



REGIONE
TOSCANA



COMUNE DI
ORBETELLO



PROVINCIA DI
GROSSETO

PROGETTO DEFINITIVO

Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "Orbetello" di potenza in immissione massima pari a 61,2 MW e relative opere connesse da realizzarsi nel comune di Orbetello (Gr)

Titolo elaborato

Relazione tecnica delle opere civili

Codice elaborato

F0544AR07A

Scala

-

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

Progettazione



F4 ingegneria srl

Via Di Giura - Centro direzionale, 85100 Potenza
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico
(ing. Giovanni Di Santo)



Gruppo di lavoro

Dott. For. Luigi ZUCCARO
Ing. Giuseppe MANZI
Ing. Alessandro Carmine DE PAOLA
Ing. Monica COIRO
Ing. Federica COLANGELO
Ing. Gerardo Giuseppe SCAVONE
Ing. jr. Flavio Gerardo TRIANI
Arch. Gaia TELESCA
Ing. Manuela NARDOZZA



Società certificata secondo le norme UNI-EN ISO 9001:2015 e UNI-EN ISO 14001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).

Consulenze specialistiche

Committente

Apollo Wind s.r.l.

Via della Stazione,7
39100 – Bolzano (Bz)

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Aprile 2023	Prima emissione	ADP	GMA	GDS

Sommario

1	Premessa	4
2	Descrizione degli aerogeneratori	5
2.1	Torre di sostegno	5
2.2	Rotore e pale	6
2.3	Generatore	6
2.4	Navicella	6
2.5	Sistema d'imbardata	7
2.6	Sistema di controllo	7
2.7	Sistema frenante	8
3	Opere civili	9
3.1	Fondazioni	9
3.2	Viabilità	9
3.3	Piazzole di montaggio e di stoccaggio	11
3.4	Aree logistiche di cantiere	12
3.5	Dimensioni complessive e stima movimenti terra di strade e piazzole	12
4	Opere civili	15
5	Ripristini e stato finale dell'opera	16
6	Dimensionamento dell'impianto	17
6.1	Regime di vento del sito e disposizione ed orientamento degli aerogeneratori	18
6.2	Impianto elettrico	19

7 Criteri di scelta delle soluzioni impiantistiche di protezione contro i fulmini, con l'individuazione e la classificazione del volume da proteggere 28

7.1	Individuazione delle strutture da proteggere	28
7.2	Calcolo delle componenti di rischio	28
7.3	Verifica del dispersore dell'aerogeneratore ai fini della protezione contro i fulmini	33

1 Premessa

Proponente	Apollo Wind s.r.l.
Potenza nominale complessiva	59.4 MW
Potenza di immissione in rete	59.4 MW
Potenza nominale massima singola WTG	6.6 MW
Numero aerogeneratori	9
Altezza hub	115 m
Diametro rotore	170 m
Altezza totale	200 m
Lunghezza pala	85 m
Area poligono impianto	698.9 ha
Coordinate WTG	Relazione generale

L'intervento proposto consiste nella realizzazione di un nuovo parco eolico, denominato "Orbetello", localizzato nel territorio comunale di Orbetello, in provincia di Grosseto. L'impianto sarà composto da n. 9 aerogeneratori della potenza nominale di 6.6 MW ciascuno, con la potenza complessiva in immissione di 59.4 MW, in accordo con quanto previsto nella STMG Terna ID 202200206. Le relative opere di connessione saranno ubicate nel Comune di Orbetello (Gr).

Gli aerogeneratori che potranno essere installati sono delle seguenti tipologie: Siemens Gamesa SG170-HH115 m o altro modello simile.

Il progetto proposto ricade **al punto 2 dell'elenco di cui all'allegato II alla Parte Seconda del d.lgs. n. 152/2006 e s.m.i., come modificato dal d.lgs. n. 104/2017, "impianti eolici per la produzione di energia elettrica sulla terraferma con potenza complessiva superiore a 30 MW"**, pertanto risulta soggetto al procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale per il quale il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza energetica di concerto con il Ministero della Cultura, svolge il ruolo di autorità competente in materia.

2 Descrizione degli aerogeneratori

Le caratteristiche dimensionali degli aerogeneratori di progetto sono sintetizzate nella seguente tabella:

Tabella 1: caratteristiche aerogeneratori

Potenza nominale aerogeneratore	Diametro massimo rotore	Altezza hub	Altezza totale	Area spazzata	Posizione rotore	Rate rotor speed	Numero di pale
6.6 MW	170 m	115 m	200 m	22697 m ²	sopravento	10.60 rpm	3

Gli aerogeneratori sono ad asse orizzontale, costituiti da un sistema tripala. La tipica configurazione di un aerogeneratore di questo tipo prevede un sostegno costituito da una torre tubolare che porta alla sua sommità la navicella, all'interno della quale sono contenuti l'albero di trasmissione lento, il moltiplicatore di giri, l'albero veloce, il generatore elettrico, il trasformatore e i dispositivi ausiliari.

La struttura in elevazione dell'aerogeneratore è costituita da una torre in acciaio di forma tronco-conica, realizzata in cinque tronchi assemblati in sito.

Il rotore si trova all'estremità dell'albero lento, è posto sopravento rispetto al sostegno, ed è costituito da tre pale fissate ad un mozzo, corrispondente all'estremo anteriore della navicella.

La navicella può ruotare rispetto al sostegno in modo tale da tenere l'asse della macchina sempre parallela alla direzione del vento (movimento di imbardata).

Rotore e generatore elettrico possono essere direttamente collegati oppure associati ad un moltiplicatore di giri. Indispensabile nei grandi aerogeneratori, il moltiplicatore di giri fa sì che la lenta rotazione delle pale permetta comunque una corretta alimentazione del generatore elettrico.

Opzionalmente gli impianti di energia eolica possono essere dotati di un ascensore in grado di trasportare due persone dalla base della torre alla gondola o viceversa.

Gli aerogeneratori potranno essere dotati di segnalazione cromatica, costituendo un ostacolo alla navigazione aerea a bassa quota. In particolare, ciascuna delle tre pale potrà essere verniciata sulle estremità con tre bande di colore rosso/bianco/rosso ognuna di larghezza minima pari a 6 m, fino a coprire 1/3 della lunghezza della pala. È inoltre prevista l'installazione delle segnalazioni "notturne", costituite da luci intermittenti di colore rosso sull'estradosso della navicella. Ad ogni modo le prescrizioni degli Enti preposti (ENAC/ENAV) potranno modificare le suddette segnalazioni.

2.1 Torre di sostegno

La torre di sostegno di tipo tubolare avrà una struttura in acciaio ed un'altezza complessiva fino all'asse del rotore pari al massimo a 115 m per il modello Siemens Gamesa SG 6,6-170-HH115, il colore della struttura sarà chiaro, avrà una forma tronco-conica. Le diverse sezioni sono state ottimizzate per lunghezza, diametro e peso allo scopo di assicurare anche un peso adeguato al trasporto. Il collegamento tra le singole sezioni è realizzato in cantiere tramite flange bullonate fra loro.

Le torri hanno un diametro della base di circa 5 m e sono composte da un diverso numero di sezioni ottimizzate per lunghezza, diametro e peso dal punto di vista del peso e del trasporto.

Alla base della torre ci sarà una porta che permetterà l'accesso ad una scala montata all'interno, dotata ovviamente di opportuni sistemi di protezione (parapetti). Per ogni tronco di torre è prevista una piattaforma di riposo. È previsto inoltre un sistema di illuminazione di emergenza interno.

2.2 Rotore e pale

Il rotore si trova all'estremità dell'albero ed è costituito da tre pale realizzate in fibra di vetro rinforzata con resina epossidica e fissate ad un mozzo, corrispondente all'estremo anteriore della navicella; il mozzo del rotore, realizzato in ghisa sferoidale, è montato sull'albero con un attacco a flangia e le dimensioni sono sufficienti a garantire l'accesso ai tecnici durante le fasi di manutenzione.

Il rotore è posto sopravento rispetto alla torre di sostegno e, nel caso del parco in oggetto, caratterizzato da un diametro pari a 170 m, con velocità variabile progettata per massimizzare la potenza e minimizzare emissioni acustiche.

Nelle turbine "sopravento", che sono di gran lunga le più diffuse è importante mantenere un allineamento più continuo possibile tra l'asse del rotore e la direzione del vento, per assicurare sempre il massimo rendimento dell'aerogeneratore. Nel grande eolico, per orientare il rotore nella direzione del vento rilevata da appositi sensori, e mantenerlo entro un opportuno angolo, si usa un sistema di imbardata poggiato su dei cuscinetti e dotato di un motore.

Le pale, a profilo alare e incernierate al mozzo, hanno lunghezza massima pari ad 85.0 m; sono realizzate in fibra di vetro rinforzata con carbonio e ottimizzate per operare a velocità variabile.

Le pale saranno verniciate con colore chiaro e protette dalle scariche atmosferiche da un sistema parafulmine integrato.

2.3 Generatore

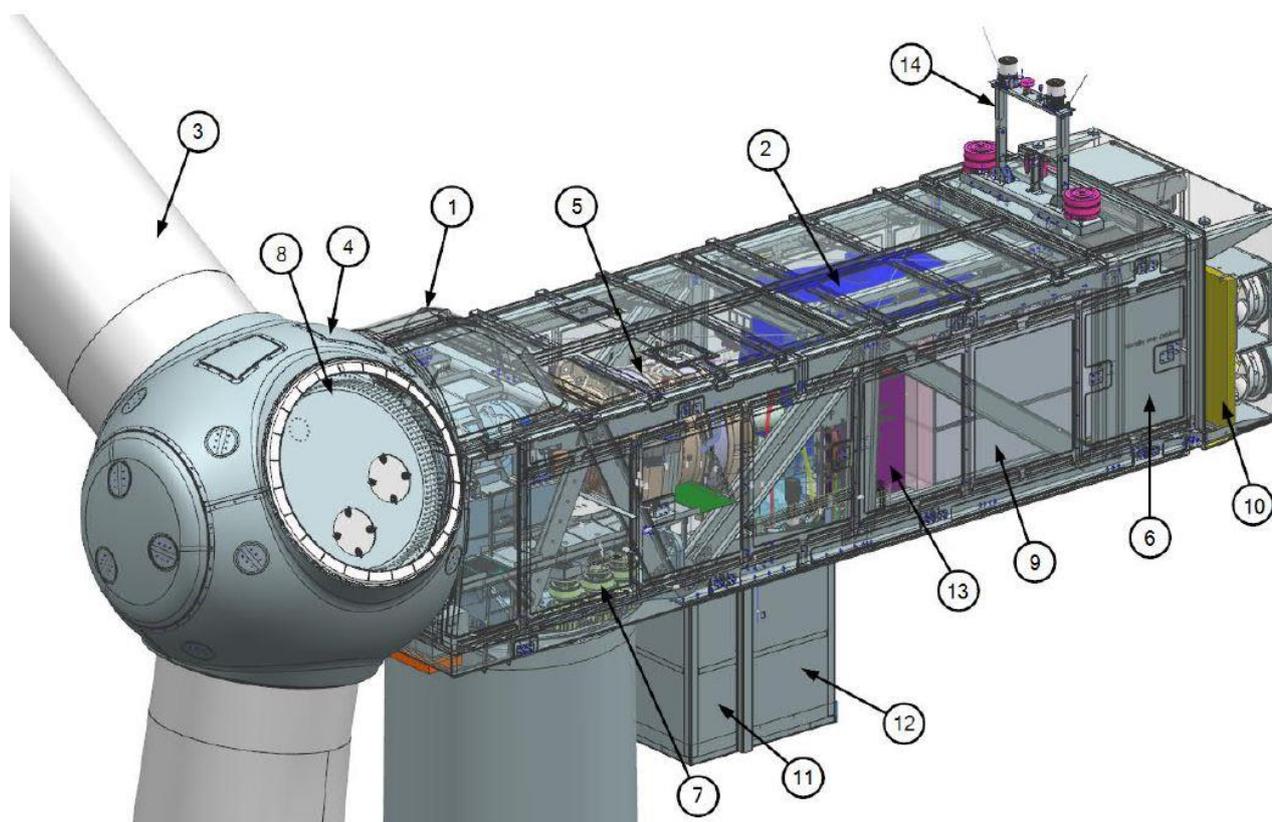
Il generatore trasforma l'energia meccanica in energia elettrica. I giri al minuto dell'aerogeneratore, e quindi la frequenza dell'energia elettrica prodotta, sono molto variabili (come lo è la velocità del vento).

Il generatore è del tipo asincrono trifase a doppia alimentazione con rotore a gabbia, collegato alla rete tramite un convertitore di frequenza PWM che consente il funzionamento del generatore a velocità e tensione variabile, fornendo al contempo potenza costante. L'alloggiamento del generatore consente la circolazione dell'aria di raffreddamento all'interno dello statore e del rotore. L'aria-acqua per lo scambio di calore avviene in uno scambiatore di calore esterno

2.4 Navicella

La navicella è il corpo centrale dell'aerogeneratore posizionato sulla cima della torre, è una cabina in cui sono ubicati tutti i componenti di un aerogeneratore ed è vincolata alla testa della torre tramite un cuscinetto a strisciamento che le consente di ruotare sul suo asse di imbardata.

All'interno della navicella sono contenute le principali apparecchiature elettromeccaniche necessarie alla generazione di energia elettrica.



- | | | | |
|---|---------------|----|-----------------------|
| 1 | Canopy | 8 | Blade bearing |
| 2 | Generator | 9 | Converter |
| 3 | Blades | 10 | Cooling |
| 4 | Spinner/hub | 11 | Transformer |
| 5 | Gearbox | 12 | Stator cabinet. |
| 6 | Control panel | 13 | Front Control Cabinet |
| | | 14 | Aviation structure |

Figura 1: navicella

2.5 Sistema d'imbardata

Negli aerogeneratori di media e grossa taglia l'esatto allineamento del rotore alla direzione del vento è un requisito essenziale per ottimizzare la resa e contemporaneamente evitare carichi aggiuntivi sull'aerogeneratore causati da un flusso d'aria obliquo, l'allineamento è garantito da un servomeccanismo, detto sistema di imbardata, mentre nei piccoli aerogeneratori è sufficiente l'impiego di una pinna direzionale. Nel sistema di imbardata un sensore, la banderuola, indica lo scostamento dell'asse della direzione del vento e aziona un motore che riallinea la navicella; essa forniscono una misurazione molto accurata della direzione del vento.

2.6 Sistema di controllo

Tutti i generatori eolici possiedono sistemi più o meno sofisticati di regolazione e controllo, in grado di adeguare istantaneamente le condizioni di lavoro della macchina al variare della velocità e della direzione dei venti.

Il funzionamento di un aerogeneratore, quindi, è regolato da un sistema di controllo che ne gestisce le diverse operazioni di lavoro e aziona il dispositivo di sicurezza per l'arresto in caso di malfunzionamento e di sovraccarico dovuto ad eccessiva velocità del vento.

Tutte le funzioni dell'aerogeneratore sono costantemente monitorate e controllate da diverse unità a microprocessore. La turbina eolica è dotata di sistema SGRE SCADA, il quale attraverso controllo remoto invia informazioni utili per la valutazione del funzionamento delle macchine, tra cui dati elettrici e meccanici, stato di funzionamento e guasto, dati meteorologici e della stazione.

Oltre al sistema SGRE SCADA, la turbina eolica è caratterizzata da un sistema che controlla il livello di vibrazione dei componenti principali e confronta l'effettivo spettro di vibrazione con una serie di spettri di riferimento stabiliti, revisionando poi i risultati si ottiene un'analisi dettagliata sullo stato degli aerogeneratori.

I dati trasmessi ai centri diagnostici, consentono la rilevazione precoce di anomalie e la prevenzione di potenziali guasti ottimizzando il piano di assistenza e anticipando le riparazioni prima che si verifichino danni gravi.

2.7 Sistema frenante

L'aerogeneratore è equipaggiato con due sistemi indipendenti di frenata (aerodinamico e meccanico) attivati idraulicamente e interconnessi al fine di controllare la turbina in tutte le condizioni di funzionamento. Il primo viene utilizzato per controllare la potenza dell'aerogeneratore, come freno di emergenza in caso di sovravelocità del vento e per arrestare il rotore. Il secondo viene utilizzato per completare l'arresto del rotore e come freno di stazionamento. Ciascun sistema, indipendentemente dall'inserimento dell'altro, è in grado di fermare la macchina.

3 Opere civili

3.1 Fondazioni

L'aerogeneratore andrà a scaricare gli sforzi su una struttura di fondazione in cemento armato, costituita da un plinto su pali. La fondazione è stata calcolata preliminarmente in modo tale da poter sopportare il carico della macchina e il momento prodotto sia dal carico concentrato posto in testa alla torre che dall'azione cinetica delle pale in movimento.

Le verifiche di stabilità del terreno e delle strutture di fondazione sono state eseguite con i metodi ed i procedimenti della geotecnica, tenendo conto delle massime sollecitazioni sul terreno che la struttura trasmette. Le strutture di fondazione sono dimensionate in conformità alla normativa tecnica vigente.

I plinti di fondazione sono stati dimensionati in funzione delle caratteristiche tecniche del terreno derivanti dalle analisi geologiche e sulla base dall'analisi dei carichi trasmessi dalla torre (forniti dal costruttore dell'aerogeneratore).

La fondazione è costituita da un plinto di diametro pari a 21.70 m ed altezza variabile da 2.00 m (esterno gona aerogeneratore) a 0.70 m (esterno plinto). Ogni plinto scaricherà gli sforzi su 16 pali dal diametro di 120 cm e della lunghezza di 20 m. Ad ogni buon conto, tutti i calcoli eseguiti e la relativa scelta dei materiali, sezioni e dimensioni andranno verificati in sede di progettazione esecutiva e potranno pertanto subire variazioni anche significative per garantire i necessari livelli di sicurezza. Pertanto, quanto riportato nel presente progetto, potrà subire variazioni in fase di progettazione esecutiva, in termini sia dimensionali che di forma, fermo restando le dimensioni di massima del sistema fondazionale.

3.2 Viabilità

Le aree interessate dal parco risultano accessibili; il collegamento avviene attraverso viabilità Provinciale e Statale 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. Nello specifico:

- SS323;
- SP Osa;
- SP San Donato.

L'ubicazione dell'impianto interessa un'area con quote variabili comprese tra 2 ed i 31 m.s.l.m. Essa si articola e caratterizza morfologicamente grazie alla presenza di una vasta vallata bonificata.

La viabilità interna al parco eolico, quindi sarà costituita da una serie di infrastrutture, in parte esistenti adeguate, in parte da adeguare e da realizzare ex-novo, che consentiranno di raggiungere agevolmente tutti i siti in cui verranno posizionati gli aerogeneratori.

La realizzazione di nuovi tratti stradali sarà contenuta e limitata ai brevi percorsi che vanno dalle strade esistenti all'area di installazione degli aerogeneratori, i percorsi stradali ex novo saranno genericamente realizzati in massicciate tipo macadam (oppure cementata nei tratti in cui le pendenze diventano rilevanti) similmente alle carrarecce esistenti e avranno una larghezza pari ad almeno 4 m.

Lo strato di terreno vegetale proveniente dalla decorticazione sarà opportunamente separato dal materiale proveniente dallo sbancamento, per poter essere riutilizzato nei riporti per il modellamento superficiale delle scarpate e delle zone di ripristino dopo le lavorazioni.

Inoltre, per ridurre il fenomeno dell'erosione delle nuove strade causato dalle acque meteoriche, lungo i cigli delle stesse sono previste delle fasce di adeguata larghezza, realizzate con materiale lapideo di idonea pezzatura, che oltre a consentire il drenaggio delle stesse acque meteoriche, saranno di contenimento allo strato di rifinitura delle strade.

Nelle zone in cui le strade di progetto percorreranno piste interpoderali esistenti, ove necessario, le opere civili previste consisteranno in interventi di adeguamento della sede stradale per la circolazione degli automezzi speciali necessari al trasporto degli elementi componenti l'aerogeneratore. Detti adeguamenti prevedranno degli allargamenti in corrispondenza delle viabilità caratterizzate da raggi di curvatura troppo stretti ad ampliamenti della sede stradale nei tratti di minore larghezza. Nella fattispecie, le necessità di trasporto dei componenti di impianto impongono che le strade abbiano larghezza minima di 4 m, nei tratti in curva la larghezza potrà essere aumentata ed i raggi di curvatura dovranno essere ampi (almeno 70 m); saranno quindi necessari interventi di adeguamento di alcune viabilità presenti al fine di consentire il trasporto degli aerogeneratori.

Nello specifico le viabilità di cantiere e gli adeguamenti realizzati sono da considerarsi temporanei, così come le aree di manovra con opportuni raggi di curvatura in quanto si prevede il ripristino allo stato originario al termine delle attività di cantiere.

Tutte le strade saranno realizzate seguendo l'andamento topografico esistente in loco, cercando di ridurre al minimo eventuali movimenti di terra, utilizzando come sottofondo materiale calcareo e rifinandole con una pavimentazione stradale a macadam, oppure cementata nei tratti in cui le pendenze diventano rilevanti.

Tabella 2: Lunghezza tracciati stradali di progetto e da adeguare

Tratto	Larghezza viabilità [m]	Ex novo [m]	Adeguamento [m]	Lunghezza totale [m]	Lunghezze tratti da Cementare (pendenza longitudinale >14%) [m]
ROAD T01	4	962	0	962	0
ROAD T02	4	623	0	623	0
ROAD T03	4	312	0	312	0
ROAD T04	4	1031	0	1031	0
ROAD T05	4	546	0	546	0
ROAD T06	4	921	0	921	0
ROAD T07	4	570	0	570	0
ROAD T08	4	433	0	433	0
ROAD T09	4	335	0	335	0

Per quanto possibile, all'interno dell'area di intervento si cercherà di utilizzare la viabilità esistente, costituita da stradine interpoderali in parte anche asfaltate, eventualmente adeguate alle necessità sopra descritte. L'adeguamento potrà consistere:

- nella regolarizzazione e spianamento del fondo;
- nell'allargamento della sede stradale;
- nel cambiamento del raggio di alcune curve.

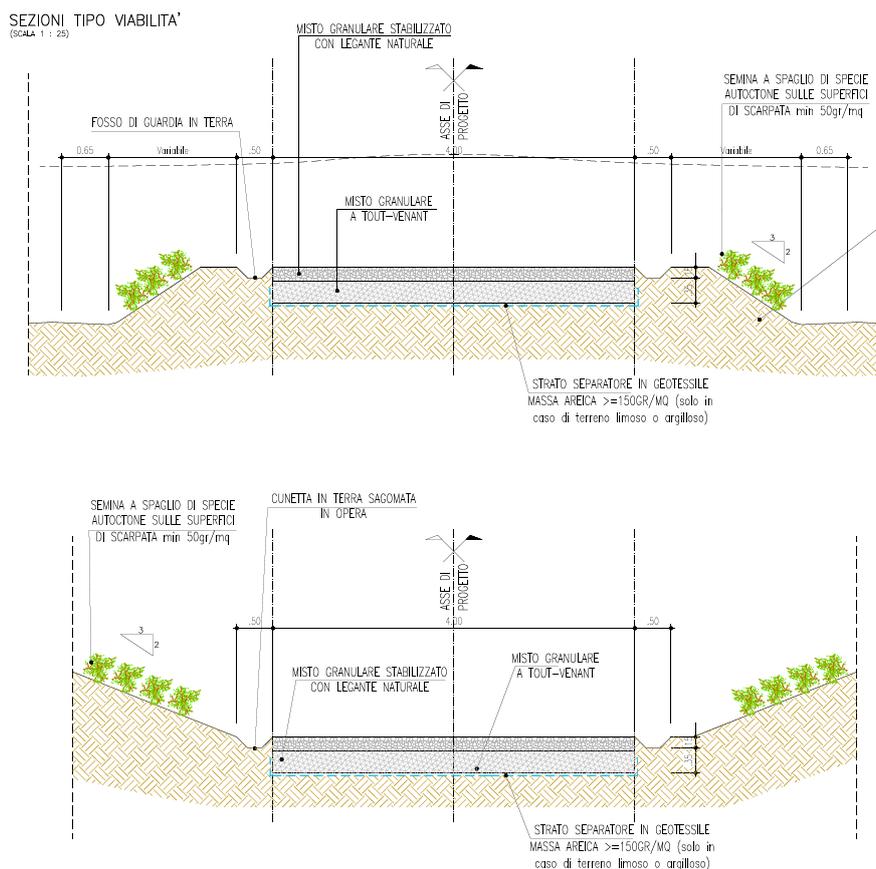


Figura 2: Sezioni stradali tipo

3.3 Piazzole di montaggio e di stoccaggio

Ogni aerogeneratore è collocato su una piazzola contenente la struttura di fondazione delle turbine e gli spazi necessari alla movimentazione dei mezzi e delle gru di montaggio.

Le piazzole di montaggio dei vari componenti degli aerogeneratori sono poste in prossimità degli stessi e devono essere realizzate in piano o con pendenze minime (dell'ordine del 1-2% al massimo) che favoriscano il deflusso delle acque e riducano i movimenti terra. Le piazzole devono contenere un'area sufficiente a consentire sia lo scarico e lo stoccaggio dei vari elementi dai mezzi di trasporto, sia il posizionamento delle gru (principale e secondarie). Esse devono quindi possedere i requisiti dimensionali e plano altimetrici specificatamente forniti dall'azienda installatrice degli aerogeneratori, sia per quanto riguarda lo stoccaggio e il montaggio degli elementi delle turbine stesse, sia per le manovre necessarie al montaggio e al funzionamento delle gru.

Nel caso di specie, la scelta delle macchine comporta la necessità di reperire per ogni aerogeneratore un'area libera da ostacoli costituita da:

- Area oggetto di installazione turbina e relativa fondazione (non necessariamente alla stessa quota della piazzola di montaggio);
- area montaggio e stazionamento gru principale;
- talvolta anche area di stoccaggio pale.

Tali spazi devono essere organizzati in posizioni reciproche tali da consentire lo svolgimento logico e cronologico delle varie fasi di lavorazione; inoltre è prevista un'area destinata temporaneamente allo stoccaggio delle pale e dei componenti, di dimensioni pari a circa 2500 m².

Le superfici delle piazzole realizzate per consentire il montaggio e lo stoccaggio degli aerogeneratori, verranno in parte ripristinate all'uso originario e in parte ridimensionate, in modo da consentire facilmente eventuali interventi di manutenzione o sostituzione di parti danneggiate dell'aerogeneratore.

Le caratteristiche e la tipologia della sovrastruttura delle piazzole devono essere in grado di sostenerne il carico dei mezzi pesanti adibiti al trasporto, delle gru e dei componenti. Lo strato di terreno vegetale proveniente dalla decorticazione da effettuarsi nel luogo ove verrà realizzata la piazzola sarà opportunamente separato dal materiale proveniente dallo sbancamento per poterlo riutilizzare nei riporti per il modellamento superficiale delle scarpate e delle zone di ripristino dopo le lavorazioni.

Al termine dei lavori per l'installazione degli aerogeneratori, la sovrastruttura in misto stabilizzato verrà rimossa nelle aree di montaggio e stoccaggio componenti, nonché nelle aree per l'installazione delle gru ausiliarie e nella zona di stoccaggio pale laddove presente.

Infine, la realizzazione delle piazzole prevede opere di regimazione idraulica tali da garantire il deflusso regolare delle acque e il convogliamento delle stesse nei compluvi naturali esistenti, prevenendo dannosi fenomeni di dilavamento del terreno.

3.4 Aree logistiche di cantiere

All'interno dell'area parco sarà realizzata un'area di cantiere di circa 2.500 m², utilizzata per l'installazione di prefabbricati, adibiti a uffici, magazzini, servizi etc... Le aree saranno altresì utilizzate come deposito mezzi ed eventuale stoccaggio di materiali, per lo scarico delle pale (lunghezza pale pari a 85 m).

Analogamente alcuni dei componenti dell'aerogeneratore verranno trasbordati dai convogli tradizionali e approvvigionati alle postazioni di montaggio mediante convogli più agili ovvero dotati di rimorchio semovente.

Montate le torri e installate su ciascuna delle loro sommità la navicella con il rotore e le pale, si procederà a smantellare i collegamenti ed i piazzali di servizio (opere provvisorie) in quanto temporanei e strumentali alla esecuzione delle opere, ripristinando così lo status quo ante.

3.5 Dimensioni complessive e stima movimenti terra di strade e piazzole

Nel presente paragrafo sono illustrate le dimensioni complessive delle strade e le stime di massima dei volumi di terreno interessati dalla realizzazione delle:

- nuove strade;
- piazzole di montaggio e definitive;
- aree temporanee di stoccaggio;
- svincoli temporanei;
- cavidotto AT.

La movimentazione dei terreni per lo scavo dei cavidotti sarà limitata alle zone di scavo stesso (il terreno viene accantonato nei pressi dello scavo stesso) e per i brevi periodi necessari alla posa dei cavi.

Nella tabella seguente è riportato il dettaglio degli esuberi.

Tabella 3:Riepilogo movimenti materia opere civili

	CER	Scavo [m³]	Riporto altri scavi [m³]	Volume di terreno oltre lo scotico da gestire a fine lavori [m³]
ROAD T01	CER 17.05.04	151917	9328	-28491
ROAD T02	CER 17.05.04			
ROAD T03	CER 17.05.04			
ROAD T04	CER 17.05.04			
ROAD T05	CER 17.05.04			
ROAD T06	CER 17.05.04			
ROAD T07	CER 17.05.04			
ROAD T08	CER 17.05.04			
ROAD T09	CER 17.05.04			
BYPASS	CER 17.05.04			
AREA CANTIERE	CER 17.05.04			
Scavo terreno (rifiuto) pali di fondazione (mc)	CER 17.05.07		3256	
Esuberato terreno cavidotti (mc)	CER 17.05.04		1059	
Esuberato terreno plinti di fondazione	CER 17.05.04		5400	
Esuberato proveniente da demolizioni di conglomerato	CER 17.03.02		204	
Esuberato cls proveniente dalle demolizioni delle piste	CER 17.01.01		0	
Volume complessivo di materiale in esuberato			-18571	
	TOT. CER 17.05.04 Esuberato di terreno oltre scotico		-22031	

Tabella 4: Movimento materie, volumi di scavi e riporti cavidotti

ID_Tracciati cavidotti	Lunghezza Scavo [m]	Larghezza Scavo [m]	Profondità [m]	Viabilità	Scavo [m³]	Riempimento [m³]	Volume di terreno in esuberato [m³]	Lunghezze cavi [m]
Cavidotto esterno	2443	1	1.1	1205 m su strada asfaltata (4A) + 705 m su terreno (4B) + 533 m su strada mistata (4C)	2687	2443	244	9772
T01-1	160	0.5	1.1	160 m su strada terreno (2B)	88	80	8	320
2-1	2100	1	1.1	2100 m su strada mistata (4C)	2310	2100	210	8400
T02-2	2443	1	1.1	1205 m su strada asfaltata (4A) + 705 m su terreno (4B) + 533 m su strada mistata (4C)	2687	2443	244	9772
3-2	160	0.5	1.1	160 m su strada terreno (2B)	88	80	8	320
T03-3	2100	1	1.1	2100 m su strada mistata (4C)	2310	2100	210	8400
4-3	596	0.5	1.1	6 m su strada mistata (2C) + 590 m su terreno (2B)	328	298	30	1192
T04-4	557	1	1.1	557 m su strada mistata (4C)	613	557	56	2228

ID_Tracciati cavidotti	Lunghezza Scavo [m]	Larghezza Scavo [m]	Profondità [m]	Viabilità	Scavo [m ³]	Riempimento [m ³]	Volume di terreno in esubero [m ³]	Lunghezze cavi [m]
5-4	307	0.5	1.1	3 m su strada mistata (1C) + 304 m su terreno (1B)	169	154	15	307
T05-5	490	1	1.1	490 m su strada mistata (3C)	539	490	49	1470
6-5	624	0.5	1.1	624 m su terreno (2B)	343	312	31	1248
T06-6	728	1	1.1	265 m su strada mistata (3C) + 463 m su strada asfaltata (3A)	801	728	73	2184
7-6	544	0.5	1.1	538 m su terreno (1B) + 6 m su strada asfaltata (1A)	299	272	27	544
T09-7	1735	0.5	1.1	1735 m su strada asfaltata (2A)	954	868	87	3470
8-7	922	0.5	1.1	918 m su terreno (2B) + 4 m su strada asfaltata (2A)	507	461	46	1844
T07-8	148	0.5	1.1	148 m su strada asfaltata (2A)	81	74	7	296
T08-8	327	0.5	1.1	327 m su terreno (1B)	180	164	16	327

Il materiale proveniente dagli scavi sarà accantonato temporaneamente nei pressi degli stessi siti di scavo (ad esempio nelle piazzole dei singoli aerogeneratori) e riutilizzato all'interno dello stesso sito o trasportato in altro sito all'interno del cantiere-impianto eolico per poi essere in seguito utilizzato per il ripristino di quelle aree da riportare alla situazione ante operam.

Dal momento che l'area delle piazzole di stoccaggio pale e delle aree adibite ad ospitare le gru ausiliarie verrà ripristinata, la stessa sarà rinaturalizzata mediante ricoprimento di terreno vegetale proveniente dallo scotico in fase di realizzazione e opportunamente stoccato.

Il volume di terreno in esubero complessivo a fine lavori è pari a ca. **-22.031** mc considerando le opere civili e i terreni in esubero delle fondazioni e dei cavidotti, dunque bisognerà convogliare in sito circa 20000 mc di terreno.

(cfr. "Piano preliminare di utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti" per maggiori informazioni).

5 Ripristini e stato finale dell'opera

Al termine dei lavori, cioè quando non è più richiesta la presenza dei mezzi di trasporto di grandi dimensioni, "l'uso di suolo" sarà molto limitato in quanto molte delle aree impegnate in fase di cantiere verranno ripristinate al loro stato originario.

Si prevede, inoltre, la riduzione delle piazzole a servizio degli aerogeneratori ed il ripristino di tutti gli allargamenti temporanei, nonché delle aree di cantiere e trasbordo.

Tutte le scarpatine ai bordi della viabilità e delle piazzole definitive dell'impianto saranno oggetto di interventi di rinverdimento con specie arbustive ed arboree autoctone.

Le opere di ripristino del terreno vegetale superficiale possono attenuare notevolmente gli impatti sull'ambiente naturale, annullandoli quasi del tutto nelle condizioni maggiormente favorevoli. Tali opere hanno anche la finalità di evitare o limitare i fenomeni erosivi innescati dalla sottrazione e dalla modifica dei suoli. Inoltre, la ricostituzione della coltre erbosa può consentire notevoli benefici anche per quanto riguarda le problematiche legate all'impatto visivo.

Le stesse opere, inoltre, devono essere realizzate in funzione dello specifico sito di installazione del parco eolico, per cui la tipologia di piante e materiali impiegati a tale scopo dovrà essere adottata seguendo il criterio dell'uso di semine autoctone e materiali naturali.

Le aree che saranno ripristinate allo stato originario sono chiaramente evidenziate negli elaborati di progetto e possono essere così sintetizzate:

- piazzole di stoccaggio;
- piazzole di montaggio (saranno ridimensionate e la parte restante verrà ripristinata);
- scarpate delle piazzole di montaggio;
- aree per lo stoccaggio dei componenti e delle pale;
- aree per l'installazione del braccio della gru principale;
- allargamenti e manti stradali;
- area di cantiere e trasbordo.

Saranno ripristinati i manti stradali utilizzando quanto più possibile i materiali di risulta dello scavo stesso; naturalmente, dove il manto stradale sarà di tipo sterrato sarà ripristinato allo stato originale mediante un'operazione di costipatura del terreno, mentre dove eventualmente il manto stradale è in materiale asfaltato sarà ripristinato l'asfalto asportato.

Per le scarpate (zone in scavo e riporto) sono previste in generale pendenze contenute, in modo da poter intervenire quasi esclusivamente con riporti di terreno vegetale e, quindi, consentire un efficace ripristino del manto vegetale senza alcuna necessità di ricorso ad operazioni più complesse ed onerose.

6 Dimensionamento dell'impianto

Il sito in cui è prevista la realizzazione dell'impianto eolico in progetto interessa il territorio comunale di Orbetello.

Nella tabella sottostante sono illustrate le coordinate delle posizioni scelte per l'installazione degli aerogeneratori.

Tabella 5: ubicazione planimetrica degli aerogeneratori di progetto

WTG	Coordinate UTM-WGS84 fuso 32		Coordinate Gauss Boaga fuso ovest	
	E	N	X	Y
T01	684310	4714639	1684340	4714652
T02	682625	4714076	1682655	4714089
T03	682550	4713457	1682580	4713470
T04	682876	4712909	1682906	4712922
T05	682685	4712289	1682715	4712302
T06	681751	4711197	1681781	4711210
T07	681259	4710587	1681289	4710600
T08	680663	4711227	1680693	4711240
T09	682603	4710434	1682633	4710447

L'impianto è costituito da 9 aerogeneratori SG170-HH115 o similare, di grande taglia con potenza nominale unitaria pari a 6.6 MW forniti dalla società Siemens Gamesa:

L'aerogeneratore ha le seguenti caratteristiche dimensionali:

- altezza hub: 115 m
- diametro rotore: 170 m
- altezza al tip: 200 m

Negli studi ambientali e specialistici sono stati utilizzati i parametri in generale più penalizzanti per i diversi aspetti a favore di sicurezza per gli eventuali impatti potenziali previsti.

Il layout di impianto è scaturito tenendo in considerazione i seguenti fattori principali:

- condizioni geomorfologiche del sito;
- direzione principale del vento;
- vincoli ambientali e paesaggistici;
- distanze di sicurezza da infrastrutture e fabbricati;
- pianificazione territoriale ed urbanistica in vigore.

Il tutto come meglio illustrato negli studi specialistici facenti parte integrante del progetto.

6.1 Regime di vento del sito e disposizione ed orientamento degli aerogeneratori

Le valutazioni anemologiche di producibilità sono state effettuate considerando il modello di WTG SG170-HH115, della Siemens Gamesa o similare, con potenza nominale pari a 6.6 MW e complessiva di 59.4 MW.

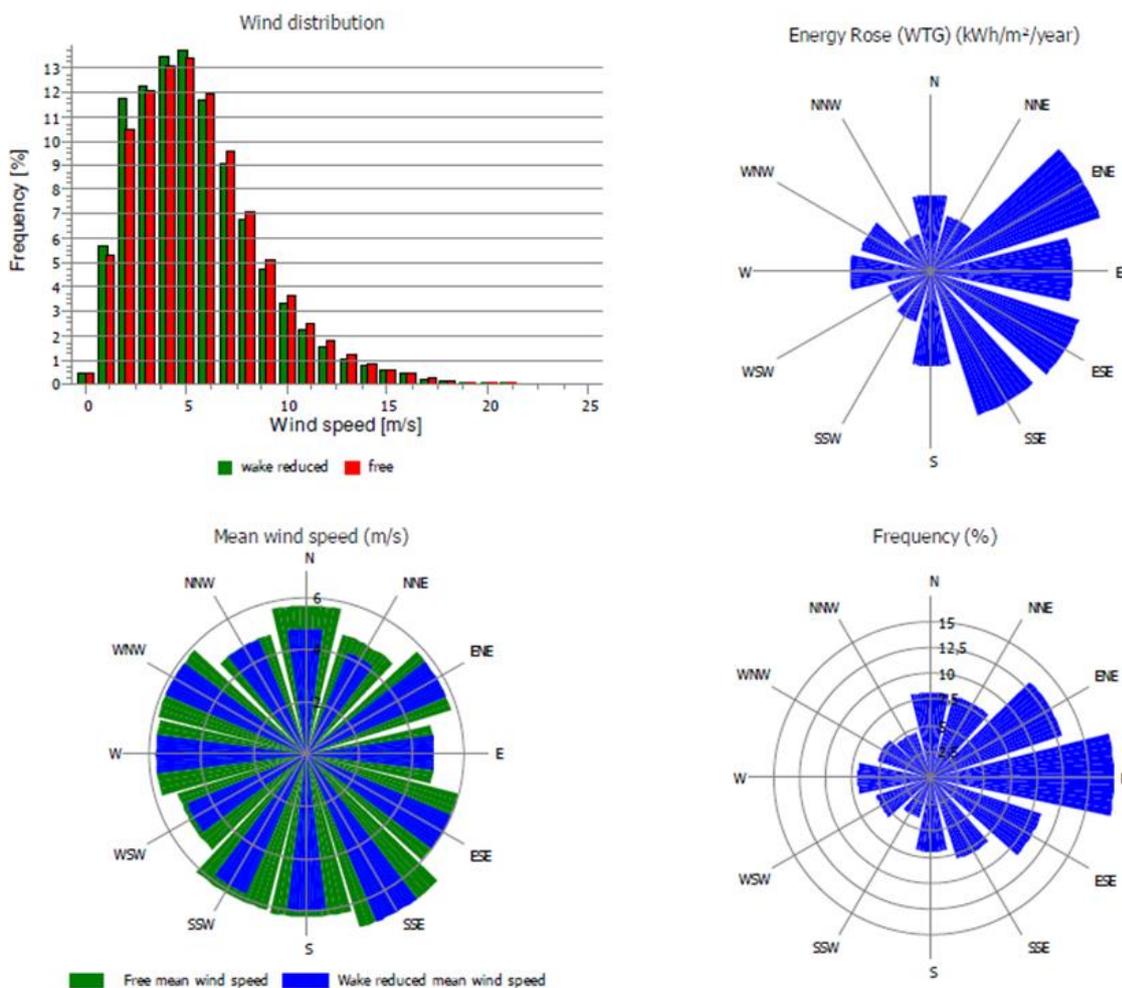


Figura 4: Analisi dei dati del vento

Nell'ambito del processo di progettazione di un impianto eolico e più in generale nelle fasi dello sviluppo del sito è necessario conoscere con una buona affidabilità la consistenza della risorsa eolica disponibile e quindi della sua produzione attesa.

6.2 Impianto elettrico

I cavi principali AT saranno dimensionati in modo tale che risulti soddisfatta la relazione:

$$I_b \leq I_z$$
$$\Delta V \% \leq 4\%$$

dove:

- I_b è la corrente di impiego del cavo;
- I_z è la portata del cavo, calcolata tenendo conto del tipo di cavo e delle condizioni di posa;
- $V\%$ è la massima caduta di tensione calcolata a partire dalla cabina di consegna fino all'aerogeneratore più lontano (massima caduta di tensione su ogni sottocampo).

Come sopra accennato, il parco eolico in progetto sarà connesso alla Rete di Trasmissione Nazionale per mezzo di una cabina di raccolta collegata alla future SE Terna nel territorio comunale di Orbetello.

Gli aerogeneratori del parco eolico saranno suddivisi in 4 circuiti (o sottocampi):

- Sottocampo 1: $6.6 \times 2 = 13.2$ MW (T08-T07-Cabina di raccolta);
- Sottocampo 2: $6.6 \times 2 = 13.2$ MW (T09-T06-Cabina di raccolta);
- Sottocampo 3: $6.6 \times 2 = 13.2$ MW (T05-T04-Cabina di raccolta);
- Sottocampo 4: $6.6 \times 3 = 19.8$ MW (T03-T02-T01-Cabina di raccolta);

Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "Orbetello" di potenza in immissione massima pari a 61,2 MW e relative opere connesse da realizzarsi nel comune di Orbetello (Gr)

Relazione tecnica delle opere civili

CIRCUITO	ESTERNO										Cavidotto esterno	
	T08-8	T07-8	T07-8	T07-8	8-7	7-6	6-5	5-4	4-3	3-2		2-1
TIPO CAVO	ALLUMINIO AREHSEE 20.8/36k											
Tensione trasporto	Vn	KV	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Cosfi			0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Sinffi	si		0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Potenza nominale	Pn	MW	6.60	6.60	13.20	13.20	13.20	13.20	13.20	13.20	13.20	13.20
Corrente di impiego	I _b	A	117.61	117.61	235.22	235.22	235.22	235.22	235.22	235.22	235.22	235.22
sezione cavo	S	mm ²	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
Lunghezza linea	L	m	1749	574	574	148	1735	728	490	557	2100	2443
Resistenza della linea	R _L	Ω / km	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
Reattanza della linea	X _L	Ω / km	0.116	0.116	0.116	0.116	0.116	0.116	0.116	0.116	0.116	0.116
Caduta di tensione	ΔV	V	58.1	19.1	38.1	9.8	115.3	48.4	32.6	37.0	139.5	162.3
	ΔV	%	0.16%	0.05%	0.11%	0.03%	0.32%	0.13%	0.09%	0.10%	0.39%	0.45%
PORTATA			VERIFICATO									

Circuito	Potenza	Tensione	cosfi	Corrente di utilizzo	Sezione cavo	Materiale cavo	Materiale Isolamento	Portata nominale	Temp. terreno	terne		Profondità di posa	Resistività termica	fattori di correzione				Portata cavo	
										numero	distanza			K1	K2	K3	K4	I _c	A
	P	Vn		I _b	S			I ₀	T °C	nr	m	m	K ^m /W	kt	kd	kp	kr	I _c	A
T08-8	6.6	36	0.9	117.61	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	1	0.25	1.0	1.5	0.94	1.00	0.97	1	337	310
T07-8	6.6	36	0.9	117.61	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	2	0.25	1.0	1.5	0.94	0.92	0.97	1	310	310
T07-8	13.2	36	0.9	235.22	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	2	0.25	1.0	1.5	0.94	0.92	0.97	1	310	310
8-7	13.2	36	0.9	235.22	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	1	0.25	1.0	1.5	0.94	1.00	0.97	1	337	310
7-6	13.2	36	0.9	235.22	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	2	0.25	1.0	1.5	0.94	0.92	0.97	1	310	310
6-5	13.2	36	0.9	235.22	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	2	0.25	1.0	1.5	0.94	0.92	0.97	1	310	310
5-4	13.2	36	0.9	235.22	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	3	0.25	1.0	1.5	0.94	0.84	0.97	1	283	283
4-3	13.2	36	0.9	235.22	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	3	0.25	1.0	1.5	0.94	0.84	0.97	1	283	283
3-2	13.2	36	0.9	235.22	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	4	0.25	1.0	1.5	0.94	0.80	0.97	1	270	270
2-1	13.2	36	0.9	235.22	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	4	0.25	1.0	1.5	0.94	0.80	0.97	1	270	270
Cavidotto esterno	13.2	36	0.9	235.22	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	4	0.25	1.0	1.5	0.94	0.80	0.97	1	270	270

Figura 5: Cadute di tensione e verifica portate Circuito 1



CIRCUITO	ESTERNO										Cavidotto esterno	
	T09-7	7-6	T06-6	T06-6	T06-6	6-5	5-4	4-3	3-2	2-1		
TIPO CAVO	ALLUMINIO AREHSEE 20,8/36k											
Tensione trasporto	Vn KV	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Cosfi		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Sinfi		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Potenza nominale	Pn MW	6,60	6,60	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20
Corrente di impiego	Ib A	117,61	117,61	235,22	235,22	235,22	235,22	235,22	235,22	235,22	235,22	235,22
sezione cavo	S mm ²	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
Lunghezza linea	L m	327	148	922	922	1735	728	490	557	2100	2100	21443
Resistenza della linea	Rl Ω / km	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
Reattanza della linea	Xl Ω / km	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116
Caduta di tensione	ΔV V	10,9	4,9	30,6	61,3	115,3	48,4	32,6	37,0	139,5	139,5	162,3
	ΔV %	0,03%	0,01%	0,05%	0,17%	0,32%	0,13%	0,09%	0,10%	0,39%	0,39%	0,45%
PORTATA		VERIFICATO										

CIRCUITO	Potenza P MW	Tensione Vn KV	Corrente di utilizzo Ib A	Sezione cavo S mm ²	Materiale cavo	Materiale isolamento	Portata nominale Ib A	Temp. terreno T °C	terne		Profondità di posa m	Resistività termica K ^o /m/W	fattori di correzione				Portata cavo Ic A	
									numero	distanza m			K1	K2	K3	K4		
T09-7	6,6	36	117,61	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	1	0,25	1,0	1,5	0,94	1,00	0,97	1	337	VERIFICATO
7-6	6,6	36	117,61	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	2	0,25	1,0	1,5	0,94	0,92	0,97	1	310	VERIFICATO
T06-6	6,6	36	117,61	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	2	0,25	1,0	1,5	0,94	0,92	0,97	1	310	VERIFICATO
T06-6	13,2	36	235,22	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	2	0,25	1,0	1,5	0,94	0,92	0,97	1	310	VERIFICATO
7-6	13,2	36	235,22	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	2	0,25	1,0	1,5	0,94	0,92	0,97	1	310	VERIFICATO
6-5	13,2	36	235,22	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	2	0,25	1,0	1,5	0,94	0,92	0,97	1	310	VERIFICATO
5-4	13,2	36	235,22	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	3	0,25	1,0	1,5	0,94	0,84	0,97	1	283	VERIFICATO
4-3	13,2	36	235,22	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	3	0,25	1,0	1,5	0,94	0,84	0,97	1	283	VERIFICATO
3-2	13,2	36	235,22	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	4	0,25	1,0	1,5	0,94	0,84	0,97	1	283	VERIFICATO
2-1	13,2	36	235,22	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	4	0,25	1,0	1,5	0,94	0,84	0,97	1	283	VERIFICATO
Cavidotto esterno	13,2	36	235,22	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	4	0,25	1,0	1,5	0,94	0,84	0,97	1	283	VERIFICATO

Figura 6: Cadute di tensione e verifica portate Circuito 2



ESTERNO									
CIRCUITO	T05-5	5-4	T04-4	T04-4	T04-4	4-3	3-2	2-1	Caviddotto esterno
TIPO CAVO	ALLUMINIO ARE4H5EE20,8/36k								
Tensione trasporto	Vn	KV	36	36	36	36	36	36	36
Cosfi	Cosfi		0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Sinfi	Sinfi		0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Potenza nominale	Pn	MW	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60
Corrente di impiego	I _b	A	117.61	117.61	117.61	117.61	117.61	117.61	117.61
sezione cavo	S	mm ²	240	240	240	240	240	240	240
Lunghezza linea	L	m	544	728	624	624	624	624	624
Resistenza della linea	R _L	Ω / km	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
Reattanza della linea	X _L	Ω / km	0.116	0.116	0.116	0.116	0.116	0.116	0.116
Caduta di tensione	ΔV	V	18.1	24.2	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7
	ΔV	%	0.05%	0.07%	0.06%	0.06%	0.06%	0.06%	0.06%
PORTATA			VERIFICATO						

Circuito	Potenza	Tensione	cosfi	Corrente di utilizzo	Sezione cavo	Materiale cavo	Materiale isolamento	Portata nominale	Temp. terreno	teme		Profondità di posa	Resistività termica	fattori di correzione				Portata cavo	
										numero	distanza			K1	K2	K3	K4	I _c	I _e
T05-5	6.6	KV	0.9	117.61	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	1	0.25	1.0	1.5	0.94	1.00	0.97	1	kr	A
5-4	6.6	36	0.9	117.61	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	3	0.25	1.0	1.5	0.94	0.84	0.97	1	283	283
T04-4	6.6	36	0.9	117.61	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	2	0.25	1.0	1.5	0.94	0.92	0.97	1	310	310
T04-4	13.2	36	0.9	235.22	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	2	0.25	1.0	1.5	0.94	0.92	0.97	1	283	283
4-3	13.2	36	0.9	235.22	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	3	0.25	1.0	1.5	0.94	0.84	0.97	1	283	283
3-2	13.2	36	0.9	235.22	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	4	0.25	1.0	1.5	0.94	0.84	0.97	1	288	288
2-1	13.2	36	0.9	235.22	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	4	0.25	1.0	1.5	0.94	0.84	0.97	1	288	288
Caviddotto esterno	13.2	36	0.9	235.22	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	4	0.25	1.0	1.5	0.94	0.84	0.97	1	288	288

Figura 7: Cadute di tensione e verifica portate Circuito 3



ESTERNO										
CIRCUITO	T03-3	3-2	T02-2	2-1	T01-1	T01-1	T01-1	Cav/dotto esterno		
TIPO CAVO	ALLUMINIO AREA4H5EE20,8/36k									
Tensione trasporto	Vn KV	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Cosfi		0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Sinfi	si	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Potenza nominale	Pn MW	6.60	6.60	13.20	13.20	13.20	13.20	19.80	19.80	19.80
Corrente di impiego	Ib A	117.61	117.61	235.22	235.22	235.22	235.22	352.83	352.83	352.83
sezione cavo	S mm ²	240	240	240	240	240	240	500	500	500
Lunghezza linea	L m	307	557	596	2'100	160	160	2'443	160	2'443
Resistenza della linea	Rl Ω / km	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.061	0.104	0.104
Reattanza della linea	Xl Ω / km	0.116	0.116	0.116	0.116	0.116	0.116	9.8	149.0	149.0
Caduta di tensione	ΔV V	10.2	18.5	39.6	139.5	10.6	10.6	9.8	0.03%	0.41%
	ΔV %	0.05%	0.05%	0.11%	0.39%	0.03%	0.03%	0.03%	0.03%	0.41%
PORTATA		VERIFICATO								

Circuito	Potenza	Tensione	costi	Corrente di utilizzo	Sezione cavo	Materiale cavo	Materiale isolamento	Portata nominale	Temp. terreno	CAVO			Resistività termica	fattori di correzione				Portata cavo	
										numero	teme	distanza		K1	K2	K3	K4		Ic
T03-3	6.6	36	0.9	117.61	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	1	0.25	1.0	1.5	0.94	1.00	0.97	1	337	VERIFICATO
3-2	6.6	36	0.9	117.61	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	4	0.25	1.0	1.5	0.94	0.80	0.97	1	270	VERIFICATO
T02-2	6.6	36	0.9	117.61	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	2	0.25	1.0	1.5	0.94	0.92	0.97	1	310	VERIFICATO
T02-2	13.2	36	0.9	235.22	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	2	0.25	1.0	1.5	0.94	0.92	0.97	1	310	VERIFICATO
2-1	13.2	36	0.9	235.22	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	3	0.25	1.0	1.5	0.94	0.84	0.97	1	283	VERIFICATO
T01-1	13.2	36	0.9	235.22	240	ALLUMINIO	EPR	370	25	4	0.25	1.0	1.5	0.94	0.84	0.97	1	283	VERIFICATO
T01-1	19.8	36	0.9	352.83	500	ALLUMINIO	EPR	545	25	4	0.25	1.0	1.5	0.94	0.84	0.97	1	417	VERIFICATO
Cav/dotto esterno	19.8	36	0.9	352.83	500	ALLUMINIO	EPR	545	25	4	0.25	1.0	1.5	0.94	0.84	0.97	1	417	VERIFICATO

Figura 8: Cadute di tensione e verifica portate Circuito 4

La rete di cavidotti AT si estende per circa 14.9 Km, i cavi verranno posati ad una profondità non inferiore a 100 cm, con un tegolo di protezione in prossimità dei giunti (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 avrà una larghezza variabile tra 50 e 100 cm.

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

Dove necessario si dovrà provvedere alla posa indiretta dei cavi in tubi, condotti o cavedi.

Le figure seguenti riportano alcune sezioni tipo del cavidotto:

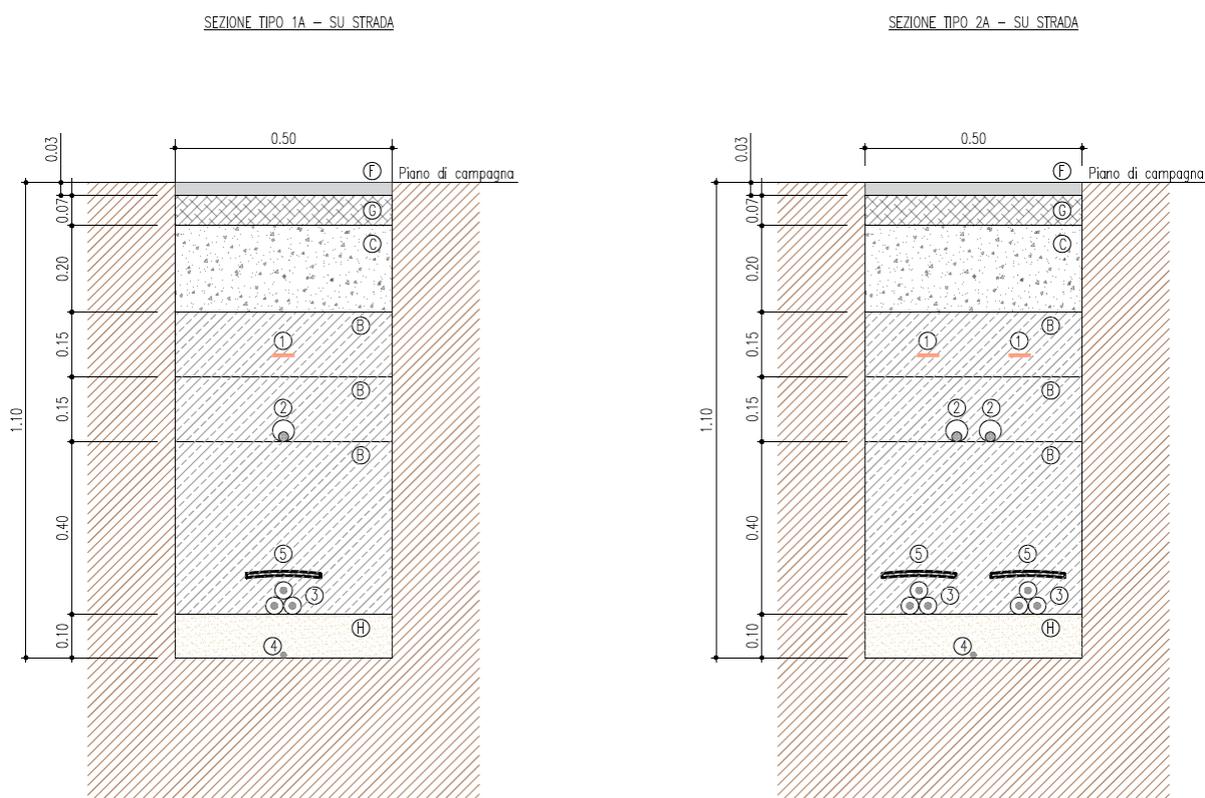
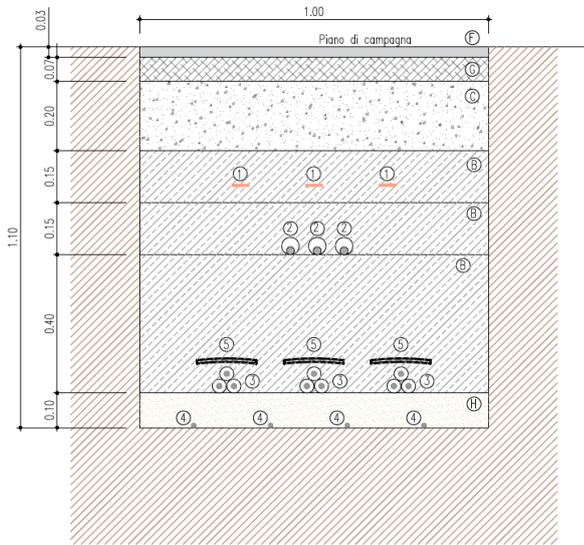


Figura 9: Tipologico cavidotto sez: 1A e 2A

SEZIONE TIPO 3A - SU STRADA



SEZIONE TIPO 4A - SU STRADA

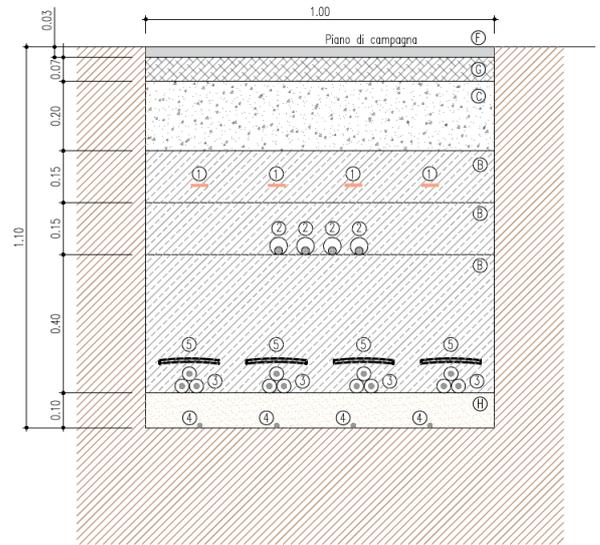
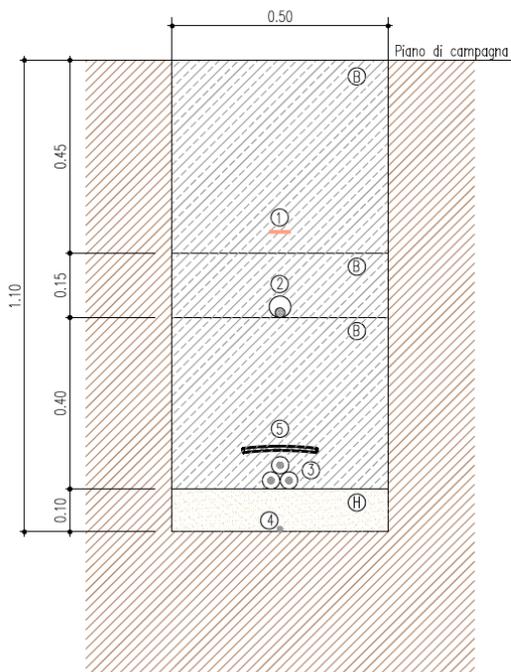


Figura 10: Tipologico cavidotto sez: 3A e 4A

SEZIONE TIPO 1B - SU TERRENO IN FREGIO ALLA VIABILITA'



SEZIONE TIPO 2B - SU TERRENO IN FREGIO ALLA VIABILITA'

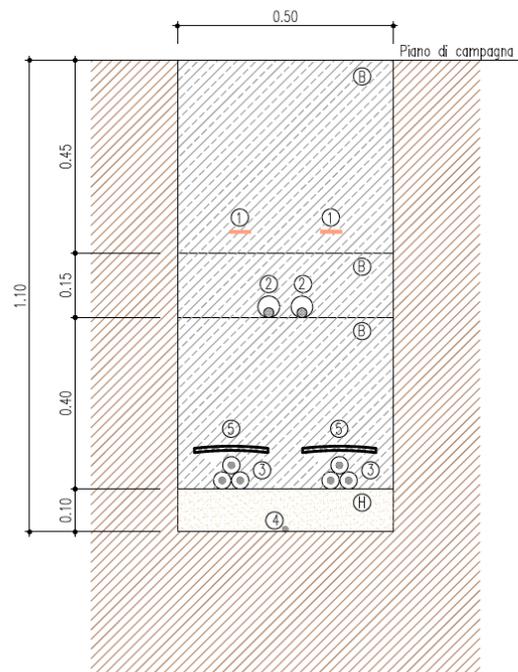


Figura 11: Tipologico cavidotto sez: 1B e 2B

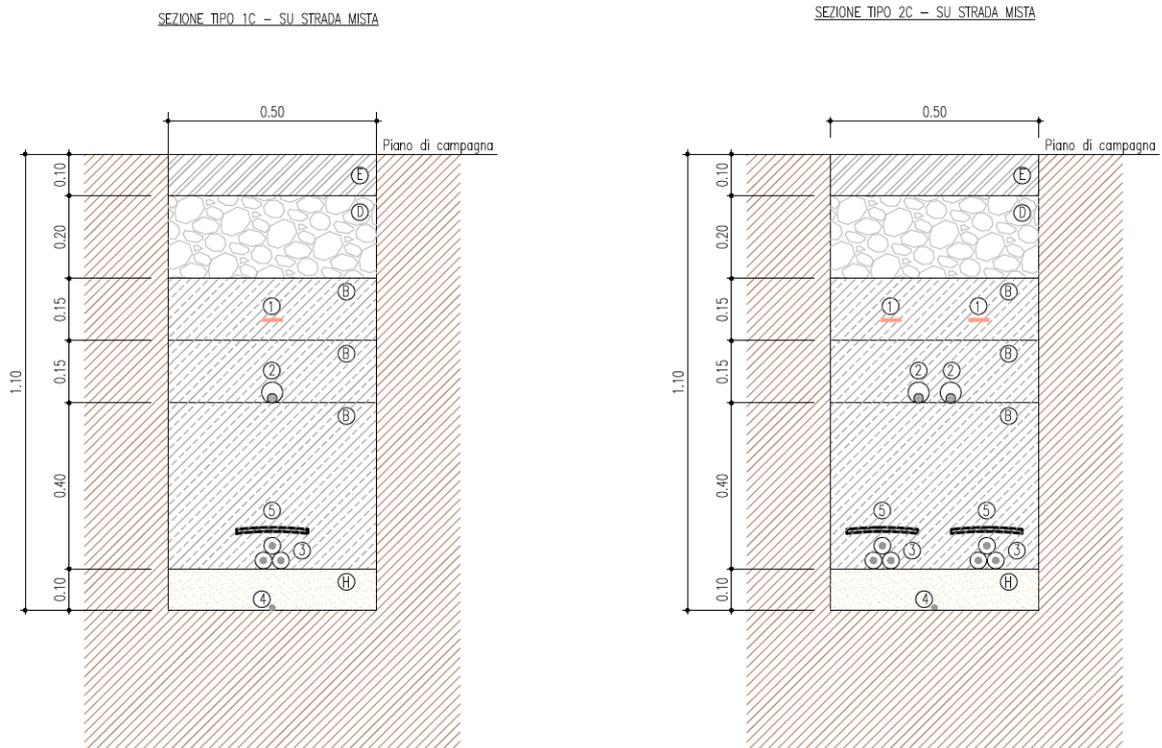


Figura 12: Tipologico cavidotto sez: 1C e 2C

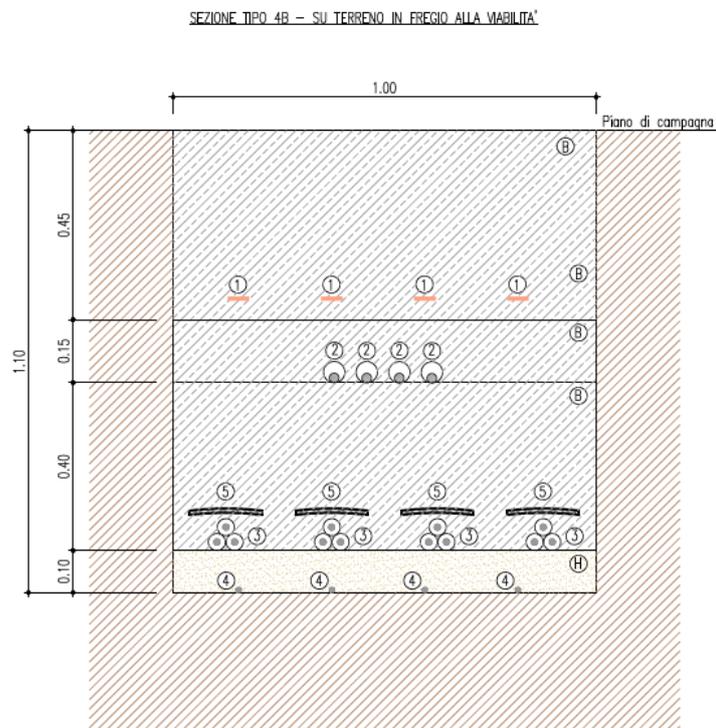


Figura 13: Tipologico cavidotto sez: 4B

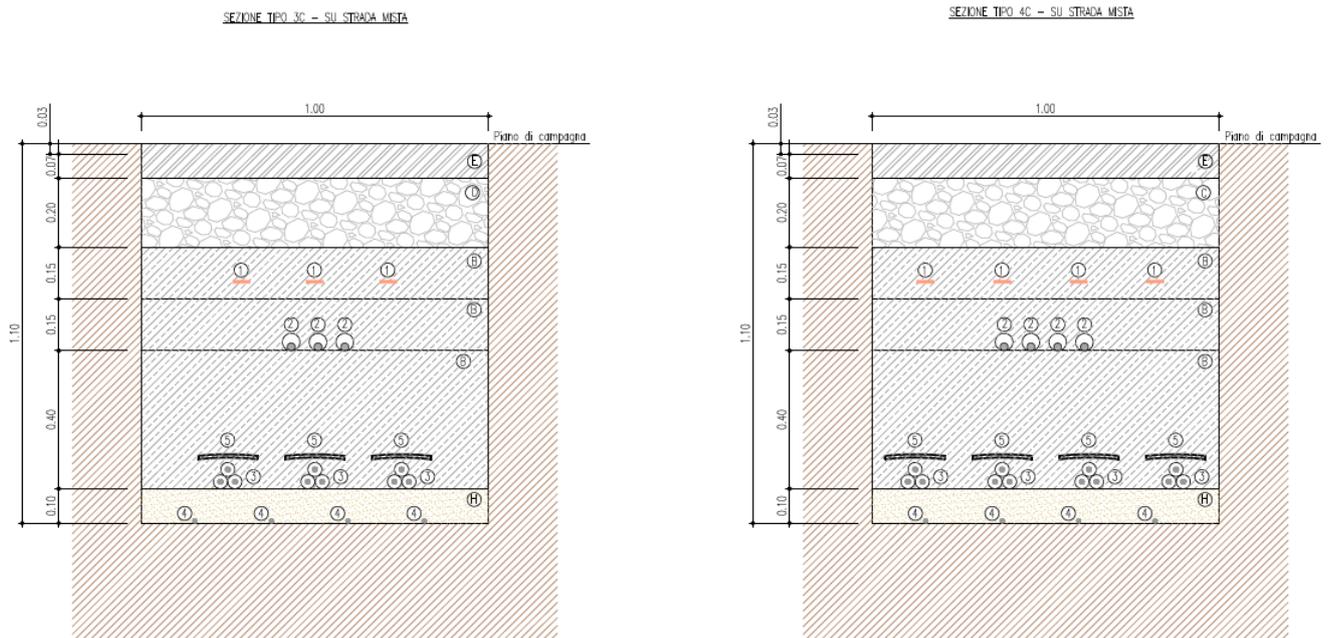


Figura 14: Tipologico cavidotto sez: 3C e 4C

LEGENDA	
(A) Beola in cls	(H) Sabbia \varnothing 0-3 mm
(B) Rinterro con terreno proveniente dagli scavi	(1) Nastro monitore
(C) Conglomerato cementizio C 15/25	(2) Fibra ottica in tubazione \varnothing 50
(D) Pietrisco \varnothing 70-120 mm	(3) Cavi MT
(E) Stabilizzato \varnothing 0-25 mm	(4) Cavo di terra
(F) Conglomerato bituminoso - Strato di base	(5) Tegolino di protezione
(G) Conglomerato bituminoso - Strato di collegamento (Bynder)	(6) Corrugato

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

Nel presente capitolo si effettua la valutazione del rischio di fulminazione delle strutture facenti parte dell'impianto eolico in oggetto, con riferimento al rischio di perdita di vita umana. Il calcolo non tiene conto del fatto che l'area in esame, data la sua collocazione, è caratterizzata da una scarsa presenza di persone, che di fatto riduce la probabilità di danno a valori inferiori a quelli risultanti dall'applicazione della suddetta procedura.

7.1 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
- nuovo impianto di trasformazione

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 EN 62305-2.

7.2 Calcolo delle componenti di rischio

L'impostazione della valutazione del rischio secondo la Norma CEI EN 62305-2 si basa sulle seguenti definizioni:

Sorgenti di danno

- S1: fulmine sulla struttura
- S2: fulmine in prossimità della struttura
- S3: fulmine sulla linea
- S4: fulmine in prossimità della linea

Tipo di danno

- D1: danno ad esseri viventi per elettrocuzione
- D2: danno materiale
- D3: guasto di impianti elettrici ed elettronici

Tipo di perdita

- L1: perdita di vite umane, alla quale è associato il rischio R1
- L2: perdita di servizio pubblico, alla quale è associato il rischio R2
- L3: perdita di patrimonio culturale insostituibile, alla quale è associato il rischio R3
- L4: perdita economica, alla quale è associato il rischio R4

Nel presente documento si fa riferimento alla sola perdita di vite umane (L1), in quanto le altre non sono di interesse per il caso specifico.

Componenti di rischio

Le singole componenti di rischio definite nella suddetta norma sono le seguenti:

Sorgente S1

- RA = componente relativa ai danni ad esseri viventi per elettrocuzione dovuta a tensioni di contatto e di passo all'interno della struttura e all'esterno in zone fino a 3 m attorno alle calate.
- RB = componente relativa ai danni materiali causati da scariche pericolose all'interno della struttura che innescano l'incendio e l'esplosione e che possono anche essere pericolose per l'ambiente.
- RC = componente relativa al guasto di impianti interni causata dal LEMP (impulso elettromagnetico del fulmine)

Sorgente S2

- RM = componente relativa al guasto di impianti interni causata dal LEMP (impulso elettromagnetico del fulmine)

Sorgente S3

RU = componente relativa ai danni ad esseri viventi dovuti a tensioni di contatto all'interno della struttura dovuta alla corrente di fulmine iniettata nella linea entrante nella struttura stessa.

RV = componente relativa ai danni materiali (incendio o esplosione innescati da scariche pericolose fra installazioni esterne e parti metalliche, generalmente nel punto d'ingresso della linea nella struttura) dovuti alla corrente di fulmine trasmessa attraverso la linea entrante.

RW = componente relativa al guasto di impianti interni causata da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura.

Sorgente S4

RZ = componente relativa al guasto di impianti interni causata da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura.

La Tabella seguente della Norma, di seguito riportata, associa le componenti di rischio ai rischi relativi a ciascun tipo di perdita.

Sorgente di danno	Fulminazione diretta della struttura (S1)			Fulminazione in prossimità della struttura (S2)	Fulminazione diretta di una linea entrante (S3)	Fulminazione in prossimità di una linea entrante (S4)		
	R _A	R _B	R _C	R _M	R _U	R _V	R _W	R _Z
Componente di rischio								
Rischio per ciascun tipo di perdita								
R1	X	X	X ⁽¹⁾	X ⁽¹⁾	X	X	X ⁽¹⁾	X ⁽¹⁾
R2		X	X	X		X	X	X
R3		X				X		
R4	X ⁽²⁾	X	X	X	X ⁽²⁾	X	X	X

⁽¹⁾ Solo nel caso di strutture con rischio di esplosione, di ospedali o di altre strutture, in cui i guasti di impianti interni provocano immediato pericolo per la vita umana

⁽²⁾ Soltanto in strutture ad uso agricolo in cui si può verificare la perdita di animali



Nel caso in esame, ove è di interesse il solo rischio R1 si ha pertanto:

$$R_1 = R_A + R_U + R_B + R_V$$

Il calcolo delle componenti di rischio è effettuato con le seguenti formule:

$$R_A = N_D \times P_A \times L_A \text{ dove: } L_A = r_t \times L_T \times n_z / n_t \times t_z / 8760$$

$$R_B = N_D \times P_B \times L_B \text{ dove: } L_B = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_z / n_t \times t_z / 8760$$

$$R_U = (N_L + N_{Dj}) \times P_U \times L_U \text{ dove: } L_U = r_t \times L_T \times n_z / n_t \times t_z / 8760$$

$$R_V = (N_L + N_{Dj}) \times P_V \times L_V \text{ dove: } L_U = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_z / n_t \times t_z / 8760 \text{ e}$$

dove:

- N_D = numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura
- N_L = numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta di una linea
- N_{Dj} = numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura adiacente
- P_A = probabilità di danno ad esseri viventi (fulminaz. sulla struttura)
- P_B = probabilità di danno materiale in una struttura (fulminaz. sulla struttura) P_U = probabilità di danno ad esseri viventi (fulminaz. sul servizio connesso)
- P_V = probabilità di danno materiale in una struttura (fulminaz. sul servizio connesso)
- L_T = percentuale media di vittime per elettrocuzione (D1) causato da un evento pericoloso
- L_F = percentuale media di vittime per danno materiale (D2) causato da un evento pericoloso
- r_t = fattore di riduzione dipendente dal tipo di terreno o pavimentazione
- r_p = fattore di riduzione delle perdite correlato alle misure antincendio
- r_f = fattore di riduzione delle perdite correlato al carico di incendio
- h_z = fattore che incrementa le perdite in presenza di pericoli particolari n_z = numero delle persone nella zona
- n_t = numero di persone nella struttura
- t_z = tempo in ore all'anno per cui le persone sono presenti nella zona

Individuazione delle strutture da proteggere e delle linee ad esse collegate

Per l'impianto in oggetto le strutture da proteggere sono le seguenti:

- Aerogeneratori (A)
- Stazione elettrica (C)

Il collegamento tra tali strutture è schematizzato nella seguente figura seguente.

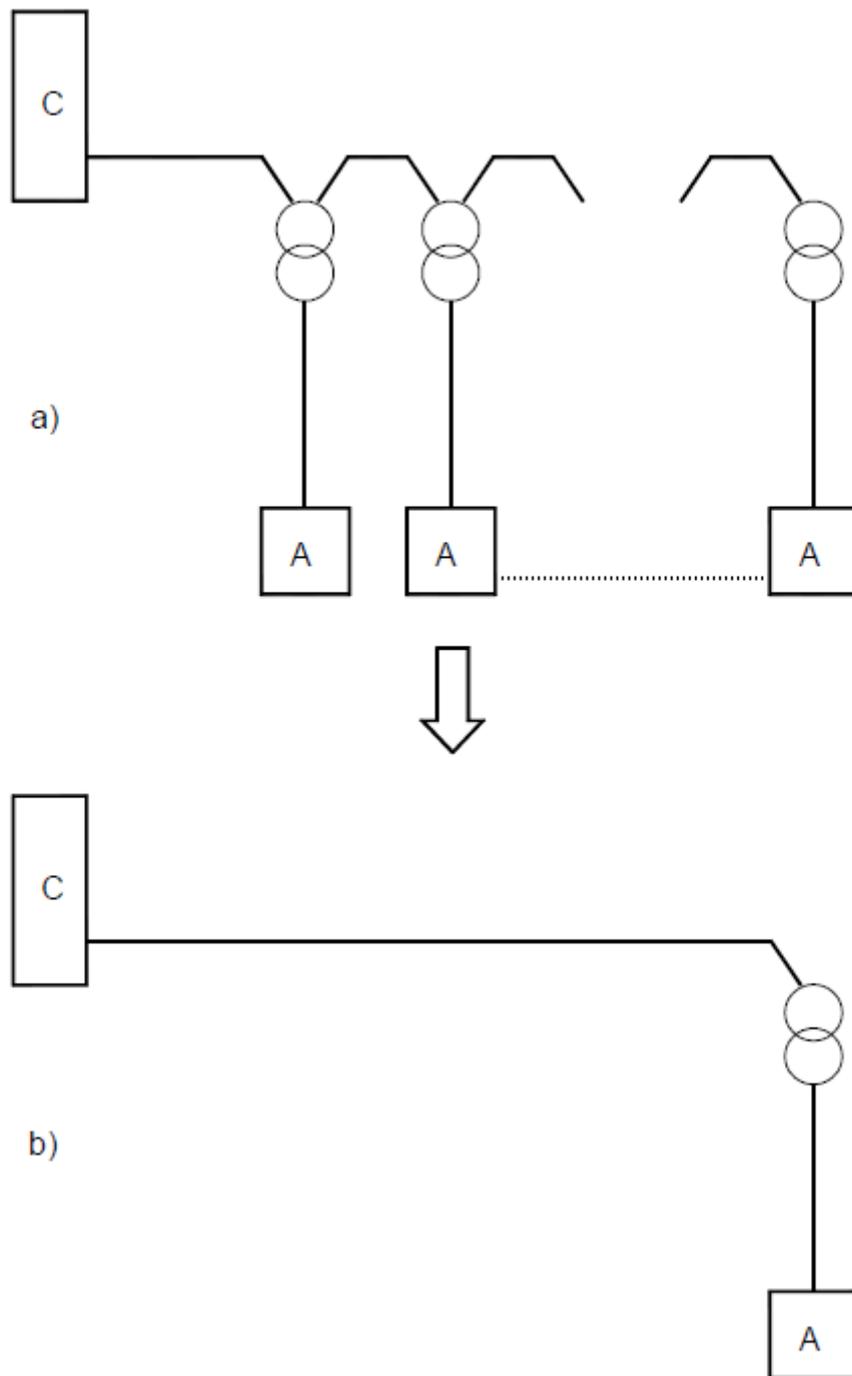


Figura 15: schemi di collegamento

Sulla base delle caratteristiche delle strutture in esame e delle modalità di collegamento tra di esse si può affermare quanto segue:

- relativamente agli aerogeneratori, la componente N_{Da} che tiene conto del rischio di danno materiale causato da un fulmine che colpisce la struttura connessa a quella in esame, può ritenersi nullo, in quanto gli aerogeneratori sono tra loro separati da due trasformatori. Pertanto, ai fini del calcolo del rischio dovuto a fulminazione indiretta lo

- schema equivalente da considerare è quello di figura (b), dove sono state trascurate le connessioni fra aerogeneratori;
- relativamente alla cabina di consegna, la linea che alimenta il sottocampo, ai fini del calcolo della probabilità di fulminazione indiretta tale linea è schematizzata come un'unica linea equivalente;
 - ai fini del calcolo delle probabilità PU e PV, per tale linea è stata considerata cautelativamente una tensione di tenuta all'impulso $U_m = 6 \text{ kV}$, anche se, la loro tensione di tenuta all'impulso è senz'altro maggiore;
 - sempre ai fini del calcolo delle probabilità PU e PV, tale linea è caratterizzata da uno schermo avente resistenza $1 < R_s < 5 \text{ } \Omega/\text{km}$;
 - coefficienti di installazione CI delle linee sopra dette, riportati in tabella A.2 (Norma CEI 81-10), sono riferiti a $\rho = 400 \text{ } \Omega\text{m}$.

I parametri di base assunti per il calcolo del rischio di fulminazione sono i seguenti (desunti da una banca dati europea conforme alla guida CEI 81-30):

- $N_g = 1,80$ fulmini/anno/km² – area parco eolico;
- $N_g = 2,00$ fulmini/anno/km² – area SET.

Tipi di struttura: Struttura di tipo industriale

Tipo di suolo fino a 5m di distanza dalla struttura:

- Aerogeneratori: vegetale

Rischio di incendio:

- Aerogeneratori: ordinario
- Cabina di consegna: ordinario

Rischio ammissibile: 10^{-5} (n° morti/anno)

Coefficiente di posizione delle strutture:

- Aerogeneratori: $C_d = 2$ (struttura isolata sulla cima di una collina).

Sulla base dei risultati ottenuti attraverso l'utilizzo di apposito software (Impiantus - Fulmini ACCA Software) si può concludere che le strutture non autoprotette sono gli aerogeneratori, a causa dell'elevata componente di rischio RA.

Per quanto riguarda gli aerogeneratori, per ridurre la componente di rischio RA, secondo la Tabella B.2 della Norma verrà adottato un LPS di classe I unito ad un adeguato sistema disperdente per limitare le tensioni di passo e contatto.

In tal modo i nuovi valori del rischio calcolato R saranno compatibili con la normativa di settore.

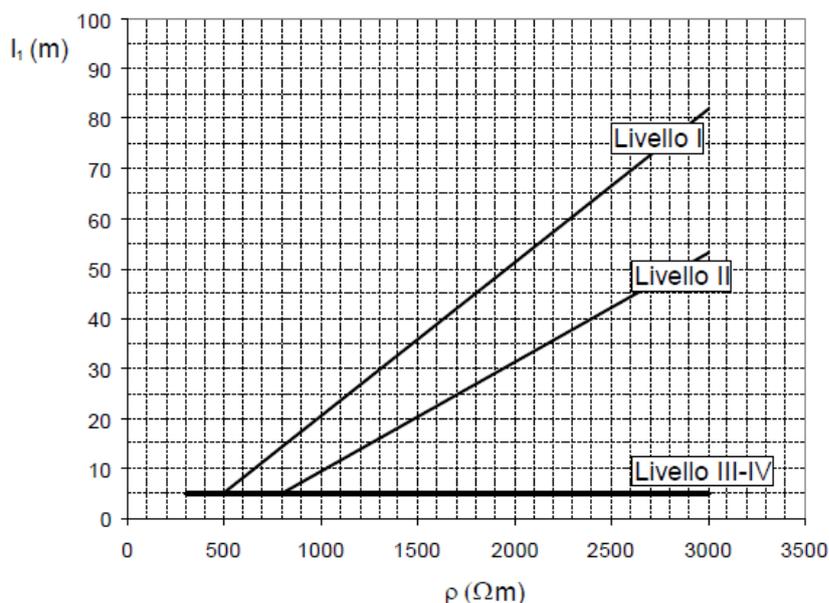
7.3 Verifica del dispersore dell'aerogeneratore ai fini della protezione contro i fulmini

La verifica si riferisce al dispersore dell'aerogeneratore il quale dovrà assolvere agli scopi di protezione contro i contatti indiretti e di protezione contro le scariche atmosferiche (LPS).

Il dispersore sarà posato intorno alla struttura dell'aerogeneratore e sarà formato da almeno quattro anelli di cui tre posati sopra la fondazione ed uno annegato all'interno della stessa. Gli anelli saranno collegati tra loro nel collettore principale.

Con riferimento alla Norma CEI EN 62305-3 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 I_1 rilevato dal grafico riportato nella figura seguente (vedi Fig.2 par.5.4.2.1 Norma CEI EN 62305-3), secondo i livelli di protezione I, II, III, IV rispettivamente.

Nel caso in oggetto, poiché il LPS è di livello I nel caso dell'aerogeneratore e la resistività del suolo è pari a $100 \Omega m$, si ha di $I_1 = 5 m$.



Lunghezza minima degli elementi del dispersore in funzione dei livelli di protezione (il III e IV sono indipendenti dalla resistività del suolo)

Dovrà essere pertanto:

$$r \geq 5m$$

Nel caso dell'aerogeneratore risulta che il raggio del cerchio equivalente all'area del dispersore di terra dell'aerogeneratore misura 13 m circa; pertanto, è conforme alla suddetta prescrizione normativa.