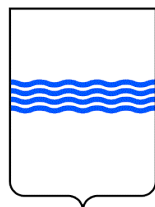


# PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN POTENZA NOMINALE 54.6 MW

REGIONE  
BASILICATA



PROVINCIA  
di POTENZA



ATELLA



AVIGLIANO



COMUNI di  
FILIANO



SAN FELE



POTENZA



Località "Agrifoglio"

Scala:

Formato Stampa:

-

A4

## PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO

**A.15**

DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

Progettazione:

Committenza:



**R.S.V. Design Studio S.r.l.**

Piazza Carmine, 5 | 84077 Torre Orsaia (SA)  
P.IVA 05885970656  
Tel./fax: +39 0974 985490 | e-mail: info@rsv-ds.it



**Ripawind S.r.l.**

Via della Tecnica, 18 | 85100 Potenza (PZ)  
P.IVA 01960620761  
Indirizzo pec: ripawindsrl@pec.it



Catalogazione Elaborato

PZ\_AGF\_A15\_DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI.pdf  
PZ\_AGF\_A15\_DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI.doc

Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Luglio 2023	Prima emissione	RV	QV/AS	RSV

Il presente elaborato è di proprietà di R.S.V. Design Studio S.r.l. Non è consentito riprodurlo o comunque utilizzarlo senza autorizzazione scritta di R.S.V. Design Studio S.r.l.

## SOMMARIO

---

<b>SOMMARIO</b>	<b>1</b>
<b><u>1. PREMESSA</u></b>	<b><u>3</u></b>
<b><u>2. STRADE DI ACCESSO AL PARCO EOLICO E DI COLLEGAMENTO TRA GLI AEROGENERATORI</u></b>	<b><u>3</u></b>
2.1 STRADE DI ACCESSO E VIABILITA' DI SERVIZIO	3
2.2 FASE 1: STRADE DI CANTIERE	4
2.3 FASE 2: STRADE DI ESERCIZIO	7
2.4 ONERI, PRESCRIZIONI ESECUTIVE PER PARTICOLARI TIPI DI OPERE CONNESSE ALLA REALIZZAZIONE DELLA VIABILITÀ, E CRITERI DI MISURAZIONE	8
2.5 PRESCRIZIONI ESECUTIVE PER RIPORTI E RILEVATI	8
2.6 ONERI COMPRESI	12
2.7 NORME DI MISURAZIONE	12
2.8 PIAZZOLA DI MONTAGGIO E DEI COMPONENTI DELL' AEROGENERATORE	19
<b><u>3. LAVORI DI SCAVO PER LA REALIZZAZIONE DEL PIANO DI POSA DEI PLINTI DEGLI AEROGENERATORI E RIPRISTINO FINALE</u></b>	<b><u>22</u></b>
3.1 OPERE DI SCAVO PER L' ESECUZIONE DEI PLINTI	22
3.2 ONERI, PRESCRIZIONI ESECUTIVE PER PARTICOLARI TIPI DI OPERE CONNESSE ALLA REALIZZAZIONE DEGLI SCAVI, E CRITERI DI MISURAZIONE.	23
3.3 REALIZZAZIONE DEI PLINTI DI FONDAZIONE	28
3.4 DISPOSIZIONI VALEVOLI PER OGNI PALIFICAZIONE PORTANTE.	32
3.5 STRUTTURE DI CEMENTO ARMATO NORMALE	33
3.6 SPECIFICAZIONE DELLE PRESCRIZIONI TECNICHE	34
<b><u>4. CARATTERISTICHE FISICHE E TECNICHE DELL'INTERVENTO</u></b>	<b><u>36</u></b>
4.1 COMPONENTI DELL'IMPIANTO	36
4.2 CONDIZIONI DI FUNZIONAMENTO	39
4.3 DESCRIZIONE COMPONENTI DELL' AEROGENERATORE	39
4.4 UNITA' DI CONTROLLO E DI POTENZA	41
4.5 PROTEZIONE DA FULMINI E RETE DI TERRA A SERVIZIO DELL' AEROGENERATORE	42
4.6 TORRE DI SOSTEGNO	43

4.7	FONDAZIONI	44
4.8	RETE DI CAVIDOTTI PER LA TRASMISSIONE DELL'ENERGIA PRODOTTA E PER IL CONTROLLO DELL'IMPIANTO	45
4.9	RETE DI TERRA	45
4.10	ALLACCIAMENTO ALLA RETE	46
<u>4.11</u>	<u>STORAGE SYSTEM</u>	<u>47</u>
<u>5.</u>	<u>STAZIONE ELETTRICA RETE-UTENTE</u>	<u>49</u>

## 1. PREMESSA

---

La presente relazione ha l'obiettivo di specificare tutti i contenuti prestazionali e tecnici degli elementi previsti nel progetto di parco eolico proposta dalla società Ripawind Srl e da realizzarsi in agro dei comuni di Atella, Avigliano, Filiano, Potenza e San Fele (PZ).

Il disciplinare espone inoltre la descrizione delle caratteristiche, della forma, dei materiali previsti e delle dimensioni dell'intervento. Quindi di seguito, al fine della soluzione progettuale proposta, si procede all'esame delle caratteristiche fisiche e tecniche di tutti gli elementi del progetto nella sua interezza.

L'obiettivo dell'iniziativa imprenditoriale è quello di realizzare una centrale di produzione di energia elettrica da fonte eolica.

L'impianto eolico è costituito da:

1. Strade di accesso agli impianti;
2. N. 9 piazzole di montaggio degli aerogeneratori;
3. Linea elettrica in cavo per il collegamento delle varie cabine MT/BT interne alle torri con la stazione elettrica AT/MT;
4. N. 1 Stazione MT/AT, dove l'energia elettrica viene trasformata a 150 kV;
5. N. 9 aerogeneratori;
6. N. 1 storage con potenza massima pari a circa 30 MW.

## 2. STRADE DI ACCESSO AL PARCO EOLICO E DI COLLEGAMENTO TRA GLI AEROGENERATORI

---

### 2.1 STRADE DI ACCESSO E VIABILITA' DI SERVIZIO

---

Gli interventi di realizzazione e sistemazione delle strade di accesso all'impianto si suddividono in due fasi:

FASE 1 - STRADE DI CANTIERE (sistemazioni provvisorie)

FASE 2 - STRADE DI ESERCIZIO (sistemazioni finali)

La viabilità interna all'impianto risulterà costituita principalmente dall'adeguamento delle carrarecce esistenti, integrata da tratti di strade da realizzare *ex-novo*, per raggiungere le postazioni di macchina. I nuovi tracciati avranno lunghezze e pendenze delle livellette tali da seguire la morfologia propria del terreno evitando eccessive opere di scavo o di riporto così come si evince dalle tavole dei profili stradali del progetto definitivo e comunque in osservanza alle specifiche tecniche richieste dal fornitore degli aerogeneratori.

## 2.2 FASE 1: STRADE DI CANTIERE

---

Il percorso rappresentato nel progetto definitivo è stato concepito per far coincidere totalmente le strade di esercizio con quelle di cantiere, limitando le divisioni delle singole proprietà. Le strade durante la fase di cantiere dovranno avere una fondazione di imposta pari a una larghezza di circa 5 m e uno spessore di circa 50 cm, da uno strato di finitura per una larghezza di circa 6 m. e uno spessore di 10 cm, così come dettagliato nel relativo progetto esecutivo. Inoltre le livellette dovranno rispettare le specifiche del fornitore delle turbine e che sono indicate in circa al 6%. In questa fase la sezione stradale, avrà larghezza variabile, rispetto a quella standard pari a 4,5 m definita indicativamente nelle tavole delle sezioni stradali del progetto, al fine di permettere senza intralcio il transito dei mezzi di trasporto e di montaggio necessari al tipo di attività che si svolgeranno in cantiere in fase di trasporto e montaggio degli aerogeneratori. Piccole variazioni possono essere consentite, soprattutto per quel che riguarda la consistenza del corpo stradale che potrebbe subire delle riduzioni dello spessore (stimato mediamente in 60 cm), in tratti ove l'andamento e la consistenza del terreno lo consentono. Altre minime modifiche, possono essere consentite nel tracciato, sia planimetricamente che altimetricamente, al fine di ottimizzare il lavoro, ma garantendo sempre solidalmente:

- l'esecuzione ed il completamento di tutte le attività all'interno del campo (soprattutto passaggio degli automezzi e dei componenti),
- la percorribilità senza cedimenti e deformazioni localizzate della strada,
- l'occupazione dei suoli terreni contrattualizzati dalla Committente.

La viabilità dovrà comunque essere capace di permettere il transito nella fase di cantiere delle autogrù necessarie ai sollevamenti ed ai montaggi dei vari componenti dell'aerogeneratore, oltre che dei mezzi di trasporto dei componenti stessi dell'aerogeneratore, poiché tali automezzi saranno di consistenti peso e lunghezza.

Tale funzionalità della strada, che dovrà essere confermata dalle ditte che provvederanno ai trasporti ed ai montaggi degli aerogeneratori, sarà comunque garantita dal rispetto del progetto e delle specifiche tecniche e dall'osservanza di quanto disposto dalla Direzione Lavori.

L'adeguamento o la costruzione ex-novo della viabilità di cantiere deve obbligatoriamente essere tale da garantire il deflusso regolare delle acque e il convogliamento delle stesse nei compluvi naturali o artificiali oggi esistenti in loco.

Le opere di convogliamento delle acque saranno realizzate in maniera tale da evitare sversamenti non regimentati nei terreni adiacenti alle sedi stradali; pertanto dovranno prevedersi, caso per caso e secondo le specifiche sezioni stradali raccordate al naturale pendio del terreno, scoline di raccolta trasversali o ubicate ai margini della sezione stradale, e fossi di guardia posizionati a monte e al piede dei rilevati nei casi in cui la strada sia ricavata in trincea o in scavo e rinterro; particolare attenzione si dovrà prestare nei punti di raccordo tra la nuova viabilità e quella esistente, al fine di salvaguardare l'attuale sistema di convogliamento delle acque meteoriche e al fine di evitare sversamenti diretti delle acque provenienti dalle nuove opere stradali su quelle esistenti. Per ovviare a inconvenienti del genere si dovrà prevedere la posa eventuale di tubazioni metalliche che attraversano il corpo stradale e canali di raccolta per intercettare le acque e permettere il loro corretto convogliamento e deflusso. Tali accorgimenti andranno presi anche nei punti di raccordo tra la nuova viabilità e le piazzole necessarie per il montaggio degli aerogeneratori.

Tanto premesso le opere connesse alla viabilità di cantiere saranno costituite dalle seguenti attività:

**Tracciamento stradale:** comprende la determinazione dei punti fissi e delle quote di progetto della viabilità, la pulizia del terreno consistente nello scotico del terreno vegetale, il carico, trasporto a rifiuto o reimpiego del materiale; comprende lo sradicamento delle ceppaie e la selezione e l'accantonamento in situ del scotico erboso per il successivo reimpiego in fase di rinaturalizzazione delle aree di cantiere.

In ogni tratto stradale bisognerà prestare particolare attenzione alle alberature e agli arbusti esistenti, che dovranno essere salvaguardati anche per la natura stessa delle aree di intervento che, sebbene non soggette a vincolo idrogeologico, risultano di particolare pregio; qualora si rendano necessari, per la corretta esecuzione delle opere eventuali tagli di arbusti e/o alberature, l'appaltatore, prima di procedere, è tenuto obbligatoriamente a darne comunicazione alla Direzione Lavori, la quale, previa autorizzazione delle Autorità Competenti, darà l'eventuale autorizzazione.

**Formazione della sezione stradale:** comprende opere di scavo e formazione di rilevati nonché opere di consolidamento delle scarpate e dei rilevati nelle zone di maggiore pendenza; in particolare gli eventuali consolidamenti potranno essere realizzati facendo uso di gabbionate in pietrame, materiale ritenuto particolarmente idoneo per le caratteristiche drenanti, per le capacità di contenimento delle spinte, per la facilità di montaggio e smontaggio e per la predisposizione al facile attecchimento di specie arbustive. Le pendenze delle scarpate devono essere realizzate tenendo conto dell'auto portanza del terreno e devono garantire la stabilità anche in condizioni atmosferiche avverse.

I materiali di scavo possibilmente dovranno essere reimpiegati in situ sia per la formazione dei rilevati di altri tratti stradali che delle piazzole. Prima di riutilizzare il materiale scavato per la formazione dei rilevati, l'appaltatore dovrà essere autorizzato dalla Direzione Lavori, che provvederà a constatare l'idoneità del materiale da reimpiegare. Per quanto riguarda il riutilizzo in situ di materiale scavato per ripristinare le aree di cantiere, non necessarie alla fase di esercizio dell'impianto, l'Appaltatore dovrà separare e stoccare in aree predisposte, il terreno vegetale dal materiale arido, per consentire alla Direzione Lavori la constatazione delle caratteristiche dei materiali e per stabilirne quindi il loro corretto riutilizzo.

In nessun caso, seppure sollecitato dai proprietari, l'Appaltatore può disseminare nei terreni limitrofi il materiale scavato e non riutilizzabile, senza l'autorizzazione della Direzione Lavori; questo al fine di salvaguardare le caratteristiche del sito, per rispettare i criteri progettuali adottati e per tenere fede a quanto dichiarato in tutti gli elaborati grafici e descrittivi del progetto autorizzato.

**Formazione del sottofondo:** è costituito dal terreno, naturale o di riporto, sul quale viene messa in opera la soprastruttura, a sua volta costituita dallo strato di fondazione e dallo strato di finitura. La superficie di posa deve essere priva di acque stagnanti e sagomata secondo la pendenza trasversale prevista per la realizzazione del piano transitabile finale.

Quale che sia la natura dei terreni costituenti il sottofondo, esso deve essere opportunamente costipato ricorrendo ai più idonei rulli di costipamento, poiché per il sottofondo visto la mole di carichi che transiteranno all'interno del cantiere, si richiede un grado di costipamento maggiore o uguale al 95% della densità massima di riferimento (AASHTO Modificato), per uno spessore dell'ordine di 20 ÷ 40 cm. Qualora la natura del sottofondo sia tale per cui nonostante il corretto trattamento dello stesso non è possibile il raggiungimento del modulo suddetto si potrà ricorrere all'uso di materiale geotessile o di quant'altro l'appaltatore dovesse ritenere più opportuno.

**Realizzazione dello strato di fondazione:** è il primo livello della soprastruttura, ed ha la funzione di distribuire i carichi sul sottofondo. Lo strato di fondazione, costituito da un opportuno misto granulare di pezzatura 4/7 cm, deve essere messo in opera in modo tale da ottenere a costipamento avvenuto uno spessore di circa 40/45 cm. Il misto granulare richiesto, sia esso di cava che di frantumazione, deve essere costituito da elementi sani, duri, puliti, pertanto non potranno essere utilizzati misti granulari costituiti da clasti teneri, quali brecce calcaree, arenarie, tufi, pozzolane, ecc, e dovranno essere assolutamente assenti materiali dannosi, sia in forma pellicolare che come aggregati indipendenti.

Per il costipamento si raccomanda l'impiego di un rullo liscio vibrante di peso compreso tra 6 e 8 t, agente sulla superficie da trattare ad una velocità massima di 1,5 Km/h, ed inoltre ogni singola striscia deve essere rullata con un minimo di 6 passate, con una percentuale di ricoprimento maggiore o uguale al 25%, iniziando dai bordi esterni per terminare con la fascia centrale.

**Realizzazione dello strato di finitura:** costituisce lo strato a diretto contatto con le ruote dei veicoli e poiché non è previsto il manto bituminoso, al di sopra dello strato di base deve essere messo in opera uno strato di finitura per uno spessore finito di circa 10 cm, che si distingue dallo strato di base in quanto caratterizzato da una pezzatura con diametro massimo di 30mm, mentre natura e caratteristiche del misto, modalità di stesa e di costipamento, rimangono gli stessi definiti per lo strato di fondazione. Già in fase di cantiere dovrebbe essere realizzata la pavimentazione stradale costituita da: fornitura, stesa, inaffiamento e rullatura di uno strato di frantumato di cava di colore scuro di 3 cm, e la sagomatura della massicciata per il drenaggio spontaneo delle acque meteoriche, prevedendo altresì bande laterali di circa 50 cm costituite da materiale lapideo di maggiore pezzatura non costipato al fine di garantire il drenaggio delle acque.

### **2.3 FASE 2: STRADE DI ESERCIZIO**

---

La fase seconda prevede la regolarizzazione del tracciato stradale utilizzato in fase di cantiere, secondo gli andamenti precisati nel progetto della viabilità di esercizio; prevede altresì il ripristino della situazione ante operam di tutte le aree esterne alla viabilità finale e utilizzate in fase di cantiere nonché la sistemazione di tutti gli eventuali materiali e inerti accumulati provvisoriamente. L'andamento della strada dovrà essere regolarizzato e la sezione della carreggiata utilizzata in fase di cantiere dovrà essere ristretta a 4,00 ml, mentre tutti i cigli dovranno essere conformati e realizzati secondo le indicazioni della direzione lavori, e comunque riutilizzando terreno proveniente dagli scavi seguendo pedissequamente il tracciato della viabilità di esercizio. Le opere connesse alla viabilità di esercizio saranno così realizzate:

- eventuale ripristino finale della pavimentazione stradale già realizzata in fase di cantiere ed indicata al paragrafo precedente al punto **Realizzazione dello strato di finitura**;
- Sagomatura della massicciata per il drenaggio spontaneo delle acque meteoriche e eventuali ripristini delle bande laterali drenanti già previste in fase di cantiere;
- Modellazione con terreno vegetale dei cigli della strada e delle scarpate e dei rilevati;



- Ripristino della situazione ante operam delle aree esterne alla viabilità di esercizio, delle zone utilizzate durante la fase di cantiere.

## **2.4 ONERI, PRESCRIZIONI ESECUTIVE PER PARTICOLARI TIPI DI OPERE CONNESSE ALLA REALIZZAZIONE DELLA VIABILITÀ, E CRITERI DI MISURAZIONE**

---

### **I. scavi di sbancamento a sezione ampia**

Le relative specifiche sono analoghe a quelle descritte al capitolo 3 dedicato ai Lavori di scavo per la realizzazione del piano di posa dei plinti degli aerogeneratori e ripristino finale;

### **II. riporti e rilevati**

Si tratteranno esclusivamente i riporti eseguiti con:

- materiali provenienti da scavi e/o da depositi esistenti nell'area di cantiere;
- materiali provenienti da cave all'interno e/o all'esterno dell'area di cantiere.

In base alla destinazione i riporti vengono così distinti:

- a) riporti e/o rilevati destinati a costituire riempimento generale di aree per impianti fino alle quote di progetto;
- b) riporti destinati a costituire il corpo di rilevati stradali, escluse le fondazioni stradali propriamente dette;

L'esecuzione dei riporti, essendo subordinata al programma generale di esecuzione degli impianti, può subire variazioni, sia nel programma che nelle modalità esecutive.

Per i criteri da seguire nel progetto e nell'esecuzione dei lavori, per quanto non specificato, si rinvia alle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno della terra e delle opere di fondazione" contenute nel D.M. 11/3/1988, ed a quanto indicato nella Circolare del MINISTERO LL.PP. n. 30483 del 24/9/1988" in seguito "norme tecniche DM 11/3/88".

## **2.5 PRESCRIZIONI ESECUTIVE PER RIPORTI E RILEVATI**

---

### **I. Preparazione del piano di posa dei riporti**

Per la preparazione del piano di posa dei riporti, se necessario, si deve provvedere al taglio delle piante, all'estirpamento delle ceppaie, radici, arbusti, ecc. ed al loro trasporto fuori dall'area di cantiere. Si deve altresì provvedere all'asportazione dello strato superficiale di terreno vegetale.

La prefissata profondità di 20-30 cm relativa alla pulizia del terreno ed all'asportazione del terreno vegetale, può essere maggiorata qualora la Direzione Lavori lo ritenga necessario. La Direzione Lavori può richiedere che il terreno vegetale degli strati superficiali venga trattenuto ed accatastato ai lati dell'area per essere successivamente utilizzato per il rivestimento di scarpate, banchine, ecc. In tal caso l'Appaltatore deve assicurare il regolare smaltimento delle acque e che non venga ostacolato il lavoro di cantiere. Effettuata la rimozione dello strato di terreno vegetale, o raggiunta a seguito di sbancamento la quota d'imposta del riporto, deve essere eseguita, ove ritenuta necessaria a giudizio della Direzione Lavori, la compattazione del piano di posa del riporto con numero di otto passate di rullo compressore avente un peso minimo di 6 t.

Quando i riporti da eseguire devono poggiare su declivi con pendenza superiore al 15%, si deve provvedere all'esecuzione, lungo il pendio, di gradoni con inclinazione del 2-3% inversa a quella del terreno.

Qualora il riporto abbia uno spessore maggiore di 50 cm, la Direzione Lavori, a sua discrezione, può richiedere che il piano di posa dello stesso, per uno spessore di almeno 30 cm, venga compattato fino a raggiungere il 90% della densità AASHTO Modificata. La Direzione Lavori, potrà verificare il grado di costipamento; nel caso il limite sia inferiore al 90%, si dovrà operare affinché detto valore sia raggiunto, senza alcun onere da parte della Committente.

## **II. Materiali**

La Direzione Lavori indicherà per ogni riporto il tipo di terra richiesto, autorizzando preventivamente l'utilizzo di materiali proveniente da scavi eseguiti in cantiere;

Per la formazione dei riporti alle quote prescritte, devono essere impiegati, in generale, e salvo quanto più avanti prescritto, fino al loro totale esaurimento, tutti i materiali provenienti dagli scavi di qualsiasi genere eseguiti nel corso dei lavori, se e in quanto disponibili, ed adatti a giudizio della Direzione Lavori stessa;

In ogni caso prima di utilizzare tali materiali si deve chiedere l'autorizzazione alla Direzione Lavori. L'onere del loro trasporto dalla zona di scavo alla zona di utilizzazione nell'area di cantiere, è compreso nel prezzo dello scavo.

Qualora i materiali di cui sopra vengano a mancare in tutto o in parte, i materiali occorrenti devono essere prelevati da cave gestite da terzi, o da cave di prestito predisposte all'uopo dall'Appaltatore.

L'Appaltatore deve tener conto della distanza della/e cava/e dal luogo d'impiego.

Qualora si ricorra a cave di prestito, queste devono essere coltivate a totale cura e spese dell'Appaltatore in modo che, tanto durante l'esecuzione degli scavi, quanto a scavo ultimato, non si abbiano a verificare franamenti, ristagni d'acqua e comunque condizioni pregiudizievoli per la salute e l'incolumità pubblica. I materiali provenienti da cave, se diversi da quelli prescritti, per essere resi idonei alla formazione di riporti in conformità alle richieste, possono essere sottoposti ad adeguati trattamenti preliminari (vagliature, frantumazione, miscelazione od altro), tali da farli rientrare nel tipo di terra prescritta, il tutto a cura e spese dell'Appaltatore.

La necessità di procedere a tali trattamenti, nonché il tipo e le modalità esecutive del trattamento stesso, devono essere stabiliti tra Appaltatore e Direzione Lavori a seguito di indagini in situ e/o prove di laboratorio, eseguite a cura e spese dell'Appaltatore.

In casi particolari, e sempre previa autorizzazione della Direzione Lavori, le cave di prestito possono essere ubicate anche all'interno dell'area di cantiere.

### III. Esecuzione dei riporti

La stesa del materiale di formazione del riporto deve essere eseguita in strati di spessore proporzionato alla natura del materiale ed al mezzo costipante usato; comunque ogni strato non deve avere uno spessore superiore a 30 cm.

Ogni strato deve avere la pendenza necessaria per permettere un rapido smaltimento delle acque piovane, ma non superiore al 3%. L'umidità del materiale impiegato per ogni strato deve essere tale da rendere possibile il costipamento richiesto.

Sarà cura dell'Appaltatore operare mediante inumidimento con acqua erogata con adatto spruzzatore, o mediante essiccamento od altri trattamenti, affinché si rientri nei valori ottimali di umidità, qualora le condizioni delle terre differiscano dagli stessi.

La compattazione deve essere eseguita con mezzi idonei ed adatti, quando il caso lo richieda, ad eseguire i costipamenti in aree ristrette ed in presenza di fondazioni secondo quanto indicato al **Realizzazione dello strato di fondazione**.

Qualora vengano impiegati rulli costipatori, questi non devono avere peso inferiore a 6 t. La compattazione deve essere eseguita procedendo dai bordi dell'area da compattare verso il centro compiendo un sufficiente numero di passate, che in ogni caso non deve essere inferiore a 8.

Nella formazione dei riporti, devono essere riservati agli strati superiori i materiali migliori disponibili, siano questi provenienti da scavi d'obbligo, che da cave locali o di prestito.

Nei riporti costituiti con frammenti rocciosi, questi ultimi non devono avere dimensioni trasversali superiori a 20 cm.

Si deve avere cura di non lasciare vuoti tra i singoli ciottoli, provvedendo ad intasarli con materiale fine esente da limo, argilla e materiale organico, in modo da costituire una massa-base assestata e compattata. Si deve distribuire in modo uniforme nella parte inferiore del riporto i frammenti rocciosi più grossolani, riservando per gli strati superiori quelli di pezzatura inferiore a 10 cm.

Onde preservare il corpo del riporto dall'umidità eventualmente risalente per capillarità dal piano di posa, o per preservare lo stesso dall'eventuale presenza di acqua in movimento orizzontale al piede, qualora il riporto o il sottofondo siano costituiti da terre, la Direzione Lavori può ordinare all'Appaltatore di provvedere alla stesura sul piano di posa di un opportuno geotessile, da definirsi caso per caso in funzione delle caratteristiche delle terre, eseguendo, eventualmente, anche drenaggi adeguati.

Bisogna dare ai riporti, durante la loro formazione, quelle maggiori dimensioni richieste dall'assestamento

dei materiali impiegati, affinché al collaudo si abbiano dimensioni non inferiori a quelle di progetto.

Si devono consegnare i riporti con scarpate regolari e spianate con i cigli bene allineati e profilati, compiendo, durante l'esecuzione dei lavori e fino al collaudo, gli occorrenti ricarichi o tagli, la ripresa e la sistemazione delle scarpate e l'espurgo delle eventuali cunette.

L'impiego dei mezzi costipanti deve conferire in ogni caso, ai singoli strati di materiale, un grado di costipamento come indicato nel paragrafo precedente al punto **Preparazione del piano di posa dei riporti**.

#### **IV. Rivestimenti con terra vegetale**

Nella costruzione dei rilevati si deve tener conto, riducendo opportunamente la sezione del progetto del rilevato, che le scarpate a richiesta della Committente, possono venire rivestite con terreno vegetale per uno spessore di almeno 15 cm, ma non superiore a 20 cm; il terreno necessario può provenire sia dagli scoticamenti in cantiere, che da altra origine purché posseda, a giudizio della Direzione Lavori, caratteristiche tali da assicurare l'attecchimento e lo sviluppo della vegetazione. Il rivestimento con terreno vegetale deve essere eseguito procedendo a cordoni orizzontali, da costiparsi con mezzi idonei onde evitare distacchi e/o scoscendimenti.

## V. Inghiaimento superficiale

L'inghiaimento superficiale è un trattamento di finitura di aree non pavimentate, ottenuto eseguendo la stesa di ghiaietto o pietrischetto in uno strato uniforme e con superficie regolare. Il ghiaietto e il pietrischetto devono avere la pezzatura massima di 25 mm, con coefficiente di uniformità superiore a 4 e con meno del 5% di passante al setaccio 0,075 mm, classificabile nel gruppo "GW" secondo la Tabella U.S.C.S.

Il materiale deve essere perfettamente pulito ed esente da corpi estranei e lo spessore minimo dello strato non deve essere inferiore a 5 cm.

### 2.6 ONERI COMPRESI

---

Oltre agli oneri derivanti dalle prescrizioni di cui ai precedenti punti, l'Appaltatore deve considerare compresi nei prezzi anche i seguenti oneri:

- a) l'esecuzione dei tracciamenti e la predisposizione di tutte le modine occorrenti per l'esatta profilatura dei riporti;
- b) la predisposizione ed il disarmo di eventuali armature, impalcature, puntellamenti, e le relative perdite parziali o totali di legname e ferri all'uopo impiegati;
- c) approvvigionamento dei materiali, sia presso cave gestite da terzi che da cave di prestito, tanto in terreni privati che di Enti Pubblici e/o Demaniali, intendendosi compresa la sistemazione delle cave a lavori ultimati, nel caso si tratti di cave di prestito;
- d) realizzazione di rampe, piste di accesso, ecc. (scavi, riporti, costipamenti) le cui quantità non verranno contabilizzate;
- e) prove di laboratorio sui materiali, ed alle prove da effettuare per verificare il raggiungimento delle densità richieste. Le prove suddette sono definite, nel numero e nelle modalità, di comune accordo tra Committente e Appaltatore;
- f) eventuali trattamenti preliminari dei materiali, al fine di renderli idonei all'impiego.

### 2.7 NORME DI MISURAZIONE

---

Qualora il direttore dei lavori imponesse delle varianti, la contabilizzazione della variante rispetto al progetto avverrà come appresso descritto.

Il computo dei volumi sarà effettuato con il metodo delle sezioni raggugliate e avverrà a compattazione eseguita. All'atto della consegna dei lavori, l'Appaltatore deve eseguire in contraddittorio con la Committente il controllo delle quote effettive del terreno in base alle sezioni trasversali e la verifica delle distanze tra le sezioni stesse.

Il volume dei riporti deve essere determinato in base a tali rilievi ed a quelli da effettuare ad opere finite od a parti di esse purché finite, con riferimento alle quote di progetto. Nel calcolo del volume dei riporti deve essere computato anche quello corrispondente allo spessore dello scotico effettuato per raggiungere il piano di posa del riporto stesso, secondo le disposizioni della Committente.

Dal computo dei volumi devono essere detratti i volumi delle opere d'arte e di tutte quelle opere che venissero eseguite prima della formazione del riporto.

L'inghiaiamento viene valutato in base alla superficie effettiva dell'area trattata, deducendo quindi le superfici occupate da basamenti, canalette, cunicoli, pavimentazioni, ecc. la cui area sia superiore a 0,5 m<sup>2</sup>.

#### **I. Lavori stradali e pavimentazioni esterne**

L'esecuzione di strade e piazzali, potendo essere inserita nel programma generale di esecuzione di impianti industriali, può subire variazioni, sia nel programma che nelle modalità esecutive. Per quanto sopra l'Appaltatore non può richiedere maggiori compensi, a qualsiasi titolo, per lavori eseguiti in concomitanza con lavori di montaggi industriali. Fanno unicamente eccezione gli eventuali rifacimenti di quanto già eseguito, purché non causati da difetto dell'opera, e l'eventuale "fermo cantiere", se richiesti esplicitamente dalla Committente.

#### **II. Materiali e prescrizioni**

##### **Sottofondo**

Prima di procedere alla messa in opera dello strato di fondazione si deve rendere idonea la superficie del sottofondo, sia essa ricavata in scavo o costituita da riporto come indicato nel paragrafo 1.2 "Fase 1: strade di cantiere", al punto formazione del sottofondo.

##### **Strato di Fondazione**

Lo strato di fondazione, costituito da un opportuno misto granulare, deve essere messo in opera in due strati separati e sovrapposti, tali da ottenere a costipamento avvenuto uno spessore di 40-60 cm. Le due stese devono essere comunque tali per cui, prima del costipamento, lo spessore di ogni stesa non sia maggiore di 25 cm.

Il misto granulare richiesto, sia esso di cava che di frantumazione, deve essere costituito da elementi sani, duri, puliti. Salvo diversamente indicato in progetto, per lo strato di base non possono essere utilizzati misti granulari costituiti da clasti teneri, cioè da brecce calcaree, arenarie, tufi, pozzolane, ecc. Devono essere assolutamente assenti materiali dannosi, sia in forma pellicolare che come aggregati indipendenti.

Nel suo insieme il materiale deve soddisfare le seguenti caratteristiche:

dimensione massima del singolo clasto: 71 mm;

- fuso granulometrico compreso nei seguenti limiti:

Crivelli e setacci UNI mm	% passante in peso
71	100
40	75-100
25	60-85
10	35-65
5	25-55
2	15-40
0,4	7-22
0,075	2-10

- rapporto tra il passante al setaccio 0,075 ed il passante al setaccio 0,4 :  $\leq 2/3$ ;
- limite liquido e indice di plasticità alla frazione passante al setaccio 0,4: inferiori rispettivamente a 25 e 6;
- indice di portanza CBR, dopo 4 giorni di imbibizione in acqua, su campioni costipati in laboratorio con procedura AASHTO Modificata:  $\geq 50$ ;
- indice di portanza CBR su campioni costipati in laboratorio con procedura AASHTO Modificata per un valore in eccesso del 2% rispetto all'umidità ottimale:  $\geq 50$ .

Per il costipamento si rimanda al paragrafo 1.2 "Fase 1: strade di cantiere", al punto **Realizzazione dello strato di fondazione**.

Il costipamento viene considerato accettabile quando la densità in sito, per entrambi gli strati costituenti il livello, risulta maggiore o uguale al 95% della densità massima di riferimento (AASHTO Modificata) ed il modulo di deformazione "Md", ottenuto mediante prova di carico con piastra rigida, risulta uguale o maggiore a 40 MPa, relativamente al primo strato di fondazione, e a 70 MPa relativamente allo strato di base.

### **Strato di Finitura**

Qualora in progetto, non sia previsto il manto bituminoso, al di sopra dello strato di base deve essere messo in opera uno strato di finitura per uno spessore finito non minore di 10 cm, che si distingue dallo strato di base in quanto caratterizzato dal seguente fuso granulometrico:

Crivelli e setacci UNI mm	% passante in peso
30	100
15	70-100
10	50-85
5	35-65
2	25-60
0,4	15-30
0,075	5-15

Natura e caratteristiche del misto, modalità di stesa e di costipamento, densità e moduli "limite", rimangono gli stessi definiti per lo strato di fondazione. Unica eccezione l'indice di portanza CBR, che deve essere uguale o maggiore di 80.

### Materiali

I gabbioni e materassi devono essere costituiti da rete in filo di ferro con maglie esagonali a doppia torsione; i bordi devono essere rinforzati con filo di ferro e tutto il materiale deve essere fortemente zincato a bagno caldo con  $s^3$  40. I gabbioni ed i materassi devono essere cuciti in loco con apposito filo di ferro a formare la scatola con spigoli e lati regolari ben allineati. Gabbioni e materassi adiacenti devono essere collegati tra di loro mediante la stessa metodologia di cucitura, per rendere monolitica l'intera struttura. Il materiale di riempimento deve essere costituito da ciottoli o da pietrame sano e resistente, di dimensioni maggiori delle maglie. La posa del materiale deve avvenire in modo da garantire il massimo di riempimento. Durante il riempimento, debbono essere installati nei gabbioni tiranti orizzontali e/o verticali, in ragione media di 4 - 6 al  $m^3$ , in filo di ferro zincato.

A riempimento eseguito, i gabbioni ed i materassi devono essere chiusi e cuciti.

I gabbioni metallici saranno di forma prismatica, costituita da maglie esagonali a doppia torsione. Le dimensioni del filo, il peso e la capacità dei gabbioni saranno indicati di volta in volta dalla Direzione Lavori. I fili metallici costituenti la rete saranno zincati, ben galvanizzati e atti, a prova di analisi, a resistere per lunghissimo tempo all'effetto della ossidazione. Il riempimento dei gabbioni verrà effettuato con pietrame o ciottoli di dimensioni tali che non possano passare in alcun senso attraverso le maglie della rete.

Le fronti in vista saranno lavorate analogamente alle murature a secco con analogo onere di paramento. Per consentire il montaggio degli aerogeneratori dovranno essere previste una piazzola per ogni aerogeneratore di dimensioni tali da rispettare il progetto esecutivo.



Qualora l'orografia consenta di ricavare l'area necessaria in una porzione di terreno pianeggiante, dovrà predisporre lo scotico superficiale, la spianatura, il riporto di materiale vagliato e la compattazione di una superficie di circa 2500 mq, comprendente l'area della piazzola definitiva adiacente alla sede stradale. A

montaggio ultimato, solamente l'area attorno alle macchine (piazzola aerogeneratore) sarà mantenuta piana e sgombra da piantumazioni, prevedendone il solo riporto di terreno vegetale per manto erboso, allo scopo di consentire di effettuare le operazioni di controllo e/o manutenzione. L'area eccedente sarà invece ripristinata come ante operam, prevedendo il riporto di terreno vegetale, la posa in opera di gestuoia, la semina e l'eventuale piantumazione di cespugli ed essenze tipiche della flora locale. Qualora si dovesse operare in un terreno in pendenza, la piazzola stessa sarà realizzata in scavo rinterro e sarà ovviamente collegata alla sede stradale adiacente.

La realizzazione della piazzola di montaggio dell'aerogeneratore intesa come ubicazione e dimensionamento, avverrà secondo prescrizioni fornite dal costruttore e di comune accordo fra la DD.LL., l'appaltatore e la società che effettuerà i trasporti ed i sollevamenti per ottimizzare l'intervento e limitare l'eccessiva movimentazione di terreno intesa sia come scavo che come rilevato. Piccole variazioni possono essere consentite, soprattutto per quel che riguarda la consistenza del corpo stradale che potrebbe subire delle riduzioni dello spessore (stimato mediamente in 0,60 ml), ove la consistenza del terreno lo consente. Altre minime modifiche, rispetto a ciò che è previsto nel progetto esecutivo, possono essere consentite nel posizionamento, sia planimetricamente che altimetricamente, al fine di ottimizzare il lavoro, ma garantendo sempre solidalmente:

- l'esecuzione ed il completamento di tutte le attività all'interno del campo;
- la funzionalità della piazzola senza cedimenti e deformazioni localizzate;
- l'occupazione dei soli terreni contrattualizzati dalla Committente.

La realizzazione della piazzola potrà avvenire con l'utilizzo di qualsiasi tipo di mezzo meccanico che l'appaltatore riterrà opportuno, senza l'utilizzo di mine ed esplosivi e secondo le seguenti specifiche e fasi:

1. la prima fase prevede l'asportazione di un primo strato di terreno dello spessore di circa 50 cm che rappresenta l'asportazione dello strato di terreno vegetale, che l'appaltatore provvederà ad accantonare in un apposito sito all'interno dell'area di cantiere, per poter essere successivamente riutilizzato secondo quanto descritto successivamente, se necessario e previa autorizzazione della Direzione Lavori, provvederà al taglio delle piante, all'estirpazione delle ceppaie, radici ed arbusti ed al loro trasporto fuori dall'area di cantiere;

2. la seconda fase prevede l'eventuale asportazione dello strato inferiore di terreno fino al raggiungimento della quota del piano di posa della massicciata stradale secondo le indicazioni della Direzione Lavori. e/o del geologo designato dalla committenza; questa massa di terreno, nel caso in cui non dovesse essere riutilizzata nelle quantità e nei modi stabiliti dalla Direzione Lavori in qualunque altra attività del cantiere stesso, dovrà essere conferita a discarica autorizzata o comunque smaltita secondo legge;
3. la terza fase prevede, qualora la quota di terreno scoticato sia ad una quota inferiore a quella del piano di posa della massicciata stradale, la realizzazione di un rilevato con materiale proveniente da cave di prestito o con materiale di risulta del cantiere previa autorizzazione ed accertamento dell'idoneità del materiale stesso da parte della Direzione Lavori;
4. la quarta fase consisterà nella preventiva compattazione del piano di posa della massicciata secondo le modalità indicate nel paragrafo 1.1.1 fase 1 - strade di cantiere al punto formazione del sottofondo.
5. la quinta ed ultima fase prevede la realizzazione dello strato di fondazione o massicciata di tipo stradale come già indicata nel paragrafo apposito.

Per quanto non descritto e non specificato si rinvia alle " "norme tecniche DM 11/3/88" .

Le piazzole dovranno comunque essere capaci di resistere alle sollecitazioni derivanti dallo stazionamento e funzionamento delle autogrù e dei mezzi di trasporto necessarie ai sollevamenti ed ai montaggi dei vari componenti dell'aerogeneratore.

Tale funzionalità della singola piazzola dovrà essere confermata dalle ditte che provvederanno ai trasporti ed ai montaggi degli aerogeneratori e che comunque è garantita dal rispetto del progetto.

L'appaltatore dovrà inoltre provvedere, a propria cura e spese alla realizzazione e manutenzione delle opere necessarie affinché le acque eventualmente scorrenti sulla superficie del terreno siano deviate in modo che non abbiano a riversarsi negli scavi, togliendo ogni impedimento che si oppone al regolare deflusso delle acque, anche ricorrendo all'apertura di fossi di guardia, di canali fugatori, scoline, ecc., il tutto senza provocare danni ad altri manufatti ed opere, e senza causare interruzioni nei lavori in genere.

I materiali accantonati per un successivo riutilizzo non dovranno in alcun modo creare danni o impedimenti ai lavori ed alle altre attività del cantiere, alle proprietà pubbliche e private ed il libero deflusso delle acque scorrenti di superficie.

Se durante gli scavi saranno rinvenute opere, canalizzazioni, tubazioni, cunicoli o qualunque altro manufatto, previsto o imprevisto, l'appaltatore deve fare quanto necessario perché le opere suddette restino nella situazione originaria e non risultino danneggiate dai lavori in corso. La Direzione Lavori deve essere immediatamente avvisata dei suddetti rinvenimenti, sia per dare le istruzioni del caso, che per disporre, eventualmente, le opportune varianti del progetto. L'appaltatore è comunque responsabile dei danni che dovessero derivare dalla manomissione delle stesse. L'eventuale riparazione delle opere rinvenute e danneggiate ed i danni conseguenti sono a totale carico dell'appaltatore.

In caso di scavi in presenza d'acqua, si devono eseguire tutte le opere provvisorie necessarie e sufficienti, per il deflusso naturale delle acque freatiche degli scavi. Qualora risulti impossibile esaurire le acque con opere provvisorie, si devono utilizzare pompe o altri mezzi idonei, nel numero e con le portate e prevalenze tali da garantire la continuità dei lavori. Inoltre si dovranno adottare tutti gli accorgimenti atti ad evitare il dilavamento delle malte e dei calcestruzzi durante l'esecuzione dei getti di fondazione. In ogni caso qualora l'acqua venga eliminata mediante opere provvisorie o con l'utilizzo delle pompe, lo scavo è considerato all'asciutto ai fini della contabilità, e tutte le opere provvisorie ed eventuali noli saranno contabilizzati a parte. Qualora la committenza decida di non eseguire l'aggettamento delle acque, gli scavi sono considerati ai fini della contabilità come scavi in presenza d'acqua, purché il livello medio dell'acqua stabilito in contraddittorio sia superiore a 20cm.

Al termine dei lavori di montaggio degli aerogeneratori e del cablaggio della parte elettrica, si dovrà procedere al rinterro del plinto di fondazione con i materiali di risulta degli scavi preventivamente accantonati nell'area di cantiere, procedendo in due successive fasi.

La prima prevede il rinterro con il terreno non vegetale della parte inferiore dello scavo del plinto, la seconda prevede il riutilizzo del terreno vegetale preventivamente accantonato per riempire la parte superiore dello scavo. L'ultima fase costituisce la rinaturalizzazione delle aree circostanti l'aerogeneratore, pertanto nel rinterro del terreno vegetale si dovrà ricostituire il naturale andamento del terreno ante-opera, utilizzando tutti quei sistemi e mezzi che si ritengono necessari all'esecuzione dell'opera. Si dovrà garantire la necessaria stabilità dei pendii e delle quote del terreno per tutta la durata dell'impianto e contemporaneamente l'attecchimento e lo sviluppo della vegetazione ante-opera.

Questa fase di rinaturalizzazione riguarderà anche le piazzole di montaggio, che resteranno in opera per tutta la durata dell'impianto.

## 2.8 PIAZZOLA DI MONTAGGIO E DEI COMPONENTI DELL'AEROGENERATORE

### I. Piazzole di montaggio

Per consentire il montaggio degli aerogeneratori dovranno essere previste una piazzola per ogni aerogeneratore di dimensioni massime pari a 50 x 50 ml e superficie pari a circa 2500 mq ciascuna, che comportano le attività di seguito descritte. Qualora l'orografia consenta di ricavare l'area necessaria in una porzione di terreno pianeggiante, dovrà predisporre lo scotico superficiale, la spianatura, il riporto di materiale vagliato e la compattazione di una superficie di circa 2500 mq, comprendente l'area della piazzola definitiva adiacente alla sede stradale. A montaggio ultimato, solamente l'area attorno alle macchine (piazzola aerogeneratore) sarà mantenuta piana e sgombra da piantumazioni, prevedendone il solo riporto di terreno vegetale per manto erboso, allo scopo di consentire di effettuare le operazioni di controllo e/o manutenzione. L'area eccedente sarà invece ripristinata come ante operam, prevedendo il riporto di terreno vegetale, la posa in opera di geostuoia, la semina e l'eventuale piantumazione di cespugli ed essenze tipiche della flora locale. Qualora si dovesse operare in un terreno in pendenza, la piazzola stessa sarà realizzata in scavo rinterro e sarà ovviamente collegata alla sede stradale adiacente.

La realizzazione della piazzola di montaggio dell'aerogeneratore intesa come ubicazione e dimensionamento, avverrà secondo prescrizioni fornite dal costruttore e di comune accordo fra la DD.LL., l'appaltatore e la società che effettuerà i trasporti ed i sollevamenti per ottimizzare l'intervento e limitare l'eccessiva movimentazione di terreno intesa sia come scavo che come rilevato. Piccole variazioni possono essere consentite, soprattutto per quel che riguarda la consistenza del corpo stradale che potrebbe subire delle riduzioni dello spessore (stimato mediamente in 0,60 ml), ove la consistenza del terreno lo consente.

Altre minime modifiche, rispetto a ciò che è previsto nel progetto esecutivo, possono essere consentite nel posizionamento, sia planimetricamente che altimetricamente, al fine di ottimizzare il lavoro, ma garantendo sempre solidalmente:

- l'esecuzione ed il completamento di tutte le attività all'interno del campo;
- la funzionalità della piazzola senza cedimenti e deformazioni localizzate;
- l'occupazione dei soli terreni contrattualizzati dalla Committente.

La realizzazione della piazzola potrà avvenire con l'utilizzo di qualsiasi tipo di mezzo meccanico che l'appaltatore riterrà opportuno, senza l'utilizzo di mine ed esplosivi e secondo le seguenti specifiche e fasi:

1. la prima fase prevede l'asportazione di un primo strato di terreno dello spessore di circa 50 cm che rappresenta l'asportazione dello strato di terreno vegetale, che l'appaltatore provvederà ad accantonare in un apposito sito all'interno dell'area di cantiere, per poter essere successivamente riutilizzato secondo quanto descritto successivamente, se necessario e previa autorizzazione della

Direzione Lavori, provvederà al taglio delle piante, all'estirpazione delle ceppaie, radici ed arbusti ed al loro trasporto fuori dall'area di cantiere;

2. la seconda fase prevede l'eventuale asportazione dello strato inferiore di terreno fino al raggiungimento della quota del piano di posa della massicciata stradale secondo le indicazioni della Direzione Lavori. e/o del geologo designato dalla committenza; questa massa di terreno, nel caso in cui non dovesse essere riutilizzata nelle quantità e nei modi stabiliti dalla Direzione Lavori in qualunque altra attività del cantiere stesso, dovrà essere conferita a discarica autorizzata o comunque smaltita secondo legge;
3. la terza fase prevede, qualora la quota di terreno scoticato sia ad una quota inferiore a quella del piano di posa della massicciata stradale, la realizzazione di un rilevato con materiale proveniente da cave di prestito o con materiale di risulta del cantiere previa autorizzazione ed accertamento dell'idoneità del materiale stesso da parte della Direzione Lavori;
4. la quarta fase consisterà nella preventiva compattazione del piano di posa della massicciata. La superficie di posa deve essere priva di acque stagnanti e quale che sia la natura dei terreni costituenti il sottofondo, esso deve essere opportunamente costipato ricorrendo ai più idonei rulli di costipamento, poiché per il sottofondo visto la mole di carichi che transiteranno e stazioneranno sulla stessa, si richiede un grado di costipamento maggiore o uguale al 95% della densità massima di riferimento (AASHTO Modificato), per uno spessore dell'ordine di 20 ÷ 40 cm.
5. Qualora la natura del sottofondo sia tale per cui nonostante il corretto trattamento dello stesso non è possibile il raggiungimento del modulo suddetto si potrà ricorrere all'uso di materiale geotessile o di quant'altro l'appaltatore dovesse ritenere più opportuno;
6. la quinta ed ultima fase prevede la realizzazione dello strato di fondazione o massicciata di tipo stradale come già indicata nel paragrafo apposito.

Per quanto non descritto e non specificato si rinvia alle " "norme tecniche DM 11/3/88" .

Le piazzole dovranno comunque essere capaci di resistere alle sollecitazioni derivanti dallo stazionamento e funzionamento delle autogrù e dei mezzi di trasporto necessarie ai sollevamenti ed ai montaggi dei vari componenti dell'aerogeneratore.

Tale funzionalità della singola piazzola dovrà essere confermata dalle ditte che provvederanno ai trasporti ed ai montaggi degli aerogeneratori e che comunque è garantita dal rispetto del progetto.

L'appaltatore dovrà inoltre provvedere, a propria cura e spese alla realizzazione e manutenzione delle opere necessarie affinché le acque eventualmente scorrenti sulla superficie del terreno siano deviate in modo che non abbiano a riversarsi negli scavi, togliendo ogni impedimento che si oppone al regolare deflusso delle acque, anche ricorrendo all'apertura di fossi di guardia, di canali fuggatori, scoline, ecc., il tutto senza provocare danni ad altri manufatti ed opere, e senza causare interruzioni nei lavori in genere.

I materiali accantonati per un successivo riutilizzo non dovranno in alcun modo creare danni o impedimenti ai lavori ed alle altre attività del cantiere, alle proprietà pubbliche e private ed il libero deflusso delle acque scorrenti di superficie.

Se durante gli scavi saranno rinvenute opere, canalizzazioni, tubazioni, cunicoli o qualunque altro manufatto, previsto o imprevisto, l'appaltatore deve fare quanto necessario perché le opere suddette restino nella situazione originaria e non risultino danneggiate dai lavori in corso. La Direzione Lavori deve essere immediatamente avvisata dei suddetti rinvenimenti, sia per dare le istruzioni del caso, che per disporre, eventualmente, le opportune varianti del progetto. L'appaltatore è comunque responsabile dei danni che dovessero derivare dalla manomissione delle stesse. L'eventuale riparazione delle opere rinvenute e danneggiate ed i danni conseguenti sono a totale carico dell'appaltatore.

In caso di scavi in presenza d'acqua, si devono eseguire tutte le opere provvisorie necessarie e sufficienti, per il deflusso naturale delle acque freatiche degli scavi. Qualora risulti impossibile esaurire le acque con opere provvisorie, si devono utilizzare pompe o altri mezzi idonei, nel numero e con le portate e prevalenze tali da garantire la continuità dei lavori. Inoltre si dovranno adottare tutti gli accorgimenti atti ad evitare il dilavamento delle malte e dei calcestruzzi durante l'esecuzione dei getti di fondazione.

In ogni caso qualora l'acqua venga eliminata mediante opere provvisorie o con l'utilizzo delle pompe, lo scavo è considerato all'asciutto ai fini della contabilità, e tutte le opere provvisorie ed eventuali noli saranno contabilizzati a parte. Qualora la committenza decida di non eseguire l'aggettamento delle acque, gli scavi sono considerati ai fini della contabilità come scavi in presenza d'acqua, purchè il livello medio dell'acqua stabilito in contraddittorio sia superiore a 20cm.

Al termine dei lavori di montaggio degli aerogeneratori e del cablaggio della parte elettrica, si dovrà procedere al rinterro del plinto di fondazione con i materiali di risulta degli scavi preventivamente accantonati nell'area di cantiere, procedendo in due successive fasi. La prima prevede il rinterro con il terreno non vegetale della parte inferiore dello scavo del plinto, la seconda prevede il riutilizzo del terreno vegetale preventivamente accantonato per riempire la parte superiore dello scavo. L'ultima fase costituisce la rinaturalizzazione delle aree circostanti l'aerogeneratore, pertanto nel rinterro del terreno vegetale si dovrà ricostituire il naturale andamento del terreno ante-opera, utilizzando tutti quei sistemi e mezzi che si ritengono necessari all'esecuzione dell'opera. Si dovrà garantire la necessaria stabilità dei pendii e delle quote del terreno per tutta la durata dell'impianto e contemporaneamente l'attecchimento e lo sviluppo della vegetazione ante-operam. Questa fase di rinaturalizzazione riguarderà anche le piazzole di montaggio, che resteranno in opera per tutta la durata dell'impianto.

### **3. LAVORI DI SCAVO PER LA REALIZZAZIONE DEL PIANO DI POSA DEI PLINTI DEGLI AEROGENERATORI E RIPRISTINO FINALE**

---

#### **3.1 OPERE DI SCAVO PER L'ESECUZIONE DEI PLINTI**

---

Per tale categoria di opere si intende: la realizzazione degli scavi di fondazione per far posto ai plinti degli aerogeneratori; (ad esecuzione del plinto avvenuta) il ricoprimento, il costipamento e la regolarizzazione delle aree scavate, per consentire il montaggio degli aerogeneratori; La rinaturalizzazione delle aree interessate al termine dei lavori di montaggio delle torri eoliche.

Le fondazioni degli aerogeneratori sono previste del tipo indiretto su pali, non escludendo la possibilità di ricorrere a fondazioni del tipo diretto, laddove si riscontra la presenza di roccia sana sotto la coltre superficiale.

In corrispondenza di ciascun aerogeneratore è prevista l'esecuzione di una superficie pressoché piana di circa 400 mq, dove troveranno sistemazione la torre di sostegno dell'aerogeneratore, le relative fondazioni, i dispersori di terra e le necessarie vie cavo interrato.

Lo scavo necessario per alloggiare ciascun plinto degli aerogeneratori, essendo la base della fondazione di forma circolare, interessa un volume complessivo di forma tronco conica con la base minore di diametro pari a 20 ml, la base superiore di diametro pari a 25 ml e un'altezza media pari a circa 3,5 ml, misurata alla base della zattera di fondazione. Il volume di terreno da scavare per ciascun aerogeneratore, risulta quindi pari a circa 1300 mc.

Gli scavi prevedono una fascia di rispetto all'intradosso adeguata alla profondità degli stessi ed alla tipologia di lavorazione prevista e non necessitano di opere di contenimento perché la pendenza delle pareti di scavo prevista è adeguata all'auto-portanza dei terreni interessati.

Lo scavo di sbancamento per far posto ai plinti di fondazione avverrà dopo il picchettamento in sito e in contraddittorio tra la DDLL e l'appaltatore, e potrà avvenire con qualsiasi tipo di mezzo meccanico che l'appaltatore riterrà opportuno, escludendo l'utilizzo di mine ed esplosivi e secondo le seguenti specifiche fasi già indicate al paragrafo "Piazzole di montaggio".

### **3.2 ONERI, PRESCRIZIONI ESECUTIVE PER PARTICOLARI TIPI DI OPERE CONNESSE ALLA REALIZZAZIONE DEGLI SCAVI, E CRITERI DI MISURAZIONE.**

---

#### **I. Scavi di sbancamento a sezione ampia**

Le seguenti specifiche valgono anche per le categorie di lavoro relative alla viabilità di servizio e per la realizzazione delle eventuali parti delle piazzole ricavate in scavo e riporto.

Si definiscono scavi di sbancamento quelli eseguiti con qualunque mezzo meccanico a qualunque

profondità, in terreni di qualsiasi natura e consistenza compresa la roccia tenera e dura, in presenza o meno di acqua, occorrenti per:

- spianamento o sistemazione del terreno su cui dovranno sorgere i manufatti;
- scotico dello strato superficiale di humus;
- tagli di terrapieni;
- formazione di piazzali, strade, rampe incassate;
- apertura di trincee stradali, compresi cassonetti e cunette;
- formazione ed approfondimento di fossi e canali di vasta superficie, ecc.;
- scavo delle platee di fondazione e fondazioni di particolari dimensioni.

In generale sono considerati di sbancamento tutti quegli scavi nei quali possono operare, all'interno degli stessi, mezzi di scavo e di trasporto di qualsiasi tipo.



Gli scavi per piani di appoggio per platee di fondazione sono considerati scavi di sbancamento quando la loro superficie è superiore a 150 mq, e sempre che in essi possano operare direttamente escavatori e mezzi di trasporto di qualsiasi tipo sia pure con la formazione, di rampe provvisorie. Sono pure considerati scavi di sbancamento quelli sopra definiti e che l'Appaltatore, per qualsiasi ragione, esegue a mano oppure con mezzi meccanici operanti al di fuori dell'area dello scavo, ma che avrebbero potuto essere eseguiti con mezzi meccanici operanti all'interno dell'area di scavo.

## II. Prescrizioni esecutive

Le prescrizioni che seguono sono valide qualunque sia la natura geologica delle terre, in presenza o meno d'acqua.

### Prescrizioni generali per scavi di sbancamento ed a sezione obbligata

Gli scavi per qualsiasi genere di lavoro, eseguiti a mano e/o con mezzi meccanici, in terreni di qualsiasi natura e consistenza, sia all'asciutto che in acqua, devono essere eseguiti fino alla quota di progetto e con le dimensioni prescritte, e secondo le eventuali prescrizioni particolari fornite per iscritto dalla Committente all'atto dell'esecuzione. L'Appaltatore può, per ragioni particolari di lavoro, e comunque previa autorizzazione scritta della Committente, approfondire gli scavi oltre la quota di progetto, o estenderli oltre le dimensioni prescritte; in tali casi però non gli verrà riconosciuto il maggior scavo eseguito e l'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese, oltre al normale reinterro, al riempimento della maggior sezione di scavo ed al relativo compattamento, impiegando materiale idoneo approvato dalla Direzione Lavori.

Si deve inoltre provvedere, a propria cura e spese, alla realizzazione e manutenzione delle opere necessarie affinché le acque eventualmente scorrenti sulla superficie del terreno siano deviate in modo che non abbiano a riversarsi negli scavi, togliendo ogni impedimento che si oppone al regolare deflusso delle acque ed ogni causa di rigurgito, anche ricorrendo all'apertura di fossi di guardia, di canali fugatori, scoline, pozzi perdenti, ecc.; il tutto senza provocare danni ad altri manufatti ed opere, e senza causare interruzione nei lavori in genere.

Si possono utilizzare i materiali stessi per l'esecuzione di tutte quelle opere per le quali essi siano ritenuti idonei, previa autorizzazione scritta della Direzione Lavori.

Detti materiali potranno essere depositati, a cura e spese dell'Appaltatore, in un luogo opportunamente scelto entro l'area di cantiere, per essere poi ripresi e utilizzati a tempo opportuno.

I materiali provenienti da scavi in roccia possono essere utilizzati, se ritenuti idonei dalla Direzione Lavori, per murature e fondazioni stradali e, in subordine, per formazione di rilevati. I materiali non utilizzabili o non ritenuti idonei per altri impieghi nei lavori, devono essere portati a rifiuto fuori dall'area di cantiere; in ogni caso i materiali depositati non devono provocare impedimenti o danni ai lavori, alle proprietà pubbliche e private ed al libero deflusso delle acque scorrenti in superficie.

Particolare cura si deve usare durante i lavori di scavo, nei riguardi di fabbricati ed opere limitrofe e delle relative fondazioni. L'Appaltatore deve adottare, a sua cura e spese, tutti i provvedimenti atti ad evitare danni ed a garantire l'incolumità di persone e cose, assumendosene la totale responsabilità.

Se durante gli scavi vengono rinvenute opere, canalizzazioni, cunicoli, cavi di qualsiasi tipo, tubazioni in genere ed altri manufatti, previsti o imprevisi, l'Appaltatore deve fare quanto necessario perché le opere suddette restino nella situazione originaria e non risultino danneggiate dai lavori in corso.

La Direzione Lavori deve essere immediatamente avvisata dei suddetti rinvenimenti, sia per dare le istruzioni del caso, che per disporre, eventualmente, le opportune varianti del progetto. L'Appaltatore è comunque responsabile dei danni alle opere interessate dai lavori, nonché dei danni che dovessero derivare dalla manomissione delle stesse.

L'eventuale riparazione delle opere rinvenute e danneggiate ed i danni conseguenti sono a totale carico dell'Appaltatore. Nel caso di rinvenimento di materiali contenenti sostanze nocive, l'Appaltatore deve preventivamente chiedere alla Committente istruzioni sul loro trattamento e destinazione, istruzioni alle quali deve poi attenersi scrupolosamente. I relativi costi saranno oggetto di apposita trattativa.

#### **Prescrizioni per scavi di sbancamento**

Gli scavi di sbancamento in terra o in roccia tenera devono essere eseguiti esclusivamente a macchina.

Eccezione é prevista unicamente in caso di presenza di opere interrato di tale dislocazione da rendere impraticabile l'uso di mezzi meccanici.

Se l'appaltatore, nel caso di scavo in roccia tenera, dopo aver accertato l'impossibilità materiale di eseguire lo scavo con il solo mezzo meccanico come sopra detto, dovesse ritenere che gli scavi debbano essere eseguiti con l'ausilio di esplosivo, ne chiederà preventivamente l'autorizzazione scritta alla Direzione Lavori.

L'Appaltatore deve informare la Direzione Lavori circa le scarpate necessarie e più opportune che esso intende adottare in relazione alla natura del terreno, e solamente dopo l'ottenimento della approvazione, può procedere nei lavori, restando comunque responsabile di eventuali danni alle persone, alle cose ed alle opere.

Provvederà anche, a sua cura e spese, alla rimozione e allontanamento del materiale eventualmente franato. Per quanto sopra non specificato si farà riferimento alle "norme tecniche DM 11/3/88".

### Oneri compresi

Oltre agli oneri derivanti dalle prescrizioni di cui ai precedenti paragrafi, l'Appaltatore deve considerare compresi nei prezzi per gli scavi di sbancamento e per gli scavi a sezione obbligata i seguenti oneri:

- a) pulizia del terreno, consistente nel taglio di alberi, cespugli, arbusti, ecc. ed estirpazione di radici, ceppaie ed altro materiale deperibile, fino alla distanza di 1 m intorno all'area dello scavo;
- b) trasporto e scarico totale o parziale del materiale scavato, asciutto o bagnato, dal luogo di scavo fino al luogo o ai luoghi di scarico.
- c) livellamento del fondo degli scavi, regolarizzazione delle pareti e/o delle scarpate e formazione di eventuali gradoni;
- d) eventuali opere provvisorie a sostegno delle pareti degli scavi, costituite da semplici sbadacchiature in legno e/o in ferro, puntellamenti, armature di qualsiasi materiale, strutture provvisorie in legno e/o ferro, ecc., nonché gli oneri derivanti dalla presenza di dette opere provvisorie. Nessun compenso spetta all'Appaltatore per il mancato recupero, parziale o totale, del materiale impiegato in dette sbadacchiature, armature, ecc. Tali oneri si intendono compresi nei prezzi degli scavi eseguiti fino a profondità dei primi 3 m sotto il piano di scavo generale e di sbancamento;
- e) per scavi in roccia, eseguiti a qualunque profondità, con uso di esplosivi, compressori, martelli demolitori, punte e fioretti, ecc., qualsiasi costo sostenuto per ottenere dalle Autorità competenti i permessi per l'impiego di esplosivi. L'impiego di esplosivi deve comunque essere approvato dalla Direzione Lavori e dalla Committente e deve avvenire adottando tutte le precauzioni e cure necessarie in relazione alla natura delle rocce da rimuovere, allo scopo di evitare il disgregamento della roccia stessa oltre il perimetro di scavo previsto dal progetto, e sul fondo.

Gli scavi aggiuntivi che si rendessero necessari per l'eliminazione di parti disgregate e il risanamento delle pareti o del fondo, i relativi rinterri con materiale approvato dalla Direzione

Lavori, eventuali danni provocati dagli esplosivi alle opere adiacenti, nonché i relativi rifacimenti, sono a completo carico dell'Appaltatore;

- f) formazione di rampe di accesso al piano di sbancamento ed eventuale successivo ripristino dell'area;
- g) rinterro degli scavi e loro costipamento. I rinterri devono essere eseguiti collocando il materiale a strati di spessore non superiore ai 30 cm scartando, nel caso di materiale roccioso, quelle pezzature che non consentono di raggiungere un'adeguata compattazione. Il materiale impiegato per il rinterro di scavi deve essere sano e privo di sostanze putrescibili, e comunque di qualità idonea e caratteristiche preventivamente approvate. Qualora il materiale proveniente dallo scavo, a giudizio della Direzione Lavori, non sia ritenuto idoneo per i rinterri, deve essere impiegato materiale proveniente da cave di prestito o da altri luoghi.

#### Norme di misurazione

Qualora il direttore dei lavori imponesse delle varianti, la contabilizzazione della variante rispetto al progetto avverrà come appresso descritto.

- a) La misurazione degli scavi di sbancamento è effettuata con il metodo delle sezioni ragguagliate. All'atto della consegna dei lavori, l'Appaltatore esegue in contraddittorio con la Committente il controllo delle quote effettive del terreno in base alle sezioni trasversali, e la verifica delle distanze tra le sezioni stesse.

Il volume degli scavi è determinato in base a tali rilievi ed a quelli da praticarsi ad opera finita od a parti di essa purché finite, con riferimento alle sagome delle sezioni tipo ed alle quote di progetto. Il volume degli scavi risulta generalmente dai disegni di progetto e corrisponde alla massima superficie della costruzione da eseguire (misurata in pianta) moltiplicata per la relativa altezza, il tutto maggiorato del volume delle scarpate. Gli oneri per eventuali rampe, piste di accesso ecc., (scavi, riporti, costipamenti) saranno a completo carico dell'Appaltatore, e le relative quantità non verranno pertanto contabilizzate.

- b) Gli scavi che in base alle descrizioni possono essere considerati generali di sbancamento, e il cui perimetro sia completamente delimitato da palancolate tipo Larssen o similari, vengono classificati come scavi a sezione obbligata e contabilizzati con i relativi articoli di Prezziario, limitatamente agli scavi inclusi in una fascia a contatto con il palancolato di larghezza in pianta di 2 m;

- c) Per lo scavo di sedi stradali resta inteso che la sagoma di progetto delimitante le aree di scavo è quella che segue il fondo dei cassonetti.
- d) Per lo scavo di sbancamento in roccia tenera eseguito con l'ausilio di esplosivo e/o di martello demolitore, sarà applicabile il prezzo previsto nel Prezziario solo per le porzioni di scavo per le quali si sia resa strettamente necessaria tale metodologia.

### **3.3 REALIZZAZIONE DEI PLINTI DI FONDAZIONE**

---

#### **a) Opere connesse all'esecuzione dei plinti**

Le opere preliminari necessarie per eseguire i plinti di fondazione sono le seguenti:

- il trasporto e lo scarico delle armature dei conci in acciaio di fissaggio degli aerogeneratori, e il loro posizionamento in aree prossime alle posizioni di definitivo montaggio;
- lo scotico del terreno vegetale e lo scavo di sbancamento del terreno necessario al raggiungimento della quota stabilita dalla DD.LL. del piano di posa dei plinti di fondazione, per realizzare le fondazioni delle torri eoliche;
- la regolarizzazione e la messa in sicurezza delle pareti di scavo;
- la sistemazione in area prossima allo scavo di fondazione del terreno rimosso, previo vaglio e separazione del terreno vegetale dal materiale arido, al fine di riutilizzare il terreno vegetale per il ripristino e il ricoprimento delle aree di servizio da effettuarsi dopo la fase di montaggio degli aerogeneratori;
- lo spargimento di pietrisco calcareo e il costipamento dello stesso, per realizzare una base di fondazione perfettamente complanare;
- la predisposizione delle tubazioni che consentiranno l'alloggiamento dei cavi elettrici e la posa in opera di un materassino di polistirene ad alta densità (circa 8 mq) in corrispondenza della base di fissaggio della torre eolica;
- l'armatura della zattera di fondazione, la casseratura e il susseguente getto di cls, opportunamente additivato con materiali ritardanti e antigelo;
- la posa in opera del gruppo tirafondi e delle piastre di fondazione dell'aerogeneratore, compreso la fornitura e posa del tripode di sostegno, l'esatto posizionamento nonché i controlli e le verifiche della sua perfetta orizzontalità;
- la posa in opera dei ferri di armatura del plinto di fondazione; per quest'opera;
- la casseratura, il getto di calcestruzzo della classe C30/37 con fluidità S4 e del tipo XC4 e il susseguente disarmo delle casseforme (che possono essere previste anche del tipo auto-vibrante e compattante).

**b) Organizzazione, oneri, prescrizioni esecutive per particolari tipi di opere connesse alla realizzazione dei plinti di fondazione, e criteri di misurazione**

In linea generale in ciascun plinto dovrà essere ammassato concio di fondazione formato da due piastre collegata attraverso dei tirafondi oggetto della fornitura del costruttore del generatore eolico; detto basamento dovrà risultare posato in ottemperanza alle tolleranze dimensionali e di posizionamento date dal progetto e dovrà essere collegato all'armatura secondo quanto prescritto dal progetto stesso.

La realizzazione del getto dovrà essere programmata e coordinata, dipendendo l'opera dalla presenza in cantiere del basamento in acciaio, e quindi dalla consegna del manufatto da parte del costruttore del generatore eolico. Sono comprese inoltre tutte le opere principali inerenti ed accessorie, quali la posa in opera delle casseforme, di eventuali materiali speciali da predisporre al di sotto del plinto (materassini in polistirene ad alta densità, geostuoie ...), palificazioni, il tutto in conformità a quanto previsto dal progetto, dai calcoli strutturali e secondo quanto disposto dalla Direzione Lavori.

Il getto del singolo plinto può essere effettuato solo a condizione che la ditta appaltatrice abbia a disposizione sul cantiere le seguenti attrezzature e il seguente personale:

- 2 pompe (1 di riserva);
- 6 vibratorii (1 di riserva);
- 6 persone per i vibratorii;
- un telo verde per la copertura del plinto a fine getto.

**c) Palificazioni costruite in opera**

**Pali speciali di conglomerato cementizio costruiti in opera (tipo Simplex, Franki, ecc.)**

La preparazione dei fori destinati ad accogliere gli impasti dovrà essere effettuata senza alcuna asportazione di terreno mediante l'infissione del tubo-forma, secondo le migliori norme tecniche d'uso della fattispecie.

Lo spostamento planimetrico della posizione teorica dei pali non potrà superare 10 cm e l'inclinazione finale, rispetto all'asse teorico, non dovrà superare il 3%. Per valori degli spostamenti superiori a quelli indicati, la Direzione dei lavori potrà richiedere che i pali siano rimossi e sostituiti.

Ultimata l'infissione del tubo-forma si procederà anzitutto alla formazione del bulbo di base in conglomerato cementizio mediante energico costipamento dell'impasto e successivamente alla confezione del fusto, sempre con conglomerato cementizio energicamente costipato. Il costipamento del getto sarà effettuato con i procedimenti specifici per il tipo di palo adottato. Il conglomerato cementizio impiegato sarà del tipo prescritto negli elaborati progettuali e dovrà risultare esente da porosità od altri difetti.

Il cemento sarà pozzolanico o d'altoforno. L'introduzione del conglomerato nel tubo-forma dovrà avvenire in modo tale da ottenere un getto omogeneo e compatto, senza discontinuità o segregazione; l'estrazione del tubo-forma dovrà essere effettuata gradualmente, seguendo man mano l'immissione e il costipamento del conglomerato cementizio e adottando comunque tutti gli accorgimenti necessari per evitare che si creino distacchi, discontinuità o inclusioni di materiali estranei del corpo del palo.

Durante il getto dovrà essere tassativamente evitata l'introduzione di acqua all'interno del tubo, e si farà attenzione che il conglomerato cementizio non venga trascinato durante l'estrazione del tubo-forma; si avrà cura in particolare che l'estremità inferiore di detto tubo rimanga sempre almeno 100 cm sotto il livello raggiunto dal conglomerato.

Dovranno essere adottati inoltre tutti gli accorgimenti atti a evitare la separazione dei componenti del conglomerato cementizio e il suo dilavamento da falde freatiche, correnti subacquee, ecc. Quest'ultimo risultato potrà essere ottenuto mediante arricchimento della dose di cemento, oppure con l'adozione di particolari additivi o con altri accorgimenti da definire di volta in volta con la Direzione dei lavori. Qualora i pali siano muniti di armatura metallica i sistemi di getto e di costipamento dovranno essere, in ogni caso, tali da non danneggiare l'armatura né alterarne la posizione rispetto ai disegni di progetto. Il copriferro sarà di almeno 5 cm.

La profondità massima raggiunta da ogni palo sarà verificata prima del getto dalla Direzione dei lavori e riportata su apposito registro giornaliero.

#### **d) Pali trivellati in cemento armato**

Lo scavo per la costruzione dei pali trivellati verrà eseguito asportando il terreno corrispondente al volume del fusto del palo.

Il sostegno delle pareti dello scavo, in dipendenza della natura del terreno e delle altre condizioni cui l'esecuzione dei pali può essere soggetta, sarà assicurato in uno dei seguenti modi:

- a) mediante infissione di rivestimento tubolare provvisorio in acciaio;
- b) con l'ausilio di fanghi bentonitici in quiete nel cavo o in circolazione tra il cavo e una apparecchiatura di separazione dei detriti.

Per i pali trivellati su terreno sommerso d'acqua si farà ricorso, per l'attraversamento del battente d'acqua, all'impiego di un rivestimento tubolare di acciaio opportunamente infisso nel terreno di imposta, avente le necessarie caratteristiche meccaniche per resistere agli sforzi e alle sollecitazioni indotte durante l'infissione anche con uso di vibratori; esso sarà di lunghezza tale da sporgere dal pelo d'acqua in modo da evitare invasamenti e consentire sia l'esecuzione degli scavi sia la confezione del palo.

Tale rivestimento tubolare costituirà cassero a perdere per la parte del palo interessata dal battente d'acqua. L'infissione del tubo-forma dovrà, in ogni caso, precedere lo scavo. Nel caso in cui non si impieghi il tubo di rivestimento il diametro nominale del palo sarà pari al diametro dell'utensile di perforazione.

Qualora si impieghi fango di perforazione per il sostegno delle pareti del foro, si procederà con le modalità stabilite per i diaframmi in calcestruzzo armato.

Raggiunta la quota fissata per la base del palo, il fondo dovrà essere accuratamente sgombrato dai detriti di perforazione, melma, materiale sciolto smosso dagli utensili di perforazione, ecc.

L'esecuzione del getto del conglomerato cementizio sarà effettuata con impiego del tubo di convogliamento, munito di imbuto di caricamento.

Il cemento sarà del tipo pozzolanico o d'altoforno.

In nessun caso sarà consentito di porre in opera il conglomerato cementizio precipitandolo nel cavo direttamente dalla bocca del foro.

L'Appaltatore dovrà predisporre impianti ed attrezzature per la confezione, il trasporto e la posa in opera del conglomerato cementizio di potenzialità tale da consentire il completamento delle operazioni di getto di ogni palo, qualunque ne sia il diametro e la lunghezza senza interruzioni. Nel caso di impiego del tubo di rivestimento provvisorio, l'estrazione dello stesso dovrà essere eseguita gradualmente adottando tutti gli accorgimenti necessari per evitare che si creino distacchi, discontinuità od inclusioni di materiali estranei al corpo del palo.

Le armature metalliche dovranno essere assemblate fuori opera e calate nel foro prima dell'inizio del getto del conglomerato cementizio; nel caso in cui il palo sia armato per tutta la lunghezza, esse dovranno essere mantenute in posto nel foro, sospendendole dall'alto e non appoggiandole sul fondo.

Le armature dovranno essere provviste di opportuni dispositivi distanziatori e centratori atti a garantire una adeguata copertura di conglomerato cementizio sui ferri che sarà di 5 cm. inoltre tutte le gabbie dovranno essere munite di staffe circolari interne di irrigidimento con interasse non superiore a ml 2,00 e di diametro non inferiore a 20mm.



All'interno della gabbia saranno predisposti tre tubi (diametro pari a 2 pollici) acciaio o ferro ricotto con giunzioni filettate, per tutta la lunghezza del palo e gli stessi dovranno essere disposti a triangolo per la esecuzione delle prove non distruttive I sistemi di getto dovranno essere in ogni caso tali da non danneggiare l'armatura nè alterarne la posizione, rispetto ai disegni di progetto e per la perfetta esecuzione delle letture delle prove non distruttive. A giudizio della Direzione dei lavori, i pali che ad un controllo, anche con trivellazione in asse, risultassero comunque difettosi, dovranno essere rifatti.

### **3.4 DISPOSIZIONI VALEVOLI PER OGNI PALIFICAZIONE PORTANTE.**

---

#### **I. Controlli non distruttivi e distruttivi.**

I pali saranno sottoposti sia a prove non distruttive che prove di carico statiche.

Per quanto concerne le prove sui pali cross all, down all, prove soniche, edometriche a seconda delle prescrizioni della D.L., in relazione alle condizioni ed alle caratteristiche del suolo e secondo la normativa stabilita dal D.M. 11 marzo 1988.e comunque in numero non inferiore a quattro per ogni plinto.

Sui pali di fondazione, inoltre, devono essere eseguite prove di carico statiche di verifica per controllarne principalmente la corretta esecuzione e il comportamento sotto le azioni di progetto. Tali prove devono pertanto essere spinte ad un carico assiale pari a 1,5 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE.

Il numero e l'ubicazione delle prove di verifica devono essere stabiliti in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del terreno di fondazione; in ogni caso il numero di prove non deve essere inferiore a:

- 1 se il numero di pali è inferiore o uguale a 20,
- 2 se il numero di pali è compreso tra 21 e 50,
- 3 se il numero di pali è compreso tra 51 e 100,
- 4 se il numero di pali è compreso tra 101 e 200,
- 5 se il numero di pali è compreso tra 201 e 500,

Il numero di prove di carico di verifica può essere ridotto se sono eseguite prove di carico dinamiche, da tarare con quelle statiche di progetto, e siano effettuati controlli non distruttivi su almeno il 50% dei pali.

#### **II. Requisiti per materiali e componenti**

Per l'acqua, la calce, il cemento, gli agglomerati cementizi, le pozzolane e i gessi, vedere l'articolo sulle murature. Per il calcestruzzo e l'acciaio in barre tonde, vedere l'articolo sulle strutture in cemento armato.

### 3.5 STRUTTURE DI CEMENTO ARMATO NORMALE

---

#### III. Descrizione delle lavorazioni

Nell'esecuzione delle opere di cemento armato normale l'Appaltatore dovrà attenersi alle norme contenute nella legge n. 1086/1971 e nelle relative norme tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 5 novembre 1971, n. 1086 in seguito "L 1086/71" nonché della NTC del 2018.

Nelle zone sismiche valgono le norme tecniche emanate in forza dalla legge 2 febbraio 1974, n. 64. In particolare:

- a) Gli impasti devono essere preparati e trasportati in modo da escludere pericoli di segregazione dei componenti o di prematuro inizio della presa al momento del getto. Il getto deve essere convenientemente compatto; la superficie dei getti deve essere mantenuta umida per almeno tre giorni. Non si deve mettere in opera il conglomerato a temperature minori di 0°C, salvo il ricorso ad opportune cautele.
- b) Le giunzioni delle barre in zona tesa, quando non siano evitabili, si devono realizzare possibilmente nelle regioni di minor sollecitazione, in ogni caso devono essere opportunamente sfalsate. Le giunzioni di cui sopra possono effettuarsi mediante:
  - saldature eseguite in conformità delle norme in vigore sulle saldature;
  - manicotto filettato;
  - sovrapposizione calcolata in modo da assicurare l'ancoraggio di ciascuna barra.

In ogni caso la lunghezza di sovrapposizione in retto deve essere non minore di 20 volte il diametro e la prosecuzione di ciascuna barra deve essere deviata verso la zona compromessa. La distanza mutua (interferro) nella sovrapposizione non deve superare 6 volte il diametro.

- c) Le barre piegate devono presentare, nelle piegature, un raccordo circolare di raggio non minore di 6 volte il diametro. Gli ancoraggi devono rispondere a quanto prescritto al punto 5.3.3 del D.M. emanato in applicazione della "L 1086/71". Per barre di acciaio inossidato a freddo le piegature non possono essere effettuate a caldo.
- d) Il disarmo deve avvenire per gradi ed in modo da evitare azioni dinamiche. Esso non deve inoltre avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo, tenendo anche conto delle altre esigenze progettuali e costruttive; la decisione è lasciata al giudizio del Direttore dei lavori.

- e) Qualora il calcestruzzo sia destinato ad ospitare elementi metallici di ancoraggio di struttura da connettere ci si atterrà a quanto prescritto nell'articolo sulla struttura di acciaio.

### **3.6 SPECIFICAZIONE DELLE PRESCRIZIONI TECNICHE**

---

#### **I. Inerti per conglomerati cementizi e per malte**

Gli aggregati per conglomerati cementizi, naturali e di frantumazione devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di getto, ecc., in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato o alla conservazione delle armature. La ghiaia o il pietrisco devono avere dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro delle armature.

La sabbia per malte dovrà essere priva di sostanze organiche, terrose o argillose, ed avere dimensione massima dei grani di 2 mm per murature in genere, di 1 mm per gli intonaci e murature di paramento o in pietra da taglio.

Gli additivi per impasti cementizi si intendono classificati come segue: fluidificanti, aeranti, ritardanti, acceleranti, fluidificanti-aeranti, fluidificanti-ritardanti, fluidificanti-acceleranti, antigelo-superfluidificanti.

Per le modalità di controllo ed accettazione il Direttore dei lavori potrà far eseguire prove o, per i prodotti industriali, accettare l'attestazione di conformità alle norme rilasciate dal produttore sulla base d'idonea documentazione.

I conglomerati cementizi per strutture in cemento armato dovranno rispettare tutte le prescrizioni di cui al D.M. attuativo dell'art. 21 della "L 1086/71"

#### **II. Impasti di conglomerato cementizio**

Gli impasti di conglomerato cementizio dovranno essere eseguiti in conformità di quanto previsto nell'allegato apposito del D.M. applicativo dell'art. 21 "L 1086/71". La distribuzione granulometrica degli inerti, il tipo di cemento e la consistenza dell'impasto, devono essere adeguati alla particolare destinazione del getto e al procedimento di posa in opera del conglomerato.

Il quantitativo d'acqua deve essere il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato tenendo conto anche dell'acqua contenuta negli inerti.

Partendo dagli elementi già fissati il rapporto acqua-cemento, e quindi il dosaggio del cemento, dovrà essere scelto in relazione alla resistenza richiesta per il conglomerato.

L'impiego degli additivi dovrà essere subordinato all'accertamento dell'assenza di ogni pericolo di aggressività.

L'impasto deve essere fatto con mezzi idonei ed il dosaggio dei componenti eseguito con modalità atte a garantire la costanza del proporzionamento previsto in sede di progetto.

Per i calcestruzzi preconfezionati si fa riferimento alla norma UNI 7163; essa precisa le condizioni per l'ordinazione, la confezione, il trasporto e la consegna. Fissa inoltre le caratteristiche del prodotto soggetto a garanzia da parte del produttore e le prove atte a verificarne la conformità.

### **III. Armature per calcestruzzo**

Gli acciai per l'armatura del calcestruzzo normale devono rispondere alle prescrizioni contenute nel vigente D.M. attuativo dell'art. 21 "L 1086/71". E' fatto divieto di impiegare acciai non qualificati all'origine.

### **IV. Modalità di prova, controllo, collaudo**

Per i controlli sul conglomerato e la sua resistenza caratteristica a compressione ci si atterrà a quanto previsto dall'allegato apposito del "L 1086/71". La resistenza caratteristica del conglomerato dovrà essere non inferiore a quella richiesta dal progetto. Il controllo di qualità del conglomerato si articola nelle seguenti fasi: studio preliminare di qualificazione, controllo di accettazione, prove complementari.

I prelievi dei campioni necessari per i controlli delle fasi suddette avverranno al momento della posa in opera dei casseri.

Oltre ai prelievi previsti al capitolo 11 del NTC2008, visto il tipo di struttura, su richiesta della direzione lavori, dovranno essere eseguite verifiche circa la qualità del cls consegnato, in particolare, oltre ai canonici prelievi, saranno eseguiti prove su calcestruzzo fresco in particolare si testerà:

1. slump test;
2. il rapporto acqua/cemento del calcestruzzo fresco;
3. la determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata;
4. la determinazione della massa dell'unità di volume del calcestruzzo fresco;
5. Esecuzione di prova di omogeneità del calcestruzzo fresco;
6. Norme di misurazione

Qualora il direttore dei lavori imponesse delle varianti, la contabilizzazione della variante rispetto al progetto avverrà come appresso descritto.

### **V. Calcestruzzi**

I calcestruzzi per fondazioni, murature, volte, ecc. e le strutture costituite da getto in opera, saranno in genere misurati in opera in base alle dimensioni prescritte, esclusa quindi ogni eccedenza, ancorché inevitabile, dipendente dalla forma degli scavi aperti e dal modo di esecuzione dei lavori.

Nei relativi prezzi oltre agli oneri delle murature in genere, s'intendono compensati tutti gli oneri specificati nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione.

#### V. Conglomerato cementizio armato

Il conglomerato per opere in cemento armato di qualsiasi natura e spessore sarà valutato per il suo volume effettivo, senza detrazione del volume del ferro che verrà pagato a parte.

Quando trattasi di elementi a carattere ornamentale gettati fuori opera (pietra artificiale), la misurazione verrà effettuata in ragione del minimo parallelepipedo retto a base rettangolare circoscrivibile a ciascun pezzo, e nel relativo prezzo si devono intendere compresi, oltre che il costo dell'armatura metallica, tutti gli oneri specificati nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione, nonché la posa in opera, sempreché non sia pagata a parte.

I casseri, le casseforme e le relative armature di sostegno, se non comprese nei prezzi di elenco del conglomerato cementizio, saranno computati separatamente con i relativi prezzi di elenco. Pertanto, per il compenso di tali opere, bisognerà attenersi a quanto previsto nell'Elenco dei Prezzi Unitari. Nei prezzi del conglomerato sono inoltre compresi tutti gli oneri derivanti dalla formazione di palchi provvisori di servizio, dall'innalzamento dei materiali, qualunque sia l'altezza alla quale l'opera di cemento armato dovrà essere eseguita, nonché per il getto e la vibratura.

Il ferro tondo per armature di opere di cemento armato di qualsiasi tipo nonché la rete elettrosaldata saranno valutati secondo il peso effettivo; nel prezzo oltre alla lavorazione e lo sfrido è compreso l'onere della legatura dei singoli elementi e la posa in opera dell'armatura stessa.

## 4. CARATTERISTICHE FISICHE E TECNICHE DELL'INTERVENTO

---

### 4.1 COMPONENTI DELL'IMPIANTO

---

Gli elementi fondamentali che vanno a comporre l'aerogeneratore sono:

- ☉ Rotore;
- ☉ Navicella;
- ☉ Torre.

Al rotore sono fissate (mediante un supporto denominato hub) 3 pale in materiale composito, le quali, mosse dal vento, attivano la rotazione di un albero veloce che alimenta il generatore elettrico.

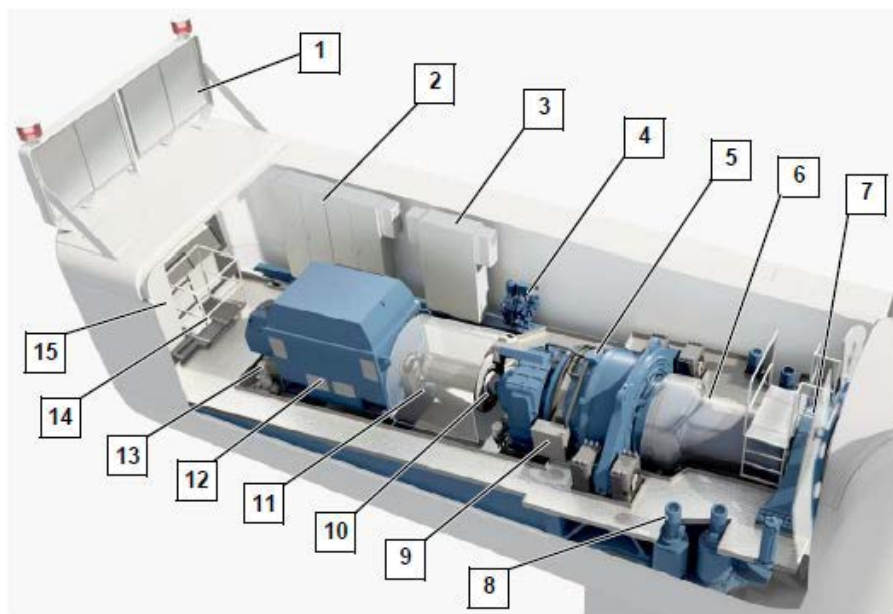
All'aumentare della superficie captante delle pale cresce l'energia cinetica raccolta, ma crescono anche le turbolenze che le pale si inducono l'una con l'altra nel loro moto. Quindi, la forma ed il numero delle pale vengono studiati per massimizzare la produzione energetica. Al fine del progetto si è optato per per la seguente scelta:

- un rotore di diametro pari a 150 m, per n.6 aerogeneratori;
- un rotore di diametro pari a 162 m, per n.3 aerogeneratori;

per poter massimizzare la produzione energetica dell'impianto limitando allo stesso tempo l'impatto visivo, quest'ultimo dovuto più alla posizione degli aerogeneratori ed al contesto che all'effettiva dimensione del rotore, anche per effetto delle pale volta a minimizzare la visibilità ed al tutto sommato ridotto delle pale medesime.

La navicella consiste in un involucro avente i principali componenti al fine della trasformazione dell'energia meccanica in elettrica, ubicato alla sommità della torre. Le caratteristiche della navicella sono più o meno simili per tutti i modelli di aerogeneratori, pertanto non sono sottoposti a scelte specifiche del progettista del singolo impianto.

Nella seguente figura (Figura 1) è contenuto lo spaccato di una navicella tipo.



- |                     |                    |                              |
|---------------------|--------------------|------------------------------|
| 1) Heat exchanger   | 6) Rotor shaft     | 11) Coupling                 |
| 2) Switch cabinet 2 | 7) Rotor bearing   | 12) Generator                |
| 3) Switch cabinet 1 | 8) Yaw drive       | 13) Cooling water pump       |
| 4) Hydraulic unit   | 9) Gear oil cooler | 14) Hatch for on-board crane |
| 5) Gearbox          | 10) Rotor brake    | 15) Switch cabinet 3         |

Figura 1 - Spaccato navicella tipo

La torre consiste in una struttura tubolare in acciaio, formata da più segmenti da assemblare in sito, la quale svolge la funzione di portare in quota la navicella, ove il vento non è disturbato dalla rugosità superficiale. Dato che il vento aumenta al crescere dell'altezza, più l'altezza della torre è elevata e più l'energia prodotta dall'impianto viene incrementata. Per lo stesso modello di aerogeneratore sono quindi disponibili torri di varie altezze, lasciando al progettista di trovare l'esatto compromesso tra costi e benefici.

Dal punto di vista estetico gli aerogeneratori si presentano di colorazione bianca con le pale dotate di bande rosse per migliorarne la visibilità.

Per gli aerogeneratori Vestas V150 e Vestas V162 i colori adoperati per la torre sono riportati in Tabella 1 e per le pale in Tabella 2.

Colour of Vestas Tower Section		
Colour of Vestas Tower Section		
	External:	Internal:
<b>Standard Tower Colour</b>	RAL 7035 (light grey)	RAL 9001 (cream white)

Tabella 1: colorazione esterna/interna della superficie della torre, modelli Vestas V150 e Vestas V162

Blade Colour	
<b>Standard Blade Colour</b>	RAL 7035 (light grey). All lightning receptor surfaces on the blades are unpainted, excluding the Solid Metal Tips (SMT).
<b>Tip-End Colour Variants</b>	RAL 2009 (traffic orange), RAL 3020 (traffic red)
<b>Gloss</b>	< 30% ISO 2813

Tabella 2: colorazione delle pale, modelli Vestas V150 e Vestas V162

## 4.2 CONDIZIONI DI FUNZIONAMENTO

---

Le condizioni di funzionamento dell'aerogeneratore di progetto sono:

Vesta V150		Vestas V162	
Velocità di inizio produzione:	3 m/s	Velocità di inizio produzione:	3 m/s
Velocità di arresto:	➤ 25 m/s	Velocità di arresto:	➤ 25 m/s

## 4.3 DESCRIZIONE COMPONENTI DELL'AEROGENERATORE

---

### Sistema di trasmissione

Cassa di ingranaggi con due stadi epicicloidali e uno stadio elicoidale ad essi paralleli.

### Generatore

Generatore asincrono con rotore alimentato ed anelli rotanti, dotato di sistema di controllo, mediante il quale la macchina funziona in modo sincrono.

### Trasformatore

L'energia generata con il generatore ad anello viene trasportata mediante un rettificatore ed un cosiddetto circuito intermedio ad un inverter. Il trasformatore, situato nella navicella, trasforma la tensione da 400/660 V in media tensione a 30 kV.

### Sistema di freno

- ☞ Aerodinamico: Per variazione dell'angolo del passo delle pale;
- ☞ Meccanico: Freno a disco con pinze idrauliche.



### Sistema di orientazione

Motore dotato di sensore che determina la direzione del vento e con sistema automatico di sbrogliamento dei cavi elettrici.

### Sistema di controllo

Controllo basato su microprocessore. Sistema di controllo a distanza.

### Moltiplicatore di giri

Consiste nella parte meccanica, la quale collega l'albero di trasmissione lento all'albero di trasmissione veloce. La sua funzione consiste nell'aumentare gli RPM tra i due alberi; il loro rapporto può arrivare fino a 1/75.

### Sistemi di misura

I sistemi di misura anemometrici e gli indicatori di direzione del vento hanno lo scopo di configurare in maniera corretta la macchina in base alla direzione e all'intensità del vento. Mediante il segnale dell'anemometro e di una banderuola segnamento, si gestisce il corretto funzionamento della macchina trasmettendo i dati ad un processore che si occupa di variare i parametri di funzionamento principali (pitch e yaw).

### Yaw control

L'angolo di yaw rappresenta l'angolo di rotazione della navicella sul proprio asse verticale. Dato che la macchina deve sempre essere allineata mediante il vento, un sistema di movimentazione attivo composto da attuatori elettrici e relativi riduttori, provvede a movimentare la navicella in base alla direzione di provenienza del vento registrata dall'indicatore di direzione.

### Pitch control

L'angolo di "pitch" o angolo di calettamento, consiste nell'angolo che assume la pala rispetto al piano di rotazione del rotore.

Cambiando l'angolo di pitch è possibile regolare l'angolo di incidenza del vento sulla pala e di conseguenza effettuare una regolazione attiva.

Il sistema di regolazione è composto da servomotori inseriti direttamente sulle pale. Questo sistema permette di avere una regolazione indipendente di ogni pala, utilizzabile ad esempio al fine di bilanciare ad ogni giro la diversa spinta del vento sulla pala quando essa si trova più vicina al suolo.

### Torre

Torre tubolare troncoconica avente rifinitura superficiale di pittura a base di resina. Scala interna di sicurezza che arriva fino alla navicella, in alternativa si può installare un ascensore di servizio.

## 4.4 UNITA' DI CONTROLLO E DI POTENZA

---

L'impianto eolico verrà dotato di una sua propria unità di controllo, mediante funzionamento autonomo. Questa unità controlla e supervisiona il funzionamento degli aerogeneratori, e tra gli altri i parametri che seguono:

1. velocità e direzione del vento;
2. temperatura del generatore;
3. tensione generata;
4. potenza generata;
5. fattore di potenza;
6. gradiente di potenza.

Ogni aerogeneratore del parco verrà collegato grazie ad un anello di cavo in fibra ottica. La fibra ottica sarà dotata di un rinforzo centrale in fibra di vetro, gel anti-umidità e una doppia spirale di protezione. Il cavo verrà posato in un tubo che correrà a fianco ai cavi di potenza nel cavidotto centrale.

L'unità di controllo e di potenza controlla tutte le funzioni critiche dell'aerogeneratore, al fine di ottimizzare costantemente il funzionamento stesso su tutta la gamma di velocità del vento, e che può essere riassunta nel seguente modo:

- ☉ Sincronizzazione della velocità di rotazione alla potenza nominale, prima della connessione alla rete;
- ☉ Controllo della velocità;

- ⌚ La connessione alla rete si mantiene attiva anche durante brevi anomalie della rete elettrica, come cadute di tensione, attraverso una specifica unità di controllo;
- ⌚ Regolazione del fattore di potenza a 1, (nessuna potenza reattiva) o generazione di potenza reattiva da introdurre in rete a seconda delle caratteristiche della rete stessa;
- ⌚ Regolazione indipendente dell'angolo di passo di ciascuna delle pale per ottimizzare il funzionamento dell'aerogeneratore conseguendo;
- ⌚ Aggiustamento ottimale della potenza nominale;
- ⌚ Connessione più sicura del generatore;
- ⌚ Avviamento senza consumo di energia;
- ⌚ Minori carichi sulla struttura;
- ⌚ Arresto del generatore senza utilizzazione del freno meccanico;
- ⌚ Ottimizzazione della produzione per qualsiasi condizione di vento;
- ⌚ Vita utile attesa di 20 anni;
- ⌚ Orientazione automatica in funzione della direzione del vento;
- ⌚ Arresto della turbina quando si presenta qualsiasi inconveniente.

#### 4.5 PROTEZIONE DA FULMINI E RETE DI TERRA A SERVIZIO DELL'AEROGENERATORE

---

Gli aerogeneratori di progetto vengono protetti da scariche atmosferiche con protezione di Classe I in base agli standards riportati dalla normativa IEC 61400-24, IEC 61000-6-2 e IEC 62061.

La protezione da fulmini per gli aerogeneratori consiste in un sistema di singole protezioni combinate nel seguente modo:

1. protezione esterna da fulmini secondo la norma *DIN V VDE V 0185-3 (VDE V 0185 Part 3)*, per convogliare e distribuire l'energia del fulmine nel terreno;
2. ridurre le differenze di potenziale mediante una maglia di terra intorno alla fondazione del generatore;
3. twistare i cavi discendenti dalla navicella alla fondazione per minimizzare le tensioni e le correnti indotte.

Pertanto, all'interno delle pale di rotore saranno ubicati dei captatori di fulmini che trasporteranno l'energia del fulmine su un anello situato in corrispondenza dell'hub. Questo anello a sua volta mediante dei conduttori in rame di sezione non minore di 70 mm<sup>2</sup> sarà reso equipotenziale con il sistema di messa a terra del generatore.

Il sistema di messa a terra dell'aerogeneratore sarà composto da:

- ⊗ dispersore intenzionale: ovvero un corpo conduttore tipicamente una corda di rame in contatto elettrico con il terreno, che realizza un collegamento elettrico con la terra e costituito da più anelli di terra realizzati su ogni area di sedime dell'aerogeneratore che ne circoscrivono la torre, tutti gli anelli sono interconnessi fra loro mediante un dispersore lineare interrato;
- ⊗ collettori (o prese) di terra, ovvero l'elemento di collegamento al dispersore dei conduttori di protezione;
- ⊗ conduttori di terra per il collegamento delle armature metalliche delle opere civili (dispersore di fatto) al dispersore intenzionale, nonché per i collegamenti dei collettori di terra, masse e masse estranee con il dispersore intenzionale;
- ⊗ conduttori di protezione ed equipotenziali per i collegamenti fra masse o masse estranee e i collettori di terra.

#### 4.6 TORRE DI SOSTEGNO

---

L'aerogeneratore di progetto prevede una torre di sostegno di tipo tubolare con una struttura in acciaio, avente forma tronco-conica e composta da diversi tronconi.

I tronconi verranno realizzati in officina per poi essere trasportati e montati in cantiere. Alla base della torre sarà presente una porta che consentirà l'accesso ad una scala montata all'interno, dotata ovviamente di opportuni sistemi di protezione (parapetti). Per ciascun troncone è prevista una piattaforma di riposo con protezione anticaduta.

È previsto anche un sistema di illuminazione di emergenza interno.

La torre verrà protetta contro la corrosione da un sistema di verniciatura multistrato. In conformità alla norma ISO 12944-2 sarà garantita una classe di protezione alla corrosione C5 "alta (durata certificata per un periodo maggiore a 15 anni)", mentre per l'interno della torre è previsto un livello C3.

Ciascuna saldatura verrà controllata con sistemi ad ultrasuoni o a raggi X.

Per minimizzare la necessità di raggiungere la navicella mediante le scale il sistema di controllo del convertitore e di comando dell'aerogeneratore verranno sistemati in quadri montati su una piattaforma separata alla base della torre.

L'energia elettrica generata è condotta alla base della torre mediante cavi installati su una passerella verticale ed appositamente schermati.

Al fine della trasmissione dei segnali di controllo alla navicella verranno installati cavi a fibre ottiche.

## 4.7 FONDAZIONI

---

Il tipo di fondazione da adottare, diretta o indiretta su pali, sarà definita in fase di redazione del progetto esecutivo ed in funzione della tipologia del terreno in sito, appositamente indagato mediante indagine geognostica, geologica e idrogeologica, nonché del grado di sismicità. Le fondazioni saranno in cemento ed avranno comunque forma circolare e diametro variabile in base all'esito delle indagini geotecniche da eseguire in fase esecutiva, ed indicativamente di diametro 15-20 metri, e la lunghezza utile a raggiungere un substrato di terreno con idonee caratteristiche di portanza.

Le opere preliminari necessarie per eseguire i plinti di fondazione sono le seguenti:

- il trasporto e lo scarico delle armature dei conci in acciaio, di fissaggio degli aerogeneratori, e il loro posizionamento in aree prossime alle posizioni di definitivo montaggio;
- lo scotico del terreno vegetale e lo scavo di sbancamento del terreno necessario al raggiungimento della quota stabilita dalla DD.LL. del piano di posa dei plinti di fondazione, per realizzare le fondazioni delle torri eoliche (vedi capitolo3);
- la regolarizzazione e la messa in sicurezza delle pareti di scavo;
- la sistemazione in area prossima allo scavo di fondazione del terreno rimosso, previo vaglio e separazione del terreno vegetale dal materiale arido, al fine di riutilizzare il terreno vegetale per il ripristino e il ricoprimento delle aree di servizio da effettuarsi dopo la fase di montaggio degli aerogeneratori (vedi capitolo3);
- lo spargimento di pietrisco calcareo e il costipamento dello stesso, per realizzare una base di fondazione perfettamente complanare;
- a predisposizione delle tubazioni che consentiranno l'alloggiamento dei cavi elettrici e la posa in opera di un materassino di polistirene ad alta densità (circa 8 mq) in corrispondenza della base di fissaggio della torre eolica;
- l'armatura della zattera di fondazione, la casseratura e il susseguente getto di cls, opportunamente additivato con materiali ritardanti e antigelo;
- la posa in opera del gruppo tirafondi e delle piastre di fondazione dell'aerogeneratore, compreso la fornitura e posa del tripode di sostegno, l'esatto posizionamento nonché i controlli e le verifiche della sua perfetta orizzontalità;
- la posa in opera dei ferri di armatura del plinto di fondazione; per quest'opera;
- la casseratura, il getto di calcestruzzo della classe C30/37 con fluidità S4 e del tipo XC4 e il susseguente disarmo delle casseforme (che possono essere previste anche del tipo auto-vibrante e compattante).

#### 4.8 RETE DI CAVIDOTTI PER LA TRASMISSIONE DELL'ENERGIA PRODOTTA E PER IL CONTROLLO DELL'IMPIANTO

---

Con riferimento dell'energia generata da ogni singolo aerogeneratore alla rete elettrica nazionale, previa adeguata trasformazione della tensione, e per il controllo dell'impianto, sarà realizzata una rete di cavidotti interrati in cui saranno ubicati cavi di potenza in media tensione e cavi in fibra ottica per il trasferimento dati.

I cavidotti seguiranno i percorsi interrati indicati nelle tavole progettuali allegate al presente e avranno le caratteristiche progettuali ivi riportate.

Trattandosi di cavi interrati, l'impatto estetico dei cavidotti risulterà nullo.

I cavi saranno composti in alluminio ed avranno le seguenti caratteristiche di massima:

1. Designazione: *ARG7H1RNR* o *ARG7H1RNRX*;
2. Conduttori a corda rotonda compatta di alluminio;
3. Grado di isolamento: 18/30 kV;
4. Sezione nominale R 70 mm<sup>2</sup>;
5. Tensione nominale: 30 kV.

Una volta scelta la sezione commerciale del cavo, è stata svolta la verifica mediante il criterio termico, con la condizione che la massima densità di corrente (e di conseguenza la massima sovratemperatura rispetto all'ambiente circostante) non oltrepassi determinati valori di sicurezza. In base ai valori limiti delle portate di corrente ( $I_z$ ) fissati dai costruttori dei cavi nelle varie condizioni di posa, questi ultimi devono essere maggiori alle correnti di impiego ( $I_b$ ) calcolate in ogni tratto che costituisce il circuito elettrico:

$$I_z < I_b$$

Nel calcolo delle sezioni dei cavi si è tenuto conto anche del criterio economico, per minimizzare il volume dei conduttori e quindi delle diverse sezioni delle linee.

#### 4.9 RETE DI TERRA

---

La rete di terra consiste nella stesura di un anello di corda di rame nudo attorno a ciascuna fondazione, il quale sarà poi collegato al nodo di equipotenzializzazione situato dentro la torre. Indicativamente si prevede di installare un anello di terra singolo, ma in fase costruttiva il direttore lavori svolgerà una misura puntuale della resistenza di terra dell'anello e, nel caso in cui dovesse individuare un valore minore a quanto prescritto dalla normativa, provvederà ad incrementare le dimensioni della rete di terra facendo posare un secondo anello. Tutti gli anelli di terra delle fondazioni saranno collegati tra di loro, allo scopo di ridurre la resistenza di terra complessiva.

La corda di rame possiederà le caratteristiche tecniche di massima:

- ☯ Materiale: rame elettrolitico *CU-ETP 99.9%*;
- ☯ Stato superficiale: nudo;
- ☯ Stato fisico: crudo o ricotto;
- ☯ Tolleranza: secondo norme *CEI 7-1/1977*;
- ☯ Sezione: 50 mm<sup>2</sup>

Il dispersore verrà interrato ad una profondità pari a circa 1,1 metri rispetto ai piani finiti di strade, piazzali o quota del piano di campagna e verrà posta a diretto contatto con uno strato di terreno vegetale di spessore non minore di 20 cm.

#### 4.10 ALLACCIAMENTO ALLA RETE

---

I requisiti da rispettare per l'allacciamento a reti di trasmissione possono essere così sintetizzati:

6. Gli impianti di energia eolica devono rimanere collegati alla rete elettrica anche in caso di sensibili variazioni di tensione e di frequenza;
7. In caso di mancanza di tensione a causa di guasti alla rete, gli impianti di energia eolica devono rimanere collegati alla rete per un tempo stabilito;
8. Durante un guasto alla rete può venire richiesta l'immissione di corrente di corto circuito;
9. Dopo la riparazione del guasto un parco eolico deve riprendere l'immissione in rete al più presto possibile ed entro un tempo massimo prestabilito;
10. I parchi eolici devono poter funzionare a potenza ridotta senza limiti di tempo;
11. Per una distribuzione coordinata del carico elettrico l'aumento della potenza elettrica generata (gradiente di potenza), per es. all'attivazione del parco eolico, deve poter essere regolato conformemente alle direttive del gestore della rete;
12. I parchi eolici devono offrire un contributo alle riserve della rete; con un aumento della frequenza di rete, la potenza fornita deve diminuire;
13. I parchi eolici devono poter contribuire, se necessario, al mantenimento della tensione di rete, erogando o assorbendo potenza reattiva;
14. I parchi eolici devono poter essere integrati nel sistema delle linee elettriche per il monitoraggio ed il controllo a distanza di tutti gli impianti.

## 4.11 STORAGE SYSTEM

---

### I. Descrizione generale

È prevista la realizzazione di un sistema di accumulo, posto all'interno della sottostazione elettrica di trasformazione MT/AT, da circa 30 MW, per l'accumulo di parte dell'energia elettrica prodotta dal parco eolico. Il sistema Energy storage è un impianto di accumulo di energia elettrica a batterie elettrochimiche costituito da apparecchiature per la conversione bidirezionale dell'energia da media a bassa tensione ed il raddrizzamento della corrente da alternata a continua.

La capacità dell'accumulo verrà decisa successivamente alla autorizzazione dell'impianto, sulla base delle reali necessità funzionali per cui verrà costruito lo storage, tematica soggetta ad una fervida evoluzione normativa nei prossimi mesi/anni.

Nel sito verranno installate 6 Power Station, ovvero sistemi di generazione ed accumulo di energia elettrica, e n. 6 battery room, con batterie al Litio (aventi ognuna una potenza massima di circa 5 MWh) e una tensione media in uscita di circa 1000 V in cc. Tale scelta impiantistica è giustificata per sfruttare al meglio la richiesta di energia in caso di mancata produzione, e, nel contempo, per avvantaggiarsi della facoltà di immettere nella RTN energia elettrica nelle ore con un maggior costo orario.

Con i sistemi di accumulo verrà immagazzinata l'energia nelle ore di minore richiesta, maggior produzione e di costo minore, per poi essere reimpressa in rete nei momenti più propizi.

Tali sistemi sono anche utili a sopperire le variazioni istantanee di richiesta di energia da parte della rete. Ogni Power Station è dotata di un trasformatore elevatore MT/BT.

In caso di blackout generale, grazie ai sistemi di accumulo, non sarà necessario disporre di un generatore supplementare per la ripartenza di tutto il sistema.

Il layout prevede la disposizione di n. 6 battery container, n. 6 Power Stations, con al loro interno inverter e trasformatore, il tutto all'interno dell'area recintata della sottostazione elettrica in progetto, secondo la disposizione riportata nella specifica tavola grafica allegata.

Nei seguenti paragrafi vengono descritti gli elementi sopra indicati. La scelta definitiva del modello e del costruttore avverrà successivamente, al termine dell'iter autorizzativo, in esito ad una ricerca di mercato che sarà condotta tra i diversi principali produttori.

### II. Battery Storage Energy

Ciascuna battery storage energy è costituita da più rack battery, ciascun rack battery risulta a sua volta, composto da più moduli di batterie agli ioni di litio costituendo l'unità di accumulo "storage energy".



Il monitoraggio e il controllo dello stato del sistema di accumulo sarà svolto dal sistema BESS RIO UNIT il quale si interfacerà con i vari BESS PLC CONTROLLER.

### III. Power conversion system e Trasformazione BT/MT

Ciascun convertitore statico, nel seguito PCS (Power conversion system), sarà costituito da ponti bidirezionali reversibili, che impiegheranno IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor).

In dettaglio le Power Conversion system sarà equipaggiata con:

- Quadro di conversione bidirezionale AC/DC, costituito da:
  - Induttanze e condensatori di spianamento;
  - Filtro LC di rete lato AC;
  - Filtri RFI per la soppressione dei disturbi elettromagnetici;
- Quadro BESS SCADA, contenente il sistema di supervisione, controllo e monitoraggio delle PCS, capace inoltre di interfacciarsi con il sistema BESS PLC CONTROLLER del sistema di accumulo, garantendo in questo modo il corretto e sicuro funzionamento del sistema stesso.
- Quadro per l'alimentazione dei servizi ausiliari dei quadri di conversione (es. alimentazione sistemi di comando e controllo, condizionamento etc);
- Sistemi di apparecchiature di manovra e protezione (interruttori, fusibili etc), e dispositivi di sicurezza (antincendio, etc).

Nelle immediate vicinanze di ciascuna PCS sarà installato un trasformatore BT/MT.

Le regolazioni di potenza attiva e reattiva in assorbimento ed in erogazione verso la rete, avvengono all'interno della curva di capability (P, Q) del PCS e nel rispetto delle limitazioni/blocchi provenienti dal sistema BESS SCADA.

### IV. Container

I container considerati in questa fase progettuale, per lo stoccaggio delle batterie al litio e destinati al contenimento degli apparati di potenza un peso (completamente equipaggiato) sarà inferiore a 30t.

La temperatura interna sarà costantemente monitorata per garantire le corrette condizioni di lavoro di tutte le apparecchiature. Si riportano qui di seguito le caratteristiche principali:

- Struttura metallica in acciaio, larghezza 5mm per i quattro montanti angolari e 2mm per i restanti;
- I blocchi angolari sono basati su standard ISO per consentire un facile trasporto e sollevamento con normali macchinari;
- Superficie esterna ricoperta da una vernice anti-corrosione;

- Pareti divisorie interne;
- Ogni stanza sarà equipaggiata con porte stagne antipanico;
- Supporto per manuali, inverter, porta batterie;
- Prese elettriche a servizio della distribuzione interna;
- Illuminazione ordinaria e di emergenza;
- Unità di raffreddamento per la gestione termica dei rack batterie;
- Sistema di allarme dotato di segnalazione ottica acustica-anomalie;
- Sistema di segnalazione e soppressione rivelazione incendi, basato su gas inerte.

## 5. STAZIONE ELETTRICA RETE-UTENTE

La società Terna S.p.A. responsabile in Italia della trasmissione e del dispacciamento dell'energia elettrica sulla rete ad alta e altissima tensione ha rilasciato alla committenza la soluzione tecnica minima generale (STMG) circa l'allacciamento alla rete elettrica nazionale. L'ipotesi fornita al committente prevede il collegamento mediante elettrodotto interrato in media tensione ad una stazione di trasformazione di utenza RTN 150 KV di futura installazione all'interno del territorio comunale di Potenza.

Il punto nel quale è collegato alla rete elettrica viene definito normativamente "punto di connessione". Il punto di riserva è invece formato dal punto in cui finisce l'impianto dell'utente ed inizia l'impianto di rete, e nel caso in questione coincide con la stazione elettrica di utenza.

La stazione elettrica di utenza rappresenta, di conseguenza, anche l'interfaccia tra l'impianto di utenza e quello di rete.

In corrispondenza della stazione di utenza verranno dunque installati tutti i dispositivi di regolazione e controllo dell'energia immessa in rete, nonché di protezione degli impianti elettrici.

La stazione utente avrà una sezione a 150 kV e una sezione in ingresso a 30 kV. La stazione è commisurata in base alla massima potenza dell'impianto, e verrà composta dalle opere e dagli impianti che seguono:

- ⊗ N° 1 montante di linea/trasformazione MT/AT, 30/150 KV composto dai seguenti dispositivi elettrici:
  - N° 1 trasformatore trifase di potenza 42/50 MVA, 150/30 kV, ONAF, provvisto di commutatore sotto carico lato AT;

- N° 1 terna di scaricatori di sovratensione, per esterno ad ossido di zinco, 170 kV completi di conta scariche, installati sia a protezione del trasformatore di potenza e sia per il cavidotto in uscita interrato AT;
- N° 3 trasformatori di corrente TA; 200-400/5-5-5-5 A, 10 VA-0.2, 20 VA-0.2, 30 VA-5P30, 30 VA-5P30;
- N° 1 terna di trasformatori di tensione induttivi TVI per esterno, con rapporto 150000: Z 3 - 100: Z3 V, 10 VA cl. 0.2;
- N° 1 interruttore tripolare, 170 kV;
- N° 1 terna di trasformatori di tensione capacitivi TV per esterno collegati sulle sbarre di parallelo, con rapporto 150000:Z3 - 100: Z3 - 100: Z3 - 100:3 V, 50 VACI.0.5, 50 VA-CI.0.5, 50 VA-3P;
- N° 1 sezionatore 170 kV;
- ☉ N° 1 edificio comandi e N°1 edificio ad uso del turbinista, costituiti da container coibentati e contenenti:
  - n° 1 trasformatore per servizi ausiliari MT/BT-potenza 50 kVA;
  - distribuzione ausiliaria C.A. e C.C. compresi di batterie composte;
  - impianto di illuminazione;
  - contatore per misure fiscali;
  - impianto di climatizzazione per i quadri Mt/Bt;
  - impianto di rilevazione incendio e antintrusione;
- ☉ N° 4 torri faro;
- ☉ N° 1 storage potenza massima 30 MW.

La pianta e la sezione degli edifici vengono rappresentate nelle tavole allegate al presente progetto.

Il trasformatore di potenza verrà alimentato dal quadro elettrico MT di collegamento dell'elettrodotto interrato al parco eolico. L'energia elettrica, dopo essere stata trasformata alla tensione di 150 kV, verrà evacuata in AT attraverso un cavo aereo a 150 kV.

L'intero impianto e le apparecchiature installate verranno corrispondenti alle prescrizioni delle Norme CEI generali (11-1) e specifiche. Le caratteristiche principali risultano le seguenti:

- tensione massima: 170 kV;
- tensione nominale di tenuta a frequenza industriale sul sezionamento: 325 kV;
- tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico sul sezionamento: 750 kV.

Interruttori tripolari in SF<sub>6</sub>:

- corrente nominale: 2000 A;
- potere di interruzione nominale in cto cto: 31,5 kA.

Sezionatori tripolari verticali di sbarra, orizzontali con lame di messa a terra sulle partenze di linea:

- corrente nominale: 2000 A (non lame di terra);
- corrente nominale di breve durata: 31,5 kA.

Sezionatore tripolare di messa a terra sbarre:

- corrente nominale di breve durata: 31.5 kA.

Trasformatori di corrente:

- rapporto di trasformazione nominale: 400-1600/5 A/A;
- corrente massima permanente: 1,2 I primaria nominale;
- corrente nominale termica di cto cto: 31,5 kA.

Trasformatori di tensione:

- rapporto di trasformazione nominale: 150.000/1.73/100/1.73 V/V;
- le prestazioni verranno definite in sede di progetto esecutivo.

I trasformatori di tensione saranno di tipo capacitivo, eccetto quelli dedicati alle misure contrattuali che potranno essere di tipo induttivo.

Sbarre:

- corrente nominale: 2000 A.

Trasformatore trifase in olio minerale:

- Tensione massima 170 kV;
- Frequenza 50 Hz;
- Rapporto di trasformazione 150/30 kV;
- Livello d'isolamento nominale all'impulso atmosferico 750 kV;

- Livello d'isolamento a frequenza industriale 325 kV;

Tensione di corto circuito 22,5 %:

- Collegamento avvolgimento Primario Stella;
- Collegamento avvolgimento Secondario Triangolo;
- Potenza in servizio continuo (ONAN-ONAF) 30-35 MVA;
- Peso del trasformatore completo 60 t.

Caratteristiche di massima dei componenti MT:

- tensione di esercizio nominale  $V_n$  30 kV;
- tensione di isolamento nominale 36 kV;
- tensione di prova a 50 Hz 1 min 70 kV;
- tensione di tenuta ad impulso 170 kV;
- frequenza nominale 50 Hz;
- corrente nominale in servizio continuo  $I_n$  630 A;
- corrente ammissibile di breve durata  $I_K$  16 kA;
- corrente di cresta  $I_P$  2,5.  $I_K$ ;
- temperatura di esercizio  $-5 \div +40$  °C.

Interruttore a tensione nominale 150 kV:

GRANDEZZE NOMINALI		
Tipologia	Tipo 1	Tipo 2
Salinità di tenuta a 98 kV (Kg/m <sup>3</sup> ) valori minimi consigliati	da 14 a 56 (*)	
Poli (n°)	3	
Tensione massima (kV)	170	
Corrente nominale (A)	1250	2000
Frequenza nominale (Hz)	50	
Tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico verso massa (kV)	750	
Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale verso massa (kV)	325	
Corrente nominale di corto circuito (kA)	20	31.5
Potere di stabilimento nominale in corto circuito (kA)	50	80
Durata nominale di corto circuito (s)	1	
Sequenza nominale di operazioni	O-0,3"-CO-1'-CO	
Potere di interruzione nominale in discordanza di fase (kA)	5	8
Potere di interruzione nominale su linee a vuoto (A)	63	
Potere di interruzione nominale su cavi a vuoto (A)	160	
Potere di interruzione nominale su batteria di condensatori (A)	600	
Potere di interruzione nominale di correnti magnetizzanti (A)	15	
Durata massima di interruzione (ms)	60	
Durata massima di stabilimento/interruzione (ms)	80	
Durata massima di chiusura (ms)	150	
Massima non contemporaneità tra i poli in chiusura (ms)	5,0	
Massima non contemporaneità tra i poli in apertura (ms)	3,3	

(\*)Valori superiori, per condizioni particolari, potranno essere adottati.

Sezionatori orizzontali a tensione nominale 150 kV con lame di messa a terra

GRANDEZZE NOMINALI	
Poli (n°)	3
Tensione massima (kV)	145-170
Corrente nominale (A)	2000
Frequenza nominale (Hz)	50
<b>Corrente nominale di breve durata:</b>	
- valore efficace (kA)	20-31.5
- valore di cresta (kA)	50-80
<b>Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)</b>	1
<b>Tensione di prova ad impulso atmosferico:</b>	
- verso massa (kV)	650
- sul sezionamento (kV)	750
<b>Tensione di prova a frequenza di esercizio:</b>	
- verso massa (kV)	275
- sul sezionamento (kV)	315
<b>Sforzi meccanici nominali sui morsetti:</b>	
- orizzontale longitudinale (N)	800
- orizzontale trasversale (N)	270
<b>Tempo di apertura/chiusura (s)</b>	≤15
<b>Prescrizioni aggiuntive per il sezionatore di terra</b>	
- Classe di appartenenza	A o B, secondo CEI EN 61129
- Tensioni e correnti induttive nominali elettromagnetiche ed elettrostatiche (kV,A)	Secondo classe A o B, Tab.1 CEI EN 61129

## Sezionatori verticali a tensione nominale 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI	
Poli (n°)	3
Tensione massima (kV)	145-170
Corrente nominale (A)	2000
Frequenza nominale (Hz)	50
<b>Corrente nominale di breve durata:</b>	
- valore efficace (kA)	20-31.5
- valore di cresta (kA)	50-80
<b>Corrente nominale commutazione di sbarra (A)</b>	1600
<b>Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)</b>	1
<b>Tensione di prova ad impulso atmosferico:</b>	
- verso massa (kV)	650
- sul sezionamento (kV)	750
<b>Tensione di prova a frequenza di esercizio:</b>	
- verso massa (kV)	275
- sul sezionamento (kV)	315
<b>Sforzi meccanici nominali sui morsetti:</b>	
- orizzontale longitudinale (N)	1250
- orizzontale trasversale (N)	400
<b>Tempo di apertura/chiusura (s)</b>	≤15

## Sezionatore di terra sbarre a tensione nominale 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI	
Poli (n°)	3
Tensione massima (kV)	145-170
Frequenza nominale (Hz)	50
<b>Corrente nominale di breve durata:</b>	
- valore efficace (kA)	20-31.5
- valore di cresta (kA)	50-80
<b>Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)</b>	1
<b>Tensione di prova ad impulso atmosferico:</b>	
- verso massa (kV)	650
<b>Tensione di prova a frequenza di esercizio:</b>	
- verso massa (kV)	275
<b>Sforzi meccanici nominali sui morsetti:</b>	
- orizzontale trasversale (N)	600
<b>Tempo di apertura/chiusura (s)</b>	≤15

## Trasformatore di corrente a tensione nominale 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI		
Tensione massima	(kV)	170
Frequenza	(Hz)	50
Rapporto di trasformazione(**)	(A/A)	400/5 800/5 1600/5
Numero di nuclei(**)	(n°)	3
Corrente massima permanente	(p.u.)	1,2
Corrente termica di corto circuito	(kA)	31,5
Impedenza secondaria II e III nucleo a 75°C	(Ω)	≤0,4
Reattanza secondaria alla frequenza industriale	(Ω)	Trascurabile
<b>Prestazioni(**) e classi di precisione:</b>		
- I nucleo	(VA)	30/0,2 50/0,5
- II e III nucleo	(VA)	30/5P30
Fattore sicurezza nucleo misure		≤10
Tensione di tenuta a f.i. per 1 minuto	(kV)	325
Tensione di tenuta a impulso atmosferico	(kV)	750
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV	(kg/m <sup>3</sup> )	da 14 a 56(*)
<b>Sforzi meccanici nominali sui morsetti</b>		
Secondo la Tab.8, Classe II della Norma CEI EN 60044-1.		

(\*)Valori superiori, per condizioni particolari, potranno essere adottati.

(\*\*) I valori relativi ai rapporti di trasformazione, alle prestazioni ed al numero dei nuclei devono intendersi come raccomandati; altri valori potranno essere adottati in funzione delle esigenze dell'impianto.

## Trasformatore di tensione capacitivo a tensione nominale di 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI	
Tensione massima di riferimento per l'isolamento (kV)	170
Rapporto di trasformazione	$\frac{150.000/\sqrt{3}}{100/\sqrt{3}}$
Frequenza nominale (Hz)	50
Capacità nominale (pF)	4000
Prestazioni nominali (VA/classe)	40/0,2-75/0,5-100/3P(**)
Fattore di tensione nominale con tempo di funzionamento di 30 s	1,5
Tensione di tenuta a f.i. per 1 minuto (kV)	325
Tensione di tenuta a impulso atmosferico (kV)	750
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV (kg/m <sup>3</sup> )	Da 14 a 56(*)
Scarti della capacità equivalente serie in AF dal valore nominale a frequenza di rete	-20% + 50%
Resistenza equivalente in AF (Ω)	≤ 40
Capacità e conduttanza parassite del terminale di bassa tensione a frequenza compresa tra 40 e 500 kHz, compresa l'unità elettromagnetica di misura:	
- C <sub>pa</sub> (pF)	≤(300+0,05 C <sub>n</sub> )
- G <sub>pa</sub> (μS)	≤50
<b>Sforzi meccanici nominali sui morsetti:</b>	
- orizzontale, applicato a 600 mm sopra la flangia B (N)	2000
- verticale, applicato sopra alla flangia B (N)	5000

(\*)Valori superiori, per condizioni particolari, potranno essere adottati

(\*\*) I valori relativi alle prestazioni e al numero dei nuclei devono essere intesi come raccomandati altri valori potranno essere adottati in funzione delle esigenze dell'impianto.



## Trasformatore di tensione induttivo a tensione nominale di 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI	
Tensione massima di riferimento per l'isolamento (kV)	170
Tensione nominale primaria (V)	$150.000/\sqrt{3}$
Tensione nominale secondaria (V)	$100/\sqrt{3}$
Frequenza nominale (Hz)	50
Prestazione nominale (VA)(**)	50
Classe di precisione	0,2-0,5-3P
Fattore di tensione nominale con tempo di funzionamento di 30 s	1,5
Tensione di tenuta a f.i. per 1 minuto (kV)	325
Tensione di tenuta a impulso atmosferico (kV)	750
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	Da 14 a 56(*)
<b>Sforzi meccanici nominali sui morsetti:</b>	
- orizzontale (N)	Tab. 9 Norma CEI EN 60044- 2
- verticale (N)	

(\*)Valori superiori, per condizioni particolari, potranno essere adottati

(\*\*) I valori relativi alle prestazioni e al numero dei nuclei devono essere intesi come raccomandati; altri valori potranno essere adottati in funzione delle esigenze dell'impianto.

## Scaricatori per tensione nominale a 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI	
Tensione di servizio continuo (kV)	110
Frequenza (Hz)	50
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	Da 14 a 56(*)
Massima tensione temporanea per 1s (kV)	158
Tensione residua con impulsi atmosferici di corrente (alla corrente nominale 8/20 $\mu\text{s}$ ) (kV)	396
Tensione residua con impulsi di corrente a fronte ripido (10 kA - fronte 1 $\mu\text{s}$ ) (kV)	455
Tensione residua con impulsi di corrente di manovra (500 A, 30/60 $\mu\text{s}$ ) (kV)	318
Corrente nominale di scarica (kA)	10
Valore di cresta degli impulsi di forte corrente (kA)	100
Classe relativa alla prova di tenuta ad impulsi di lunga durata	2
Valore efficace della corrente elevata per la prova del dispositivo di sicurezza contro le esplosioni (kA)	31,5

(\*)Valori superiori, per condizioni particolari, potranno essere adottati