



## Parco Eolico “La Regina”

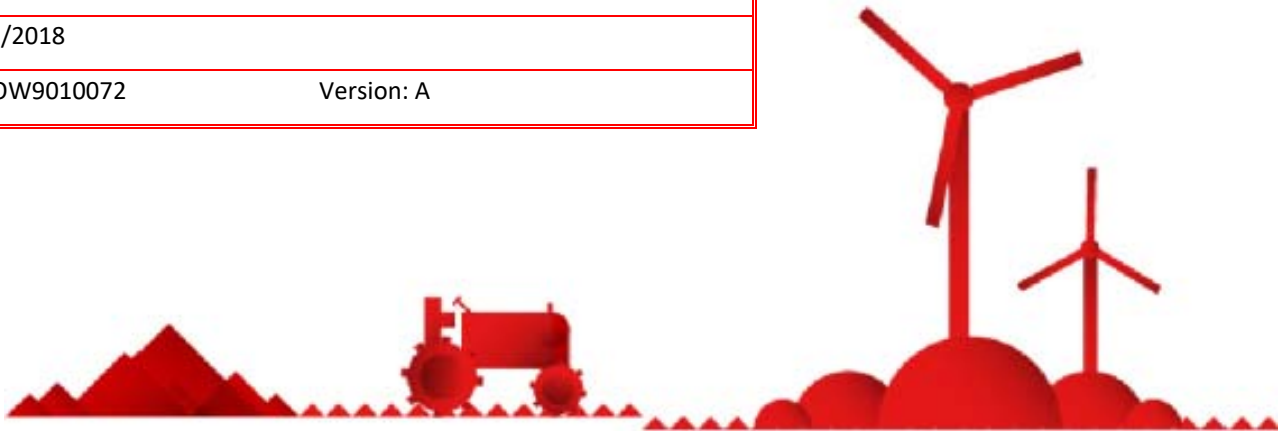
### A.9 - Relazione tecnica impianto eolico

Banzi (Potenza)

15/11/2018

REF.:OW9010072

Version: A



Edp Renewables Italia Holding S.r.l.

Via Lepetit 8/10

20124 - Milano

Direttore Tecnico

Ing. Giovanni Di Santo



Via Nazario Sauro 112

85100 - Potenza

Piva 01822640767

Tel.: 0971-1944797

Fax: 0971-55452



## Sommario

<b>1 Premessa</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Descrizione dei diversi elementi progettuali con relativa illustrazione anche sotto il profilo architettonico</b>	<b>4</b>
<b>1.2 Dimensionamento impianto</b>	<b>8</b>
1.2.1 Criteri di scelta delle soluzioni impiantistiche di protezione contro i fulmini, con l'individuazione e la classificazione del volume da proteggere	10
1.2.2 Individuazione delle strutture da proteggere	12
1.2.3 Calcolo delle componenti di rischio	12
<b>1.3 Verifica del dispersore dell'aerogeneratore ai fini della protezione contro i fulmini</b>	<b>18</b>
<b>1.4 Risultati relativi al rischio di fulminazione</b>	<b>19</b>
<b>2 Realizzazione del parco eolico</b>	<b>20</b>
<b>2.1 Accesso agli aerogeneratori</b>	<b>20</b>
<b>2.2 Piazzole</b>	<b>20</b>
<b>2.3 Cavidotti, rete elettrica e sottostazione</b>	<b>21</b>
<b>2.4 Operazioni di cantiere</b>	<b>22</b>
<b>2.5 Interventi di sistemazione finale</b>	<b>24</b>



# 1 Premessa

---

La presente relazione tratta delle principali criticità relative alle opere architettoniche del progetto in esame e le soluzioni adottate. Vengono, inoltre, descritte le tipologie e le soluzioni di progetto e le motivazioni delle scelte adottate. Si descrivono infine le caratteristiche funzionali delle opere stesse e le proposte di sistemazione finale nell'ambito delle tecniche di ingegneria naturalistica.

L'intervento proposto consiste nella realizzazione di un parco eolico denominato "La Regina", ricadente nel territorio del Comune di Banzi (PZ), e prevede l'installazione complessiva di 8 aerogeneratori della potenza di 4.2 MW, per un totale di 33.6 MW.

La torre dell'aerogeneratore, di produzione Vestas, è costituita da un tubolare tronco conico prodotto in 4 sezioni; è inoltre verniciata per proteggerla dalla corrosione. Il diametro del rotore è pari a 150 m mentre l'altezza al mozzo è di 105 m.

La fase di realizzazione del parco eolico coinvolge essenzialmente il suolo ed i primi strati del sottosuolo, in quanto si interviene con l'esecuzione degli scavi per:

- l'alloggiamento delle fondazioni degli aerogeneratori;
- la realizzazione delle piazzole, per il montaggio e per l'innalzamento delle torri;
- la realizzazione delle piste di collegamento delle piazzole con la viabilità pubblica esistente;
- la realizzazione delle opere di connessione alla rete elettrica nazionale.

La nuova centrale eolica sarà composta da 8 aerogeneratori di grande taglia (4,2 MW), per una potenza complessiva di 33,6 MW, disposti lungo la direzione che, per le caratteristiche orografiche del terreno e per la direzione prevalente del vento, risulta essere quella ottimale. Sulla base dello studio anemologico, dei vincoli orografici ed ambientali, si è giunti ad una disposizione delle macchine che è quella riportata nella figura seguente.

Il parco sarà ubicato in una fascia di altitudine compresa tra i 490 ed i 540 m s.l.m. destinata principalmente a seminativo ed a pascolo. I terreni interessati dall'intervento sono per lo più privi di vegetazione arborea e risultano di proprietà privata.



Figura 1 - layout impianto su ortofoto

Il progetto civile in oggetto prevede anche la realizzazione della viabilità a servizio del parco, attraverso la costruzione di una nuova viabilità interna al parco stesso, con limitatissimi interventi di adeguamento della viabilità esistente, essenzialmente finalizzati al transito dei mezzi coinvolti durante la fase di cantiere. Tutti gli interventi citati ricadranno nel territorio comunale di Banzi.

Inoltre, sempre nell'ambito del progetto civile, è prevista la posa di cavidotti, prima di interconnessione tra gli aerogeneratori di progetto, e poi, di vettoriamento dell'energia elettrica prodotta fino ad una stazione elettrica di trasformazione (SET) 150/30 kV prevista in agro di Banzi (PZ); di qui, un elettrodotto aereo AT 150 kV in semplice terna, convoglierà l'energia elettrica fino ad una futura sotto stazione elettrica (SSE) prevista sempre nel territorio comunale di Banzi.

L'area interessata dall'impianto proposto si sviluppa per circa 14 km<sup>2</sup>, ricadente all'interno del territorio comunale di Banzi, in provincia di Potenza. L'impianto in progetto, grazie alle particolari condizioni di vento dell'area prescelta, sarà in grado di garantire una produzione energetica rinnovabile e contribuirà al raggiungimento degli obiettivi fissati non solo a livello nazionale ma anche a livello comunitario.

Gli studi anemologici condotti hanno dimostrato una producibilità netta dell'impianto di circa 87.241 MWh all'anno (2596 ore equivalenti).

Nella tabella seguente sono riportate le coordinate planimetriche degli aerogeneratori previsti in progetto.





Tabella 1 - coordinate aerogeneratori di progetto

Rev000	UTMWGS84-33N		GAUSS BOAGA ROMA 40	
	UTM-E	UTM-N	UTM-E	UTM-N
WT-1	586567	4529907	2606576	4529914
WT-2	587278	4528571	2607287	4528578
WT-3	585982	4528185	2605991	4528192
WT-4	586774	4527338	2606783	4527345
WT-5	587195	4526649	2607204	4526656
WT-6	584815	4527987	2604824	4527994
WT-7	583704	4527743	2603713	4527750
WT-8	586253	4527076	2606262	4527083

## 1.1 Descrizione dei diversi elementi progettuali con relativa illustrazione anche sotto il profilo architettonico

L'intervento consiste nella realizzazione di un parco eolico denominato "La Regina", ricadente nel territorio del Comune di Banzi e prevede l'installazione complessiva di 8 aerogeneratori.

La località in cui saranno ubicati gli aerogeneratori è stata individuata in base ad un'indagine preliminare sulle caratteristiche anemologiche del sito, che ha coperto un orizzonte temporale di diversi anni.

L'area interessata dall'intervento, avente un'estensione complessiva di circa 14 km<sup>2</sup>, è ubicata nel quadrante nord - ovest del territorio comunale e dista circa 5 km dal centro abitato. I terreni interessati dall'intervento sono per lo più privi di alberature, come è desumibile dalle tavole di progetto, e risultano di proprietà privata, su fondi utilizzati essenzialmente per colture seminate.

L'ubicazione degli aerogeneratori e delle infrastrutture necessarie è stata evidenziata sugli stralci planimetrici degli elaborati progettuali.

La parte più impegnativa nella realizzazione di un impianto eolico è rappresentata dalle infrastrutture necessarie al trasporto ed al posizionamento delle macchine eoliche sul sito, nonché alla gestione dell'impianto e al trasporto dell'energia elettrica prodotta. In alcuni casi esse rappresentano la parte più significativa ed impattante del progetto.

E' buona norma, dunque, limitare al minimo tali infrastrutture con accorgimenti progettuali oculati ed adottare tutte le tecniche disponibili per il ripristino dei luoghi una volta realizzato l'impianto.

La progettazione delle strade di accesso e delle piazzole di montaggio dell'aerogeneratore assume un ruolo di primaria importanza anche in relazione alla scelta del sito. Infatti, molto spesso, ci si trova a dover affrontare problematiche relative all'adeguamento della rete viaria esistente per il trasporto delle componenti della turbina. Tali difficoltà derivano molto spesso da una scelta della viabilità fatta esclusivamente sulle cartografie senza dare il giusto peso a questo aspetto così importante.

Generalmente, quella che viene realizzata ex-novo è la viabilità interna al parco; queste strade, generalmente non asfaltate ma costituite da manto di copertura in pietrame e denominate "piste", avranno il compito di garantire l'accessibilità al sito da parte dei mezzi che dovranno effettuare la manutenzione.



Le strade di accesso, così come la viabilità interna al sito, devono consentire la manovra di un mezzo con ingombro e carico eccezionale.

Date le dimensioni dei componenti si prevede l'impiego di trasporti eccezionali (ad esempio per il trasporto dei conci di torre e delle pale) e l'impiego di mezzi pesanti (ad esempio per i conci di fondazione e della navicella). C'è poi da considerare il transito di mezzi di supporto come le gru per lo scarico dei materiali e l'installazione degli aerogeneratori stessi.

L'insieme degli aerogeneratori, suddivisi in due gruppi (o sottocampi), convoglierà l'energia elettrica prodotta ad una stazione elettrica di trasformazione (SSE) 150/30 kV prevista in agro di Banzi (PZ); di qui, un elettrodotto aereo AT 150 kV in semplice terna, convoglierà l'energia elettrica fino ad una futura sotto stazione elettrica (SSE) prevista in adiacenza rispetto alla SSE.

È opportuno precisare che i cavidotti interrati, indispensabili per il trasporto dell'energia elettrica da ciascun aerogeneratore alla SSE prevista in progetto saranno posati secondo le modalità valide per le reti di distribuzione MT, percorrendo lo stesso tracciato delle piste di servizio previste e delle strade pubbliche al fine di minimizzare gli impatti. I cavi verranno posati in trincea su letto di sabbia vagliata, ricoperti da cospesse protettive; il ricoprimento della trincea avverrà con terra vagliata, posa di nastro segnalatore e corda di rame.

Nei percorsi lontani dalla sede stradale, la presenza della via cavo interrata sarà adeguatamente segnalata in superficie nei tratti rettilinei ed in corrispondenza di ogni deviazione di tracciato.

Il progetto è stato redatto in conformità al PEAR Basilicata "*Principi generali per la progettazione, la realizzazione, l'esercizio e la dismissione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili*" ed ai sensi del Decreto Legislativo 29/12/2003 n°387 e ss.mm.ii. per l'adozione del provvedimento finale di autorizzazione relativa ad impianti alimentati da fonti rinnovabili e delle opere agli stessi connesse, nonché delle infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio.

Il controllo del parco viene attuato tramite l'ausilio di automatismi programmabili. In particolare, esso verrà controllato e monitorato da remoto attraverso un sistema scada gsm che consentirà la comunicazione tra la sala di controllo ed il parco. Le turbine saranno collegate tra loro per la trasmissione dei dati attraverso un cavo in fibra ottica disposto lungo le medesime linee di trasporto dell'energia prodotta. Quest'ultima viene generata dagli aerogeneratori ad una tensione di 690 V alla frequenza di rete di 50 Hz. La tensione viene elevata da bassa in media all'interno di ciascuna torre e trasmessa fino al punto di consegna.

L'energia elettrica in bassa tensione necessaria alle operazioni di manutenzione del parco verrà fornita attraverso le strutture prelevandola dal trasformatore di servizio interno a ciascuna turbina. Nei periodi in cui il parco non genera potenza, la fornitura elettrica avverrà attraverso la stessa linea di trasmissione a servizio dell'impianto.

Il punto di consegna dell'energia prodotta alla RTN (Rete di Trasmissione Nazionale), data la potenza in gioco, sarà costituito da una stazione elettrica di trasformazione (SET) MT/AT.

Le piste interne di accesso alle macchine avranno una carreggiata di larghezza minima pari a 5 m e pendenza massima non superiore al 10%. Il manto superficiale sarà realizzato in massiccato stabilizzato compattato, salvo casi particolari in cui per pendenze eccessive sarà necessario un ulteriore trattamento superficiale in conglomerato bituminoso.

Per il trasporto degli aerogeneratori sul sito di installazione saranno utilizzate prevalentemente strade esistenti, Statali, Provinciali o Comunali, oltre ai tracciati necessari al raggiungimento delle singole piazzole di montaggio.



La viabilità esistente, in alcuni casi, dovrà essere adeguata, in termini di larghezza, pendenza e raggi di curvatura, al fine di consentire l'accesso ai mezzi eccezionali impiegati per il trasporto dei componenti le turbine

In corrispondenza di ciascun aerogeneratore è prevista la realizzazione di una piazzola dove troveranno collocazione la torre di sostegno dell'aerogeneratore, la fondazione, i dispersori di terra e le vie cavo interrato. Tali piazzole saranno posizionate cercando di ottenere il migliore compromesso tra l'esigenza degli spazi occorrenti per l'installazione delle macchine e la ricerca del massimo risparmio in termini di movimento terra, criterio che soddisfa entrambi gli obiettivi di minimo impatto ambientale e di riduzione dei costi.

La piazzola verrà realizzata attraverso scotico superficiale, livellazione, riporto di materiale arido, compattazione ed eventualmente rifinita con masselli autobloccanti per pavimentazione erbosa o con pietrisco; presenta caratteristiche funzionali (livellamento, portanza, etc.) tali da consentire la movimentazione dei componenti l'aerogeneratore durante le fasi di assemblaggio ed innalzamento ad opera di una autogrù di massima portata.

Tutt'intorno alla piazzola è prevista un'area provvisoria di cantiere che, terminata la costruzione dell'impianto potrà essere ripristinata alle condizioni ante operam mediante idrosemina di tappeto erboso o, eventualmente, tramite piantumazione di cespugli ed essenze tipiche della flora locale.

Il montaggio degli aerogeneratori avverrà secondo schemi prestabiliti e collaudati da numerose esperienze analoghe servendosi di due gru che vengono collocate nelle piazzole riservate all'assemblaggio.

Le fasi principali possono essere riassunte nei seguenti punti:

- sollevamento, assemblaggio, posizionamento e fissaggio alla fondazione dei conci inferiori della torre;
- sollevamento, posizionamento e fissaggio alla parte inferiore della torre dei conci intermedi;
- sollevamento, posizionamento e fissaggio alla parte intermedia della torre della parte finale in acciaio;
- sollevamento della navicella e fissaggio alla parte sommitale della torre;
- assemblaggio del rotore e delle pale ai piedi della torre;
- sollevamento e fissaggio del rotore alla navicella;
- realizzazione dei collegamenti elettrici e delle fibre ottiche per il funzionamento ed il controllo delle apparecchiature.

Tutte le fasi di montaggio dei componenti gli aerogeneratori necessitano di spazi di manovra orizzontali e la presenza in cantiere di due gru. La prima di dimensioni contenute si rende necessaria sia nella prima fase di scarico dei vari componenti dai mezzi di trasporto alle piazzole di assemblaggio sia nella fase di sollevamento dei tronchi componenti la torre sia in quella di sollevamento del rotore. Per queste operazioni, infatti, collabora con una seconda gru per



mantenere stabili i componenti durante il sollevamento evitando oscillazioni ed impedendo danneggiamenti degli stessi nel primo distacco da terra.

Si riporta nel seguito il cronoprogramma dei lavori previsti per la realizzazione del parco eolico.

Si prevede di ultimare la realizzazione del parco eolico nell'arco di 6 mesi a partire dall'ottenimento di tutti i permessi necessari. Tale piano può subire modifiche o variazioni in funzione delle potenziali indicazioni che possono pervenire nel corso del processo autorizzativo.

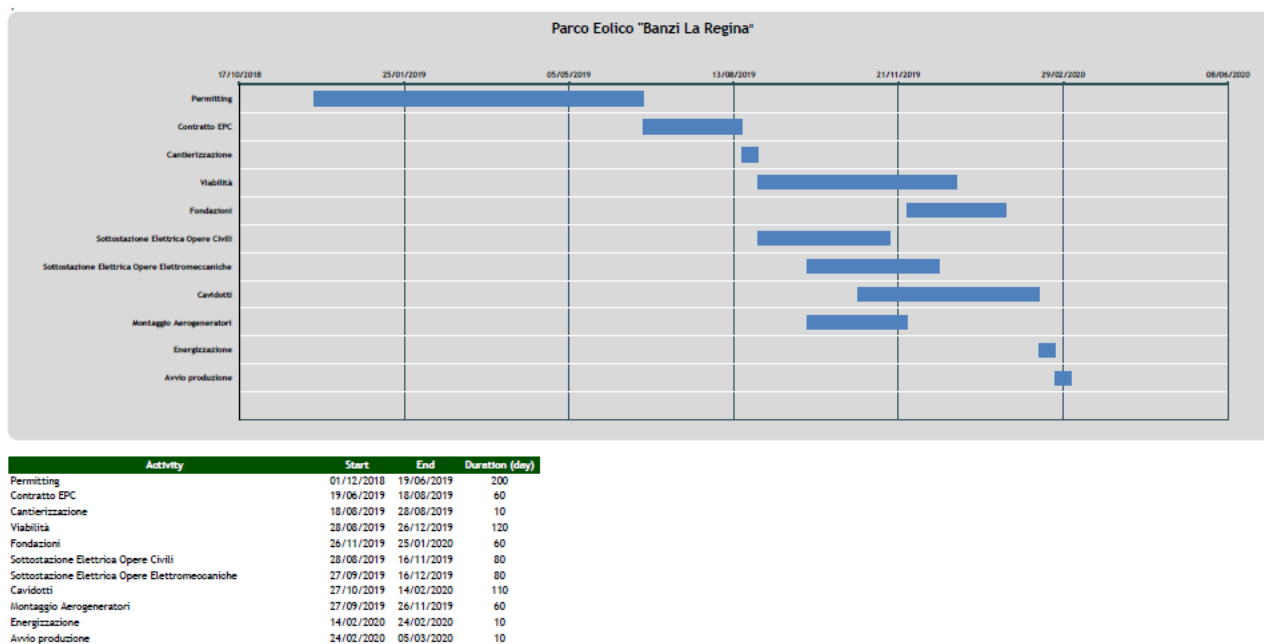


Figura 2 - Cronoprogramma Parco Eolico

Al termine della vita utile dell'impianto, stimabile in 25-30 anni, il parco eolico potrebbe essere rimodernato, ovvero dopo una verifica d'integrità delle fondazioni, si potrebbe procedere alla sostituzione integrale delle sole turbine.

Infatti la fondazione, la torre e la turbina sono tre parti distinte che vengono assemblate nel luogo d'installazione dell'aerogeneratore. Pertanto, verificata la compatibilità e la resistenza delle fondazioni esistenti, si potrebbe procedere allo smantellamento, ad esempio delle sole torri eoliche, preservandone le fondazioni che verrebbero utilizzate per nuove turbine.

Diversamente si potrebbe procedere allo smantellamento della centrale procedendo in senso inverso alla fase di installazione della centrale.

La dismissione (decommissioning) di un impianto eolico si presenta comunque di estrema facilità se confrontata con quella di centrali di tipologia diversa, ed inoltre le operazioni di smantellamento sono sostanzialmente ripetitive.

Il decommissioning dell'impianto prevede la disinstallazione di ognuna delle unità produttive utilizzando i mezzi e gli strumenti appropriati, così come avviene nelle diverse fasi di realizzazione. Successivamente per ogni macchina si procederà al disaccoppiamento e alla separazione dei macrocomponenti (generatore, mozzo, rotore, ecc.); quindi saranno selezionati i componenti riutilizzabili, quelli da riciclare, quelli da rottamare secondo le normative vigenti. Una volta effettuato lo smontaggio delle macchine, si procederà alla rimozione dei singoli elementi costituenti il parco eolico. In particolare i cavidotti che collegano la centrale con la cabina di trasformazione e





le linee elettriche che collegano l'impianto alla stazione di smistamento saranno rimossi e conferiti agli impianti di recupero e trattamento più idonei.

La manutenzione degli aerogeneratori viene assicurata attraverso un apposito contratto da parte dello stesso fornitore delle macchine. Tale contratto prevede, generalmente, i seguenti servizi:

- Monitoraggio in remoto dei dati degli aerogeneratori tramite un sistema RDT (Remote Monitoring of Data) operante 24 ore al giorno per tutti i giorni dell'anno (comprese le festività). Il sistema RDT monitora costantemente i segnali di allarme degli impianti ed in particolare in caso di malfunzionamento del sistema di segnalazione luminosa degli aerogeneratori permette di avvertire immediatamente la Autorità Aeroportuali competenti.
- Supporto Tecnico: il servizio tecnico di assistenza viene mantenuto 24 ore al giorno per tutti i giorni dell'anno (comprese le festività), attraverso l'attivazione di una linea telefonica di helpdesk. Il servizio di supporto tecnico agisce direttamente sugli impianti in remoto o attraverso intervento in sito.
- Manutenzione ordinaria: la manutenzione ordinaria viene svolta con cadenza regolare al fine di verificare la funzionalità del sistema e di individuare le misure preventive per evitare danni e malfunzionamenti. Essa prevede l'esecuzione di un programma di manutenzione standard che coinvolge le macchine, i sistemi di sicurezza ed il sistema antincendio. Per la manutenzione ordinaria non si rende necessario l'uso di gru.
- Servizio di sostituzione e riparazione preventiva: nel caso di minaccia di guasti e malfunzionamenti è garantito un servizio di riparazione e/o sostituzione preventiva di componenti degli impianti. In tal caso le operazioni potrebbero richiedere l'uso di gru, per cui l'accesso all'impianto dovrà essere sempre garantito con una manutenzione continua della rete viaria.
- Reporting mensile dei dati di funzionamento: la registrazione dei dati di funzionamento del parco eolico, compresi i malfunzionamenti, casi di allarme, le riparazioni e le sostituzioni, viene riportata in rapporti mensili.
- Ispezione del parco eolico: ogni tot mesi è prevista una ispezione del parco eolico da parte del personale specializzato del fornitore.

Piano di emergenza: nell'ambito dei servizi di manutenzione di solito il fornitore assicura la predisposizione di adeguate procedure per fronteggiare emergenze quali: incendio, incidenti a lavoratori, funzionamento fuori controllo degli aerogeneratori, caduta di ghiaccio, caduta di componenti degli aerogeneratori, ingresso di personale non autorizzato all'interno delle torri. Per ciascuno di questi casi il personale operativo del parco eolico viene addestrato sulle procedure da attivare (numeri di telefono da chiamare, azioni da compiere, misure di sicurezza per il personale e per i non addetti).

## 1.2 Dimensionamento impianto

La disposizione finale del parco è stata verificata e confermata in seguito a diversi sopralluoghi, durante i quali tutte le posizioni sono state controllate e valutate "tecnicamente



fattibili" sia per accessibilità che per la disponibilità di spazio per i lavori di costruzione. Inoltre, per posizionare gli aerogeneratori, si è tenuto conto della presenza di aree e siti non idonei, così come definiti nel vigente PIEAR.

Nella fase preliminare del progetto sono stati ipotizzati diversi modelli di aerogeneratore, diverse potenze e diverse dimensioni, fino a concentrarsi su quelli con potenza pari a 4,2 MW, diametro del rotore di 150 m ed altezza mozzo pari a 105 m. Considerate le caratteristiche anemologiche dell'area, l'aerogeneratore prescelto ha dimostrato, infatti, di essere il modello che maggiormente si adatta alle condizioni di vento medio riscontrate.

Tale scelta, oltre ad ottimizzare la produzione di energia, al contempo permette di minimizzare l'impatto ambientale ed interferire in modo compatibile con il contesto paesaggistico e naturalistico; infatti, si sono preferiti questi aerogeneratori anche ad aerogeneratori di taglia di potenza e dimensioni maggiori che, rispetto ad una maggiore producibilità energetica complessiva, hanno un peggiore rendimento energetico unitario.

L'impianto di produzione sarà costituito da 8 aerogeneratori, ognuno della potenza di 4,2 MW per una potenza complessiva di 33,6 MW.

La disposizione planimetrica delle macchine sul territorio, ovvero il layout individuato, prevede che esse siano posizionate ad una distanza reciproca minima pari mediamente a tre diametri di rotore, allo scopo di minimizzare le mutue interazioni che possono verificarsi tra una turbina e l'altra per effetto della scia aerodinamica o per il distacco di vortici turbolenti.

Per verificare il sussistere di condizioni di buona produttività dell'impianto eolico in progetto il Committente ha incaricato la propria divisione Wind Resource di elaborare dei dati di due stazioni anemometriche (cfr. relazione A.5), di proprietà del Committente stesso, ubicata nei pressi del sito di interesse, al fine di poter caratterizzarlo dal punto di vista anemologico per valutarne la producibilità potenziale.

Sono disponibili 52755 registrazioni di velocità del vento con una disponibilità del 92.65%. I valori medi di velocità del vento misurati per l'intero periodo a diverse quote sono i seguenti:

- 5.34 m/s all'altezza di 67m;
- 5.33 m/s all'altezza di 64m;
- 5.03 m/s all'altezza di 40m;
- 4.65 m/s all'altezza di 20m.

L'analisi dei dati disponibili evidenzia come la risorsa sia di buon livello e al di sopra dei livelli minimi richiesti dalle normative regionali, cioè 4 m/s a 25 m dal suolo.

I siti più interessanti dal punto di vista dell'installazione di un impianto eolico sono caratterizzati da livelli di ventosità tali da comportare valori di utilizzazione dell'impianto almeno nell'ordine di 2.000 ore annue di funzionamento alla potenza nominale. Questo valore può variare a seconda della taglia dell'aerogeneratore adottato poiché varia il costo dell'aerogeneratore stesso e più in generale dei costi di investimento e di gestione dell'impianto.

Le direzioni più energetiche sono risultate SE, NW e WNW, che rappresentano il 59.9% del totale dell'energia del vento disponibile. La produzione annuale prevista per parco eolico di Banzi è di 87.241 MWh corrispondente ad una producibilità media annua di 2596 ore equivalenti nette.



L'impianto eolico in oggetto, a giudicare dai risultati di stima ottenuti con il modello di simulazione WASP, sembra porsi in maniera soddisfacente dal punto di vista delle producibilità, come evidenziato nella tabella riepilogativa di seguito riportata.

Gli aerogeneratori verranno installati secondo un layout che è il risultato dell'analisi anemologica del sito (individuazione delle direzioni prevalenti del vento) e del rilievo piano altimetrico. Si sottolinea come tale disposizione deve soddisfare ad una pluralità di requisiti talvolta tra loro contrastanti.

Anzitutto vi è la necessità di rispettare le interdistanze "tecniche" tra le macchine. E' ben noto che, per ridurre gli effetti di scia tra un aerogeneratore ed i circostanti, si deve interporre una distanza che normalmente, nelle direzioni prevalenti, deve essere possibilmente superiore a 6 volte la lunghezza del diametro del rotore, mentre nelle direzioni non prevalenti ci si può ridurre a 3 volte il diametro. Ciò si riflette in un maggior impiego di territorio, oppure in un aumento, fino ai limiti di accettabilità, delle perdite per effetto scia.

In considerazione della conformazione morfologica dell'area, della buona accessibilità, della distanza rilevante dai principali centri abitati, della scala del paesaggio, si è optato per l'adozione di macchine di grande taglia, disposte prevalentemente in linea, per ottenere il massimo risultato con il minimo ingombro di territorio. In questo modo si eviterà anche l'effetto selva e si realizzerà un inserimento dell'impianto più compatibile con il paesaggio.

Sulla base delle misure anemologiche collezionate dalla torre anemometrica installata, e funzionante, presso il sito in progetto, è stato possibile stimare la producibilità attesa del parco eolico in oggetto durante l'arco della vita operativa (30 anni).

Il cronoprogramma della producibilità stima proprio il comportamento energetico dell'installazione eolica in progetto. In particolare si evidenzia un'oscillazione di produzione annua inferiore al 3% con notevoli riduzioni durante il 10° ed il 15° anno, quando si ipotizzano interventi di manutenzione straordinaria che riducono la produzione di circa il 20%. La producibilità si riduce notevolmente durante l'ultimo anno di vita utile dell'impianto, quando è pensabile inizi la fase di repowering.

### 1.2.1 Criteri di scelta delle soluzioni impiantistiche di protezione contro i fulmini, con l'individuazione e la classificazione del volume da proteggere

Gli impianti eolici sono impianti elettrici ed elettronici molto sofisticati, concentrati in spazi molto ristretti. Al loro interno si può trovare tutto quello che offre l'elettrotecnica e l'elettronica: impianti di commutazione, motori e azionamenti, invertitori di frequenza, sistemi bus con attuatori e sensori. Si comprende facilmente che delle sovratensioni possono causare danni molto gravi e costosi per il gestore.

A causa della localizzazione (campo aperto) e dell'altezza della torre, gli impianti ad energia eolica sono soggetti alla fulminazione diretta. Il rischio di fulminazione aumenta al quadrato con l'altezza della costruzione. Ad oggi, gli impianti ad energia eolica multimegawatt, raggiungono un'altezza complessiva che può raggiungere e superare i 150 m e sono, perciò, particolarmente soggetti a rischio. Serve, dunque, una protezione completa contro i fulmini e le sovratensioni. La progettazione di sistemi di protezione parafulmine si basa sulla norma IEC 61400-24 (VDE 0127 parte 24).



Il numero annuale dei fulmini nube – terra, per una determinata regione risulta, dal livello isoceraunico. In Europa, per le aree costiere e di collina si ha un numero medio di fulminazioni da uno a tre per km<sup>2</sup> all'anno.

Le turbine eoliche sono equipaggiata con un sistema di protezione contro i fulmini che minimizza eventuali danni contro la stessa. Il sistema di protezione contro i fulmini e quello di messa a terra proteggono non solo il generatore eolico da fulminazioni dirette ma anche tutto l'impianto eolico dalle sovratensioni transitorie che possono danneggiare in particolar modo i circuiti elettrici.

I sistemi di protezione sono divisi in esterni ed interni, quelli esterni consistono in terminazioni aeree, un conduttore verticale ed un sistema di messa a terra come misure di protezione delle parti elettriche della turbina. Il sistema di messa a terra è così caratterizzato:

- un conduttore circolare in cavi di rame di adeguata sezione è alloggiato ad una distanza di 1 m dalla fondazione approssimativamente ad 1 m sotto l'ultima superficie;
- Il conduttore circolare è integrato con barre di messa a terra di 6 m (Ø16) rivestite in rame;
- Il conduttore circolare è connesso alla rete tubolare.

Se in questo modo la resistenza a terra non è sufficientemente bassa, le due barre di messa a terra si possono estendere fino a 10 m; se ciò non bastasse si possono ulteriormente aggiungere altre barre disponendole così a 90° l'una dall'altra.

La rete di terra è richiesta per rendere equipotenziali tutte le parti elettriche dell'installazione ed è una componente importante del sistema di protezione dalle scariche atmosferiche. La rete di terra deve essere realizzata in accordo con il progetto delle fondazioni. Un nastro di acciaio galvanizzato, delle dimensioni almeno di 3.5 mm x 30 mm, deve essere utilizzato per i connettori di terra.

Il sistema di protezione integrato nelle macchine eoliche contro le scariche elettriche agisce sulla gondola mediante profilo metallico, sulla parte superiore così pure come sulle pale. Attraverso cavi conduttori, i ricettori sono collegati ad una maglia metallica interrata la cui funzione è appunto quella di disperdere la scarica verso terra.

Gli elettrodi dell'anello di terra sono interrati attorno alla base, al di sopra delle fondazioni della turbina eolica. Si fa notare che questi anelli non devono essere annegati nelle fondazioni, ma devono essere interrati nel suolo attorno ad esse.

Un anello di terra deve essere posizionato attorno alle fondazioni della cabina di trasformazione. Il trasformatore deve essere opportunamente connesso a terra mediante la rete di terra attorno alla cabina. Le reti di terra del trasformatore e della turbina eolica devono essere connesse tra loro. Per questa operazione deve essere utilizzato lo stesso nastro d'acciaio utilizzato per le fondazioni.

Per assicurare un funzionamento adeguato della rete di terra, il sistema di terra delle fondazioni, l'anello di terra attorno alle fondazioni e il sistema di terra della cabina di trasformazione devono essere connessi tra loro attraverso una linea di interconnessione. La linea di interconnessione può essere posta nello scavo entro cui viene posto il conduttore di potenza. Tutti i materiali di connessione del nastro di acciaio devono essere opportunamente dimensionati contro i fenomeni di scarica atmosferica.

Tutti gli anelli di terra, le linee di interconnessione, il sistema di terra della cabina di trasformazione ed i connettori devono essere interrati ad una profondità idonea per prevenire eventuali danneggiamenti causati da eventuali futuri lavori di scavo.

Le terre del basamento della torre e dell'edificio di servizio (cfr. figura seguente) dovrebbero essere connesse tramite una rete di terra a maglia, per ottenere un impianto di terra molto esteso. In che misura devono essere installati intorno al basamento della torre degli anelli di terra per la regolazione dei potenziali, dipende dalla necessità di dover ridurre, per la protezione delle persone, eventuali tensioni di passo e di contatto troppo elevate in caso di fulminazione.

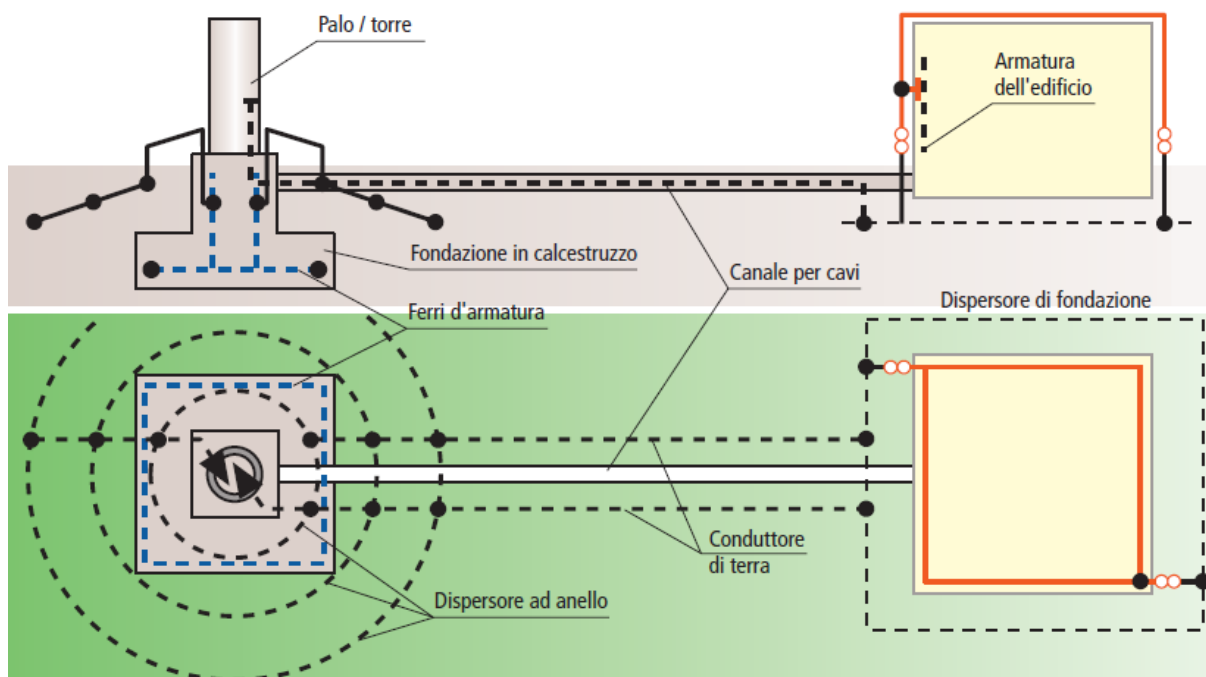


Figura 3 - schema di rete di terra per un impianto eolico

## 1.2.2 Individuazione delle strutture da proteggere

Le strutture da installare all'interno dell'impianto eolico consistono in:

- gli aerogeneratori comprendenti al loro interno tutte le apparecchiature elettriche;
- la torre anemometrica;
- la cabina d'impianto.

Per tali strutture si è proceduto al calcolo del solo rischio di perdita di vite umane (rischio di tipo 1), secondo quanto previsto dalla Norma CEI.

## 1.2.3 Calcolo delle componenti di rischio

Al tipo di rischio 1 possono concorrere una o più tra le componenti di rischio (par. 2.2 Norma CEI 81-4), riportate in tabella seguente:





Tabella 2 - componenti di rischio da norme CEI 81-4

Nome componente	Tipo di fulminazione	Effetto
H	Diretta sulla struttura	Tensione di contatto e di passo all'esterno della struttura
A	Diretta sulla struttura	Incendi all'interno della struttura
D	Diretta sulla struttura	Sovratensioni sugli impianti interni ed esterni
C	Indiretta che colpisce direttamente od indirettamente linee entranti nella struttura	Incendio all'interno della struttura
G	Indiretta che colpisce direttamente od indirettamente linee entranti nella struttura	Sovratensioni sugli impianti interni
M	Indiretta, in prossimità della struttura che produce effetti per accoppiamento induttivo	Sovratensioni sugli impianti interni

Per la fulminazione diretta sono state considerate le componenti di rischio H ed A, mentre per il caso della fulminazione indiretta è stata considerata la sola componente C (Norma CEI 81-4, Tab.1).

La Norma CEI 81-4 non prevede per il rischio di tipo 1 la presenza delle componenti D, M e G, in quanto si ritiene che sovratensioni sugli impianti interni possono causare perdite di vite umane solo nel caso di ospedali e locali a rischio di esplosioni.

Le costanti assunte per il calcolo del rischio di fulminazione sono:

- Nt (densità di fulminazione annua) per Banzi (PZ): 2.5 fulmini/km<sup>2</sup>
- Tipi di immobile: aerogeneratori, torre anemometrica e cabina d'impianto: *Immobili per attività produttive*
- Tipo di suolo fino a 5m di distanza dalla struttura:
  - Cabina di centrale: *cemento*
  - Aerogeneratori e torre anemometrica: *vegetale*
- Tipo di condutture interne sensibili: *conduttori non schermati*
- Impianti esterni:
  - Aerogeneratori e cabina di centrale: *linee energia MT interrate in cavo schermato con schermo avente sezione maggiore di 10mm<sup>2</sup>, linee di supervisione in cavo a fibra ottica.*
  - Torre anemometrica: *linee energia BT interrate in cavo non schermato (derivata da un aerogeneratore)m linea supervisione in cavo a fibra ottica.*



- Rischio incendio: Aerogeneratori, torre anemometrica e cabina d'impianto: *Ordinario*
- Tipo di rischio: *Perdite di vite umane*
- Rischio ammissibile:  $10^{-5}$  (*n° morti/anno*)

Per il calcolo di rischio tipico, valido per tutti gli aerogeneratori, si considera l'aerogeneratore isolato che ha in ingresso tre linee energia MT in cavo schermato e tre linee di supervisione in cavo in fibra ottica.

### Aerogeneratore

Dalle dimensioni di massima dell'aerogeneratore si ricavano le dimensioni del parallelepipedo equivalente:

- H = 180 (altezza della struttura);
- L = 150m (larghezza della struttura);
- W = 5m (profondità della struttura).
- Coefficiente ambientale: C=1 (struttura isolata).
- Linee esterne: una linea energia MT in cavo schermato e una linea di supervisione in cavo a fibra ottica.

Nei grafici seguenti sono riassunti i risultati del calcolo per gli aerogeneratori.

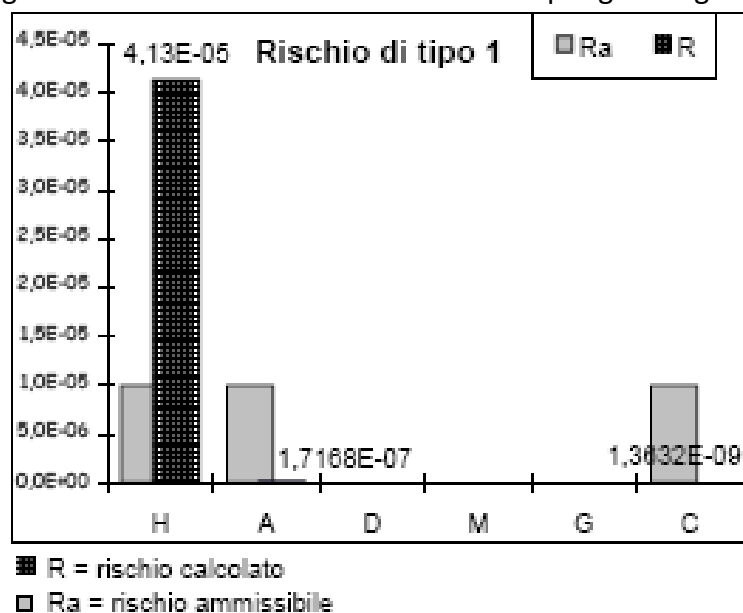


Figura 4 - componenti di rischio per la struttura costituita dall'aerogeneratore

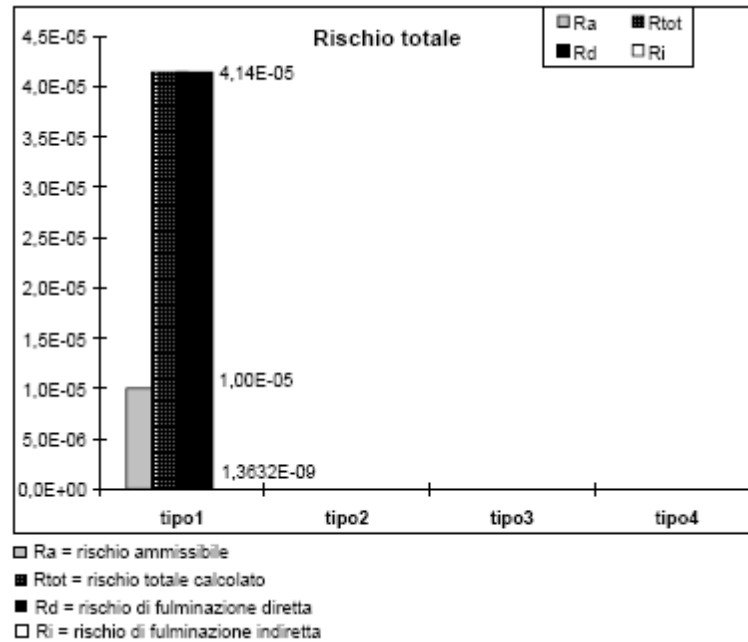


Figura 5 - rischio complessivo per la struttura costituita dall'aerogeneratore

Dai grafici sopra esposti si deduce che in generale le strutture dei generatori eolici non sono protette contro le fulminazioni; risulta quindi necessaria l'installazione di un sistema di protezione contro le fulminazioni tipo LPS.

Nelle successive fig. 8 e 9 è riassunto il calcolo del rischio per la struttura munita della suddetta protezione.

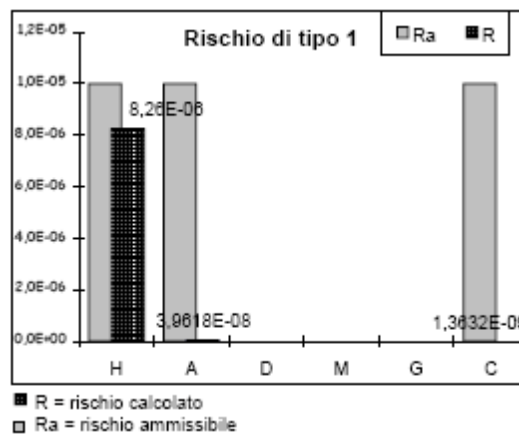
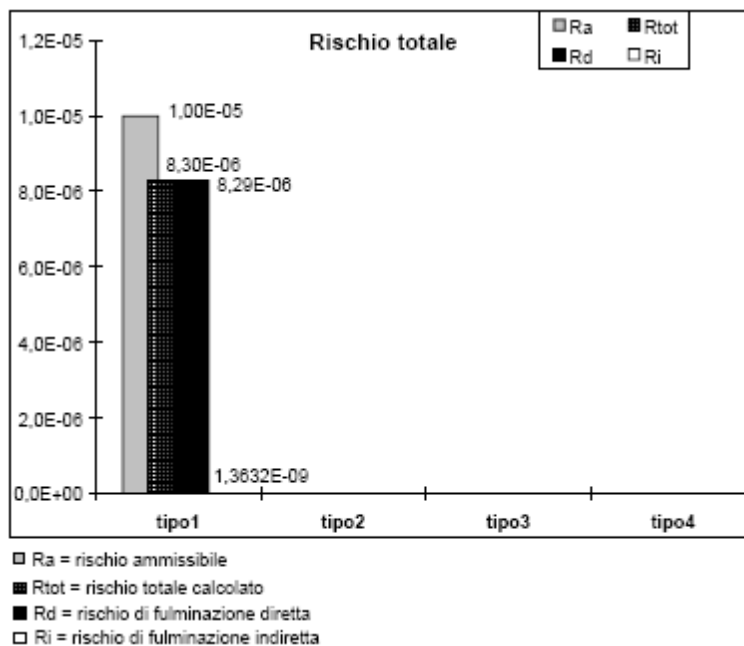


Figura 6 - componenti di rischio per la struttura dell'aerogeneratore don LPS di livello IV



**Figura 7 - rischio complessivo per la struttura dell'aerogeneratore con LPS di livello IV**

Tali grafici indicano che un LPS con livello di protezione IV è sufficiente a proteggere la struttura contro le scariche atmosferiche.

Nel caso dell'aerogeneratore, poiché la struttura portante è in acciaio di spessore superiore a 0.4 mm, la struttura stessa è un captatore naturale idoneo a condurre la corrente di fulmine; pertanto non è necessario installare alcun sistema di captazione e adduzione del fulmine; è sufficiente assicurare la messa a terra della struttura, che dovrà essere collegata al proprio dispersore di terra in almeno due punti. Il dispersore dovrà avere le caratteristiche riportate al paragrafo successivo. Poiché il rischio di tipo 1 è elevato a causa della componente H (tensioni di passo e contatto all'esterno della struttura), si può concludere che nel caso in esame non è necessario adottare alcun provvedimento aggiuntivo in quanto sono soddisfatte due delle condizioni previste al paragrafo 2.3.6 della variante alla norma 81-10 e cioè:

- non è prevista la presenza delle persone in numero elevato o per un elevato periodo di tempo in prossimità della struttura metallica;
- la calata è costituita da un montante di una struttura portante metallica (calata naturale).

### **Cabina elettrica (SSE)**

Le dimensioni della struttura sono (considerando il parallelepipedo equivalente):

H = **5.5m** (altezza della struttura);

L = **40** (larghezza della struttura);

W = **10m** (profondità della struttura).

- Coefficiente ambientale: C=1 (*struttura isolata*).

Nelle figure sottostanti sono riassunti i risultati del calcolo per la struttura considerata.

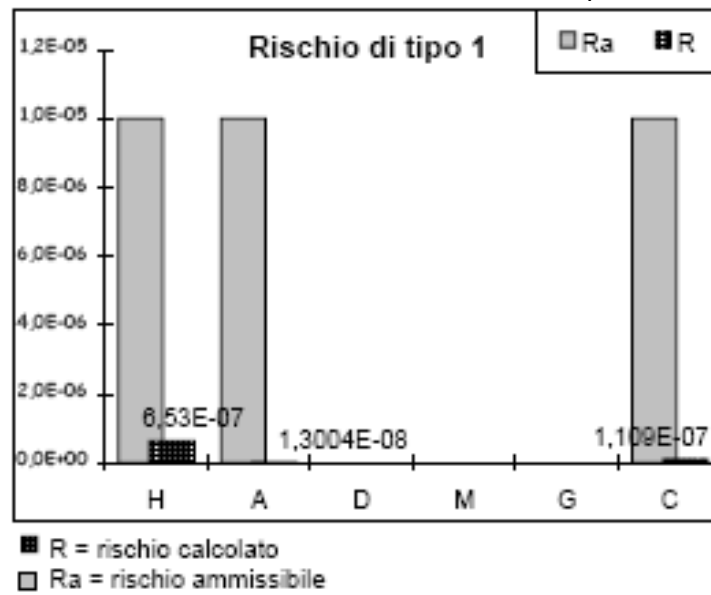


Figura 8 - componenti di rischio per la struttura costituita dalla cabina d'impianto

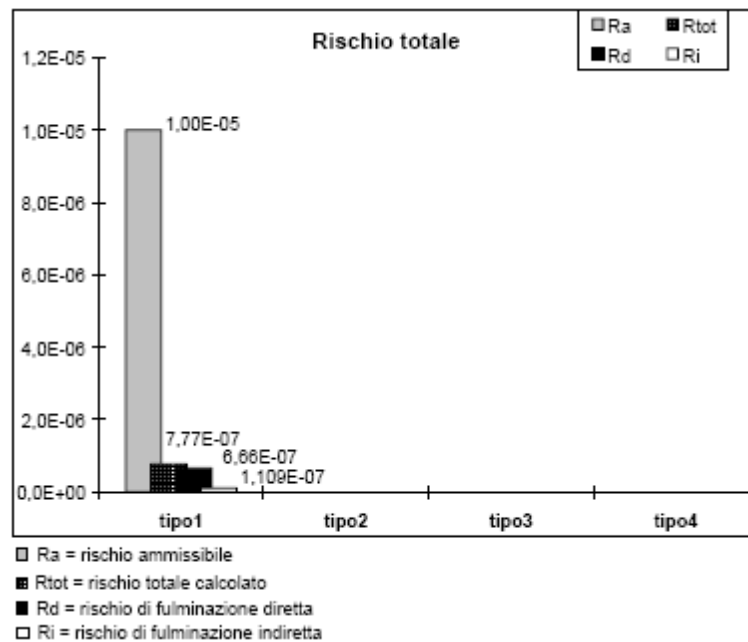


Figura 9 - rischio complessivo per la struttura costituita dalla cabina d'impianto

Come si può osservare la struttura è autoprotetta contro le scariche atmosferiche, quindi non occorrono misure di protezione.



## 1.3 Verifica del dispersore dell'aerogeneratore ai fini della protezione contro i fulmini

La verifica si riferisce al dispersore dell'aerogeneratore le cui caratteristiche sono indicate nel paragrafo specifico, ed il quale dovrà assolvere agli scopi di protezione contro i contatti indiretti e di protezione contro le scariche atmosferiche (LPS).

Con riferimento alla Norma CEI 81-10 il dispersore d'impianto è di tipo B; appartengono a questo tipo di dispersore sia quello ad anello esterno alla struttura in contatto con il suolo per almeno l'80% della sua lunghezza totale, sia il dispersore di fondazione. Nel caso in esame, l'anello che circonda il basamento del sostegno di ogni singolo aerogeneratore dovrà essere tale che, il raggio  $r$  del cerchio equivalente all'area racchiusa dallo stesso dispersore ad anello, non risulti essere inferiore al valore di  $I1$  rilevato dal grafico riportato in fig. 12, secondo i livelli di protezione I, II, III, IV rispettivamente.

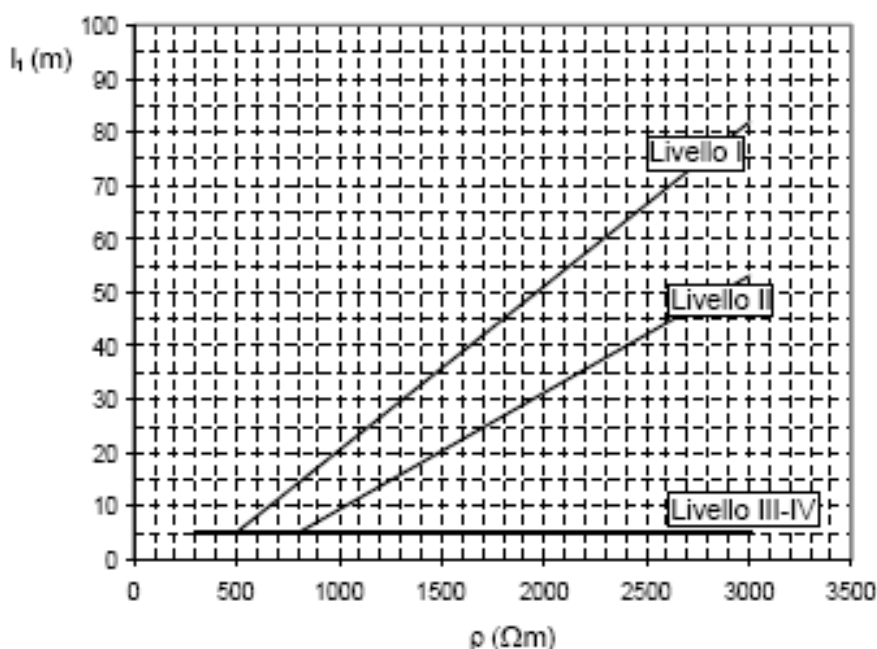


Figura 10 -: lunghezza minima degli elementi del dispersore in funzione dei livelli di protezione (il III e IV sono indipendenti dalla resistività del suolo)

Nel paragrafo precedente è stato verificato che il sistema LPS di IV livello è sufficiente a ridurre il rischio da scariche atmosferiche al valore inferiore a quello imposto dalla Norma CEI 81-10; per il livello di protezione suddetto il valore di  $I1$  è indipendente dalla resistività del terreno, come si vede dalla figura precedente.

Di conseguenza il valore  $I1$  rimane fissato a 5m e in riferimento alla Norma 81-10 discende che  $r$  non dovrà avere valore inferiore a:

$$r \geq 5m$$

Nel caso specifico risulta che il raggio del cerchio equivalente all'area del dispersore di terra dell'aerogeneratore misura 6.77m come rappresentato in figura successiva; pertanto è conforme alla suddetta prescrizione normativa.

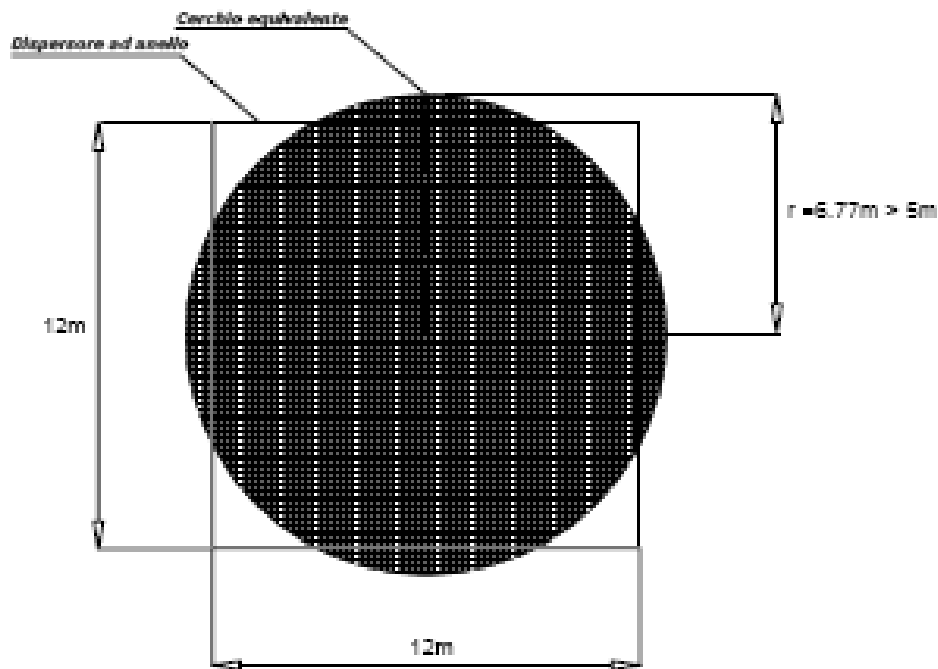


Figura 11 - raggio del cerchio equivalente all'area del dispersore ad anello tipo "B" di ogni singolo aerogeneratore

## 1.4 Risultati relativi al rischio di fulminazione

L'analisi effettuata secondo la Norma CEI 81-4 per la valutazione del rischio di fulminazione nelle strutture presenti nell'impianto eolico in progetto ha evidenziato che:

- l'unico rischio di danno nei confronti di terzi è quello relativo alla perdita di vite umane (rischio di tipo 1);
- il rischio che si verifichi perdita di vite umane all'interno dell'impianto risulta:
  - per la struttura "aerogeneratore", superiore al limite imposto dalla normativa; pertanto risulta necessaria una protezione contro le fulminazioni (LPS esterno) di efficienza  $E \geq 0.8$ , corrispondente ad un livello IV di protezione, ottenuta così come descritto in precedenza.
  - per la struttura " cabina d'impianto ", inferiore al limite imposto dalla normativa; pertanto non sono necessarie misure aggiuntive di protezione contro le scariche atmosferiche, in quanto la struttura risulta autoprotetta.



## 2 Realizzazione del parco eolico

### 2.1 Accesso agli aerogeneratori

Le aree interessate dal parco eolico saranno facilmente raggiungibili; il collegamento avverrà attraverso viabilità di tipo Provinciale e Comunale esistente per lo più idonea, in termini di pendenze e raggi di curvatura, al transito dei componenti necessari all'assemblaggio delle singole macchine eoliche in modo da minimizzare la viabilità di nuova costruzione.

L'accesso all'area parco potrà avvenire dalla SP6 "Appula Potenza"; imboccando la Strada Comunale Carrera della Regina si potrà accedere alle torri WTG07 e WTG06; dalla Strada Consorziale delle Grotte di Cassano si potrà accedere alla torre WTG08 ed alla WTG05; infine, percorrendo il Tratturo di Cervarezza si potranno raggiungere la WTG04, la WTG03, la WTG01 e la WTG02, quest'ultima passando per una strada interpodereale sulla quale non è previsto nessun intervento di adeguamento.

Al fine di minimizzare le strade di nuova costruzione, per l'accesso alla torre WTG06 verrà utilizzata anche la viabilità esistente appartenente al Parco Eolico "Banzi" di proprietà di EDP Renewables Italia Holding S.r.l., effettuando un allargamento dell'incrocio tra questa e la Strada Comunale Carrera della Regina per la circolazione degli automezzi speciali necessari al trasporto degli elementi componenti l'aerogeneratore.

Il collegamento tra le succitate strade e le torri eoliche avverrà attraverso brevi tratti stradali di progetto; solamente per la strada che porterà alla torre WTG08, oltre al tratto finale che sarà di progetto, sarà realizzato un adeguamento nel primo tratto, ossia un ricarico del cassonetto ed un allargamento fino a 5.00 m.

I raggi di curvatura in nessun caso saranno inferiori a 45 metri, come prescritto dalle norme tecniche fornite dal costruttore degli aerogeneratori (Vestas).

I percorsi stradali realizzati ex novo saranno genericamente realizzati in massicciate tipo macadam (pavimentazione stradale costituita da pietrisco e materiale collante compresso) similmente alle carrarecce esistenti ed avranno una larghezza pari a 5 m, tranne in curva, dove, in generale, diventeranno 7 m o 8 m a seconda della specifica macchina impiegata.

Per quanto riguarda le pendenze, tutte le strade presenteranno una pendenza inferiore al 10% (come da specifiche Vestas); i nuovi tracciati avranno un andamento altimetrico il più possibilmente fedele alla naturale morfologia del terreno.

### 2.2 Piazzole

In corrispondenza di ogni aerogeneratore saranno realizzate delle piazzole di servizio pressoché pianeggianti, dove troveranno collocazione la torre di sostegno dell'aerogeneratore e la relativa fondazione, i dispersori di terra e le necessarie vie cavo. Accanto a tale piazzola è collocata un'area da utilizzare per l'assemblaggio della gru di sollevamento e montaggio dell'aerogeneratore delle dimensioni di circa 60 m x 40 m ed un'area per lo stoccaggio delle pale di circa 79 m x 19 m come illustrato negli elaborati di progetto.

È prescritto il rispetto di un raggio libero di manovra intorno alla gru pari ad almeno 75 m, con una lunghezza dell'area necessaria all'assemblaggio della stessa pari a 125 m ed una distanza tra il centro di questa ed il centro della turbina pari almeno a 30 m.



Per la realizzazione delle piazzole vale quanto detto per le nuove strade di servizio interne al parco eolico, ovvero saranno realizzate con materiali selezionati dagli scavi, adeguatamente compattati anche per assicurare la stabilità della gru. Tali piazzole verranno utilizzate solo in fase di montaggio e quindi restituite al precedente uso, dopo aver ripristinato lo stato dei luoghi mantenendo comunque la necessaria viabilità di servizio attorno a ciascuna macchina per l'esercizio e la manutenzione del parco.

## **2.3 Cavidotti, rete elettrica e sottostazione**

Le opere relative alla rete elettrica interna al parco eolico, oggetto del presente lavoro, possono essere schematicamente suddivise in due sezioni:

- opere elettriche di trasformazione e di collegamento fra aerogeneratori;
- opere di collegamento alla rete del Gestore Nazionale.

L'energia prodotta da ciascun aerogeneratore è trasformata da bassa a media tensione per mezzo del trasformatore installato a bordo navicella e quindi trasferita al quadro MT posto a base torre all'interno della struttura di sostegno tubolare.

Di qui l'energia elettrica in media tensione prodotta da ciascun circuito (sottocampo) è trasferita mediante un cavidotto interrato MT alla sottostazione (SET) MT/AT per essere trasformata in alta tensione ed infine immessa nella rete di trasmissione nazionale AT di proprietà TERNA S.p.A..

Il trasporto dell'energia in MT avviene mediante cavi che verranno posati ad una profondità non inferiore a 110 cm, con una placca di protezione in PVC (nei casi in cui non è presente il tubo corrugato) ed un nastro segnalatore.

I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligata che per una e due terne avrà una larghezza di 60 cm, mentre dove sarà necessario posarne più di due terne dovrà avere una larghezza di almeno 100 cm.

Nella stessa trincea verranno posati i cavi di energia, la fibra ottica necessaria per la comunicazione e la corda di terra.

All'interno del parco eolico in esame verranno realizzate diverse tipologie di cabine elettriche di media tensione, ovvero:

- cabina elettrica di macchina: all'interno della torre dell'aerogeneratore sarà alloggiata una cabina destinata al collegamento del trasformatore elevatore di macchina e a collegare le macchine tra di loro in circuiti (sottocampi);
- cabina di consegna lato MT: all'interno della sottostazione (oppure SET - Stazione Elettrica di Trasformazione), verrà realizzato un locale composto di due vani principali:
  - un vano contenente le apparecchiature BT di comando e controllo della cabina di consegna;
  - un vano contenente le apparecchiature MT per la protezione e il controllo delle linee provenienti dal campo eolico, del trasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari e per il collegamento al trasformatore elevatore di cabina.



## 2.4 Operazioni di cantiere

Il cantiere è costituito da un complesso di impianti, attrezzature, aree di manovra, stoccaggio, magazzini, uffici ed eventuali alloggiamenti, necessari per la realizzazione di un intervento infrastrutturale.

Pur essendo un'opera con un limite di durata nel tempo relativamente breve, avendo un'attività molto intensa e dinamica, deve possedere tutti i requisiti di una buona e razionale distribuzione operativa; inoltre, la sua organizzazione dipende strettamente dal tipo e dall'entità dell'intervento che si va a realizzare, dalle tecniche costruttive impiegate e dall'ubicazione delle aree direttamente ed indirettamente interessate.

Pertanto ogni cantiere si presenta come un complesso sistema a più variabili che ne determinano la sua unicità, che richiedono una puntuale pianificazione e gestione per garantire un razionale e conveniente processo produttivo, assicurando le condizioni per la salute e la sicurezza dei lavoratori impegnati.

Anche se la durata limitata dei lavori lo configurano come un'opera provvisoria, il cantiere non dovrà avere caratteristiche improvvisate, dovendo rispondere ad esigenze di:

- funzionalità - la programmazione interna deve essere predisposta in modo da ottimizzare la gestione del personale impiegato ed i tempi d'esecuzione dei processi lavorativi;
- sicurezza - l'organizzazione del cantiere deve essere realizzata tenendo conto dei fattori di possibile rischio all'interno del cantiere.

E' evidente che funzionalità, produzione e sicurezza sono fortemente interdipendenti; la massimizzazione dell'efficienza del cantiere non può prescindere dalla salvaguardia delle condizioni di sicurezza dei lavoratori: venendo meno quest'ultima, ne conseguiranno ritardi, costi e scarsa qualità nella realizzazione dell'opera.

Riveste estrema importanza inoltre l'aspetto legato all'impatto che le opere di cantierizzazione hanno sulle componenti ambientali in generale, al fine di prevedere opportune misure di mitigazione.

Nella fase organizzativa del cantiere si devono stabilire, in funzione delle particolari opere da realizzare e delle condizioni ambientali, le macchine da adoperare nelle diverse fasi costruttive, riportate nel cronoprogramma, al fine di massimizzare la redditività e di minimizzare l'impatto sull'ambiente circostante.

Inoltre, per garantire la sicurezza degli operai e limitare le interazioni del cantiere con il normale svolgimento delle attività del sito interessato, si sono valutati i seguenti fattori.

### **Fattori strategici**

*Ubicazione.* L'area interessata dall'intervento ricade nel territorio del Comune di Banzi (PZ), in zona distante in linea d'aria circa 4 km dal centro abitato. Complessivamente la superficie impegnata dall'intero progetto sarà di circa 6 km<sup>2</sup>, di cui circa il 2 % effettivamente occupato dall'impianto e dalle opere connesse.

La destinazione urbanistica dei terreni interessati dall'intervento corrisponde a zona agricola. Trattandosi di opere che riguardano aree estese nonché diffuse all'interno di un territorio, piuttosto che un sito puntuale, l'ubicazione degli interventi riveste un carattere di estrema importanza nell'organizzazione delle attività di cantiere; in particolare, al fine di ottimizzare l'impiego di uomini e mezzi, nel contempo limitando gli impatti sull'ambiente delle aree contermini, il cronoprogramma è stato studiato tenendo in debito conto l'ubicazione delle installazioni ed il





tracciato della viabilità in progetto in modo da ridurre al massimo i tempi di operatività dei mezzi impiegati.

*Accessibilità.* Le aree interessate dal parco eolico sono facilmente raggiungibili; il collegamento avviene attraverso viabilità di tipo Provinciale e Comunale esistente per lo più idonea, in termini di pendenze e raggi di curvatura, al transito dei componenti necessari all'assemblaggio delle singole macchine eoliche in modo da minimizzare la viabilità di nuova costruzione. Infatti, la viabilità interna al campo eolico è costituita quasi totalmente dalle strade poderali esistenti e da nuovi tratti di viabilità da realizzare a servizio dei singoli aerogeneratori.

*Approvvigionamento dei materiali.* Relativamente alla movimentazione delle terre, queste riguardano opere di scavo e di riporto; in particolare sono previsti scavi per la realizzazione della viabilità, per opere di fondazione delle torri, per l'esecuzione delle trincee per i cavidotti e per la costruzione della sottostazione; sono previsti riporti essenzialmente per i ricoprimenti delle opere interrato e per la realizzazione del progetto stradale. Il materiale prodotto dagli scavi verrà riutilizzato in cantiere per riprofilature e per miglioramenti fondiari come riportato nel "Piano di gestione delle terre provenienti da scavi".

*Numero massimo ipotizzabile degli addetti contemporaneamente presenti.* Tale aspetto attiene strettamente all'organizzazione dell'impresa che verrà individuata per l'esecuzione dei lavori, non potendosi quindi ragionevolmente ipotizzare in questa fase con buona approssimazione; in ragione di tanto si stima in via preliminare un numero massimo di addetti contemporaneamente presenti in cantiere pari a cinquanta unità;

### **Fattori logistici**

La possibilità di manovra all'interno o in prossimità del cantiere ed i percorsi interni sono studiati in modo che il trasporto dei diversi materiali sia gestibile con il minimo intralcio al normale flusso veicolare.

*Stoccaggio del materiale in cantiere.* Nella realizzazione della nuova viabilità, il deposito delle terre riguarderà la totalità delle volumetrie relative ai soli materiali per il rinverdimento delle scarpate, in quanto prodotte nelle prime fasi del lavoro (scotico) e riutilizzati ad opera conclusa; lo stoccaggio nell'area di deposito dei materiali riutilizzabili per il corpo del rilevato potrà invece risultare parziale, in quanto il parallelismo tra le operazioni di sbancamento e quelle di costruzione del rilevato consentirà il diretto trasporto del materiale idoneo tra i punti di scavo e quello di riallocazione, riducendo pertanto le necessità di stoccaggio. In ogni caso il deposito del terreno per la costruzione del corpo del rilevato avverrà in cumuli di altezza media non superiore a 2,50/3,00 m; nel caso delle terre per la rinaturazione, queste verranno allocate mediante cumuli di altezza di non più di 1,50/2,00 m. Per la costruzione della sottostazione, le aree di deposito temporaneo, perimetrate da recinzione di cantiere, saranno limitrofe al sito del cantiere; per la costruzione dei cavidotti, le aree saranno limitrofe a questi e parallele al loro tracciato; per la realizzazione delle piazzole e della nuova viabilità verranno perimetrate e recintate aree di deposito temporaneo in corrispondenza dei siti individuati per l'installazione delle torri e pertanto in condizioni di sicurezza in relazione al possibile accesso di estranei, in modo da consentire inoltre il deflusso delle acque di ruscellamento direttamente negli impluvi naturali. Il cantiere stradale potrà avanzare su più fronti, in ragione dell'organizzazione dell'impresa esecutrice, perimetrando, in corrispondenza dell'avanzamento delle opere, le aree immediatamente a valle del/i fronte/i di avanzamento, in modo da limitare le aree contermini riducendo l'impatto. L'altezza dei cumuli di deposito delle terre sarà modesta in modo da rendere l'operazione scevra da rischi connessi alla stabilità della pendice interessata e delle scarpate degli accumuli stessi.



## 2.5 Interventi di sistemazione finale

Al termine dei lavori necessari per l'installazione degli aerogeneratori, caratterizzati dalla realizzazione delle opere civili e dal montaggio delle parti elettromeccaniche, si darà inizio agli interventi di ripristino e di sistemazione finale di seguito elencati.

- Piazzola di montaggio aerogeneratore:
  - rimozione/realizzazione ex novo scoline laterali per canalizzazione acque meteoriche;
  - rimozione area livellata per stoccaggio pale e successivo ripristino;
  - rimozione area di stoccaggio gru e successivo ripristino;
  - rimozione fondazione piazzola per montaggio turbina, realizzata in misto stabilizzato, e successivo ripristino;
  - completamento strada di accesso alla piazzola "definitiva", delle dimensioni di 60x40 m;
  - realizzazione drenaggi superficiali a dispersione (dove vi è necessità).
- Viabilità:
  - sistemazione finale della viabilità con realizzazione delle necessarie opere d'arte (cunette, attraversamenti);
  - interventi di manutenzione delle strade di accesso e delle opere d'arte di salvaguardia geomorfologica ed idrologica.
- Interventi generali:
  - interventi per la messa in sicurezza dei luoghi (segnaletica, barriere di segnalazione degli accessi);
  - trasporto a discarica di tutto il materiale in eccesso proveniente dagli scavi e non ulteriormente utilizzabile, in quanto non idoneo come materiale di riempimento.

Al termine della vita utile dell'impianto, stimabile in 25-30 anni, il parco eolico potrebbe essere rimodernato, ovvero dopo una verifica d'integrità dei piloni di fondazione, si potrebbe procedere alla sostituzione integrale delle sole turbine.

Infatti la fondazione, la torre e la turbina sono tre parti distinte che vengono assemblate nel luogo d'installazione dell'aerogeneratore. Pertanto, verificata la compatibilità e la resistenza delle fondazioni esistenti, si potrebbe procedere allo smantellamento, ad esempio, delle sole torri eoliche, preservandone le fondazioni che verrebbero utilizzate per nuove turbine.

Diversamente si potrebbe procedere allo smantellamento del parco eolico procedendo in senso inverso alla fase di installazione della centrale.

La dismissione (decommissioning) di un impianto eolico si presenta comunque di estrema facilità se confrontata con quella di centrali di tipologia diversa ed inoltre le operazioni di smantellamento sono sostanzialmente ripetitive.

Il decommissioning dell'impianto prevede la disinstallazione di ognuna delle unità produttive utilizzando i mezzi e gli strumenti appropriati, così come avviene nelle diverse fasi di realizzazione. Successivamente per ogni macchina si procederà al disaccoppiamento e alla separazione dei macrocomponenti (generatore, mozzo, rotore, ecc.); quindi saranno selezionati i componenti riutilizzabili, quelli da riciclare e quelli da rottamare secondo le normative vigenti.

Una volta effettuato lo smontaggio delle macchine, si procederà alla rimozione dei singoli elementi costituenti il parco eolico. In particolare, i cavidotti che collegano il parco con la cabina di trasformazione e le linee elettriche che collegano l'impianto alla stazione di smistamento saranno rimossi e conferiti agli impianti di recupero e trattamento più idonei.