quelle già fornite dalla casa costruttrice per ogni singolo componente.

La necessità della protezione e la scelta delle rispettive misure di protezione dovrebbero essere calcolate tramite una valutazione del rischio. La valutazione del rischio deve essere effettuata secondo la norma *CEI EN 62305-2 (CEI 81-10 parte 1, 2, 3)*.

4.1. Sistema di protezione da fulminazioni (LPS) degli aerogeneratori

Si ritiene che per il generatore eolico, vista l'entità del danno economico che si può determinare, debba essere previsto, un sistema di protezione contro i fulmini, anche se non esplicitamente richiesto dalle disposizioni legislative.

Per tale motivo il costruttore ha implementato un sistema di protezione contro i fulmini in accordo alla norma *IEC 61400-24*.

Le norme non richiedono una resistenza minima del sistema di messa a terra dal punto di vista della protezione contro i fulmini. In base all'adempimento dei requisiti sopra menzionati, le condizioni del terreno intorno alla turbina eolica non sono importanti, ma solo l'estensione della fondazione e gli elettrodi di terra orizzontali aggiunti.

Il sistema di protezione da fulminazioni è parte integrante del sistema di messa a terra globale che consiste in:

- Impianto di messa a terra della fondazione di ciascun aerogeneratore;
- Il collegamento galvanico tra le masse metalliche di ciascun aerogeneratore;
- I collegamenti galvanici tra gli impianti di terra degli aerogeneratori di un impianto eolico.

4.2. Sistema di protezione da fulminazione esterna

La punta dell'elica costituente il rotore è il punto più alto dell'aerogeneratore e quindi quello maggiormente a rischio di essere colpito da fulmini. La macchina (aerogeneratore) è dotata di un sistema di protezione da fulminazioni integrato a partire dalla punta della pala attraverso la fondazione, così da disperdere la corrente senza causare danni alla pala o ad altri componenti dell'aerogeneratore. La punta della pala è costituita da alluminio. Una sezione di alluminio è integrata lungo i due lati della pala direttamente al di sotto della superficie. Tali sezioni legano la parte di alluminio sulla punta della pala con un anello di alluminio che è vicina alla flangia della pala intorno alla parte di collegamento della pala al rotore. L'anello di alluminio è posto ad una distanza dalla parte metallica in modo da evitare sovratensioni in caso di fulminazioni e da disperdere in modo corretto la corrente da fulminazione. Il rivestimento del rotore è protetto da conseguenti danni poiché la dispersione avviene sulla parte iniziale della pala e non attraverso il tronco e il rivestimento del rotore. La dispersione della corrente dalle pale alla navicella avviene attraverso un dispositivo di interruzione, formato da piastre di raccolta posto sulla navicella e da un anello di alluminio sulla pala del rotore. Le piastre di raccolta, ognuna delle quali è formata da una punta conica, sono posizionate sull'alloggiamento della navicella. La corrente da disperdere è condotta attraverso un altro anello e da un altro dispositivo di interruzione dal rotore alla navicella. Tale configurazione permette di disperdere la corrente da fulminazione alla struttura portante indipendentemente dalla posizione assunta dalle pale. La navicella e la strumentazione di misura è protetta anch'essa da una piastra di raccolta posta nella parte retrostante della navicella.

All'interno della navicella, la corrente da fulminazione è condotta, attraverso un sistema di anelli scorrevoli, alla barra yaw del supporto di installazione sulla torre; essa è connessa con un cavo flessibile di 300 mm al collettore di terra. Nelle torri di ferro la corrente da fulminazione è dispersa attraverso il collegamento tra la navicella e il collettore di terra e la stessa torre che è su 4 punti connessa all'impianto di terra della macchina mediante il collegamento alla fondazione. Per quanto riguarda le torri in calcestruzzo 4 bande di ferro 3.5 x 30 sono installate all'interno delle pareti di calcestruzzo e sono connesse direttamente all'impianto di terra attraverso il collegamento alla fondazione. La piastra di terra è il punto centrale del collegamento per tutte le parti metalliche non attive come le sale controllo, i fissaggi, ecc. Il collegamento di tutte le masse metalliche inattive alla piastra di terra, determinando l'equipotenzializzazione all'interno della torre evita eccessive tensioni di contatto. La piastra di terra essendo collegata direttamente al centro stella del trasformatore della turbina ed esso è posizionato o nel box di controllo o in quella di bassa tensione.

4.3. Protezione interna da fulminazione/protezione dei componenti elettronici

I dispositivi elettronici sono posizionati all'interno di alloggiamenti metallici, connessi a terra; essi quindi sono protetti nel caso di fulminazioni o di inusuali sovratensioni. Ulteriori misure per la protezione delle apparecchiature contro sovratensioni:

- Sala di controllo e del generatore sono protetti con scaricatori;
- Le schede con la corrispondente alimentazione sono dotate di filtri smorzanti;
- I ricevitori e i trasmettitori di segnale digitale sono protetti con filtri RC e diodi limitatori di sovratensioni,
- L'elettronica di controllo e gestione è disaccoppiata attraverso accoppiatori ottici; i segnali sono trasmessi mediante fibra ottica.

Il modem per il monitoraggio remoto è protetto con uno speciale modulo di protezione per i dati di interfaccia, per prevenire accoppiamenti esterni attraverso il cablaggio.

5. CONCLUSIONI

Il presente rapporto presenta i risultati della valutazione dell'impianto eolico in agro dei comuni di San Mauro Forte, Salandra e Garaguso (MT).

Con i risultati ottenuti P50%, si è proceduto alla valutazione della producibilità, lorda e netta, con il modello di aerogeneratore prescelto. I calcoli sono stati effettuati con l'ausilio di dati anemometrici d'area, registrati in sito e con l'ausilio di modelli di vento e di programmi di fluidodinamica applicati ai dati disponibili, optando in qualche occasione per scelte conservative con l'ausilio di modelli di calcolo ampiamente utilizzati nel settore eolico.