

Selva Wind Srl

# Parco Eolico Selva Wind sito nel Comune di Enna

**Disciplinare Descrittivo e Prestazionale degli Elementi  
Tecnici**

Gennaio 2023



Committente:

**Selva Wind Srl**

**Selva Wind Srl**

Via Sardegna, 40

00187 Roma

selvawindsrl@cert.studiopirola.com

Titolo del Progetto:

**Parco Eolico Selva Wind sito nel Comune di Enna**

Documento:

**Disciplinare Descrittivo e  
Prestazionale degli Elementi Tecnici**

N° Documento:

**IT-VesSEL-BFP-GEN-TR-005**

Progettista:



Via Degli Arredatori, 8  
70026 Modugno (BA) - Italy  
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net  
tel. (+39) 0805046361

Azienda con Sistema di Gestione Certificato  
**UNI EN ISO 9001:2015**  
**UNI EN ISO 14001:2015**  
**UNI ISO 45001:2018**

**Tecnico**

ing. Danilo POMPONIO

**Collaborazioni**

ing. Milena MIGLIONICO

ing. Giulia CARELLA

ing. Tommaso MANCINI

ing. Fabio MASTROSERIO

ing. Martino LAPENNA

ing. Alessia NASCENTE

ing. Mariano MARSEGLIA

ing. Giuseppe Federico ZINGARELLI

ing. Dionisio STAFFIERI

**Responsabile Commessa**

ing. Danilo POMPONIO

Rev	Data Revisione	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
00	30/01/2022	Emissione	Zingarelli	Miglionico	Pomponio

## Sommario

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2. SEZIONE I – COMPONENTI DELL’IMPIANTO .....</b>	<b>5</b>
<b>3. SEZIONE II - STRADE DI ACCESSO AL PARCO EOLICO E DI COLLEGAMENTO TRA GLI AEROGENERATORI.....</b>	<b>12</b>
<b>4. SEZIONE III- PIAZZOLE DI MONTAGGIO DEI COMPONENTI DEGLI AEROGENERATORI .....</b>	<b>22</b>
<b>5. SEZIONE IV- LAVORI DI SCAVO DEI PLINTI DI FONDAZIONE DEGLI AEROGENERATORI.....</b>	<b>25</b>
<b>6. SEZIONE V- REALIZZAZIONE DEI PLINTI DI FONDAZIONE DELLE TORRI .....</b>	<b>30</b>
<b>7. SEZIONE VII - OPERE ELETTRICHE.....</b>	<b>36</b>

## 1. PREMESSA

Il presente disciplinare contiene la descrizione delle caratteristiche, della forma, delle principali dimensioni dell'intervento, dei materiali e dei componenti previsti nel progetto, relativo alla realizzazione del parco eolico proposto dalla società **Selva Wind S.r.l.**

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 11 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 7,2 MW per una potenza complessiva di 79,2 MW, da realizzarsi nel territorio comunale di Enna (EN) e delle relative opere di connessione alla Cabina Utente che si collegherà con cavidotto AT alla stazione Elettrica Terna .

L'impianto eolico per la produzione di energia elettrica avrà le seguenti caratteristiche generali:

- n° 11 aerogeneratori della potenza di 7,2 MW ciascuno, avente un diametro del rotore di 162 metri ed un'altezza al mozzo pari a 119 metri, comprensivi al loro interno di trasformazione BT/MT;
- Strade di accesso agli impianti e n. 11 piazzole di montaggio degli aerogeneratori;
- Rete elettrica interrata a 36 kV per l'interconnessione tra gli aerogeneratori e la Cabina Utente;
- Cabina Utente;
- Rete telematica di monitoraggio in fibra ottica per il controllo dell'impianto eolico mediante trasmissione dati via modem o satellitare;
- Rete elettrica interrata a AT per la connessione tra la Cabina Utente e la futura Stazione Terna.

Le opere da eseguire sono così di seguito suddivise:

### **SEZIONE I**

*Componenti Impianto*

### **SEZIONE II**

*Strade di accesso al parco eolico e di collegamento tra gli aerogeneratori;*

### **SEZIONE III**

*Piazzole di montaggio dei componenti degli aerogeneratori;*

### **SEZIONE IV**

*Lavori di scavo dei plinti di fondazione degli aerogeneratori;*

### **SEZIONE V**

*Realizzazione dei plinti di fondazione degli aerogeneratori;*

### **SEZIONE VI**

*Realizzazione della sottostazione;*

### **SEZIONE VII**

*Opere elettriche.*

## 2. SEZIONE I – COMPONENTI DELL'IMPIANTO

### 2.1 Torri di sostegno

Gli aerogeneratori previsti in progetto sono costituiti da tre elementi principali:

- una torre di sostegno;
- un rotore a tre pale;
- una navicella con gli organi meccanici di trasmissione.

Il sostegno degli aerogeneratori è costituito da una torre tubolare di altezza pari a 119 m. La struttura è realizzata in acciaio, è di forma tronco-conica ed ha un peso di circa 400 t. La torre è divisa in quattro tronchi, prodotti in officina e trasportati singolarmente in cantiere dove verranno assemblati. Alla base della torre è posizionata un'apertura che consente l'accesso all'interno. Dalla base si può raggiungere la navicella, posizionata sulla sommità della torre, attraverso una scala interna dotata di idonei parapetti anticaduta. In corrispondenza di ogni tronco della torre, è prevista una piattaforma di sosta che interrompe la salita; internamente l'illuminazione della torre viene garantita con continuità da un sistema di emergenza. Per evitare di raggiungere frequentemente la navicella attraverso la scala, i sistemi di controllo del convertitore e di comando dell'aerogeneratore sono posizionati su una piattaforma alla base della torre. Dalla navicella l'energia prodotta viene trasportata ai quadri a base torre attraverso cavi schermati che scendono in verticale all'interno di una passerella. Tutti i segnali di controllo infine vengono trasmessi alla navicella attraverso cavi a fibre ottiche. Per garantire la protezione alla corrosione, la torre sarà rivestita con un sistema di verniciatura multistrato in conformità alla norma EN ISO 12944; tutte le saldature saranno verificate a raggi X o con equivalenti sistemi ad ultrasuoni. La finitura esterna della struttura sarà di colore chiaro RAL 7035 o similare.

### 2.2 Rotore

Il rotore è costituito da un mozzo, e da 3 pale di lunghezza pari a 81 m realizzate in materiale composito formato da fibre di vetro in matrice epossidica. Associato ad un sistema di regolazione del passo delle pale, il rotore garantisce le migliori prestazioni possibili, infatti si può adattare alle specifiche della rete elettrica e, nello stesso tempo, ridurre le emissioni acustiche. Le pale sono costruite con un profilo alare che ottimizza la produzione di energia in funzione della velocità variabile del vento. Per offrire un impatto minore possibile sull'ambiente, le pale saranno verniciate dalle scariche atmosferiche. Considerando quindi un'altezza della torre di 119 m e un rotore di diametro 162 m, l'altezza totale massima dell'aerogeneratore raggiunge i 200 m circa. L'interfaccia tra il rotore ed il sistema di trasmissione del moto è il mozzo. I cuscinetti delle pale sono imbullonati direttamente sul mozzo, che sostiene anche le flange per gli attuatori di passo e le corrispondenti unità di controllo. Il gruppo mozzo è schermato secondo il

principio della gabbia di Faraday, in modo da fornire la protezione ottimale ai componenti elettronici installati al suo interno. Il mozzo sarà realizzato in ghisa fusa a forma combinata di stella e sfera, in modo tale da ottenere un flusso di carico ottimale con un peso dei componenti ridotto e con dimensioni esterne contenute. La costruzione in ghisa sferoidale GGG 40.3 combina elevata resistenza meccanica e duttilità. Durante il funzionamento, i sistemi di controllo della velocità e del passo interagiscono per ottenere il rapporto ottimale tra massima resa e minimo carico. Nel caso in cui la velocità del vento sia bassa il generatore eolico opera a passo delle pale costante e velocità del rotore variabile, sfruttando costantemente la miglior aerodinamica possibile al fine di ottenere un'efficienza ottimale. A potenza nominale e ad alte velocità del vento il sistema di controllo del rotore agisce sull'attuatore del passo delle pale per mantenere una generazione di potenza costante. Le raffiche di vento fanno accelerare il rotore che viene gradualmente rallentato dal controllo del passo. Questo sistema di controllo permette una riduzione significativa del carico sul generatore eolico fornendo contemporaneamente alla rete energia ad alto livello di compatibilità. Le pale sono collegate al mozzo mediante cuscinetti a doppia corona di rulli a quattro contatti ed il passo è regolato autonomamente per ogni pala. Gli attuatori del passo, che ruotano con le pale, sono motori a corrente continua ed agiscono sulla dentatura interna dei cuscinetti a quattro contatti tramite un ingranaggio epicicloidale a bassa velocità. Per sincronizzare le regolazioni delle singole pale viene utilizzato un controller sincrono molto rapido e preciso. Per mantenere operativi gli attuatori del passo in caso di guasti alla rete o all'aerogeneratore ogni pala del rotore ha un proprio set di batterie che ruotano con la pala. Gli attuatori del passo, il carica batteria ed il sistema di controllo sono posizionati nel mozzo in modo da essere completamente schermati e quindi protetti in modo ottimale contro gli agenti atmosferici o i fulmini. Oltre a controllare la potenza in uscita il controllo del passo serve da sistema di sicurezza primario. Durante la normale azione di frenaggio i bordi d'attacco delle pale vengono ruotati in direzione del vento. Il meccanismo di controllo del passo agisce in modo indipendente su ogni pala. Pertanto, nel caso in cui l'attuatore del passo dovesse venire a mancare su due pale, la terza può ancora riportare il rotore sotto controllo ad una velocità di rotazione sicura nel giro di pochi secondi. In tal modo si ha un sistema di sicurezza a tripla ridondanza. In condizioni climatiche di bufera, il sistema di controllo posiziona le pale del rotore nella configurazione a bandiera, ad incidenza aerodinamica nulla. Ciò riduce nettamente il carico sull'aerogeneratore, e quindi sulla torre.

### **2.3 Navicella**

La navicella è il corpo centrale dell'aerogeneratore, costituita da una struttura portante in acciaio e rivestita da un guscio in materiale composito (fibra di vetro in matrice epossidica), è vincolata alla testa della torre tramite un cuscinetto a strisciamento che le consente di ruotare sul suo asse di imbardata. La sospensione su tre punti del gruppo di trasmissione con un

cuscinetto centrale del rotore e due supporti elastici a sostegno della scatola ingranaggi, nella sua configurazione a cono inclinato, permette di ottenere una costruzione leggera e molto compatta del basamento che, seppure in acciaio saldato, ha tuttavia un alto grado di rigidità. L'alta impedenza del basamento rigido apporta un efficace disaccoppiamento dei rumori originati dalla scatola di ingranaggi. Tutti i componenti sono assemblati modularmente sul basamento. Ciò consente l'utilizzo di una gru di dimensioni ridotte per l'assemblaggio in sito e semplifica i successivi lavori di manutenzione e riparazione. L'ingombro della navicella si può riassumere con un'altezza di circa 3,9 m, una lunghezza di circa 10.3 m e un peso totale di circa 80 t. La navicella contiene l'albero lento, unito direttamente al mozzo, che trasmette la potenza captata dalle pale al generatore attraverso un moltiplicatore di giri; il generatore è del tipo asincrono a 4 poli, a doppia alimentazione, tensione ai morsetti pari a 690 V e frequenza di 50 Hz; la potenza nominale è di 7200 kW. L'ogiva è grande a sufficienza per consentire di accedere direttamente, dalla navicella, ai sistemi di controllo del passo, situati all'interno del mozzo, per eseguire la manutenzione. Per l'assorbimento acustico l'intera navicella è rivestita di materiale fonoassorbente.

Gli aereogeneratori saranno equipaggiati, secondo le norme attualmente in vigore, con un sistema di segnalazione notturna con luce rossa intermittente (2000cd) da installare sull'estradosso della navicella dell'aerogeneratore, mentre la segnalazione diurna consiste nella verniciatura della parte estrema della pala con tre bande di colore rosso ciascuna di 6 m per un totale di 18 m. L'ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile) potrà fornire eventuali prescrizioni concernenti la colorazione delle strutture o la segnaletica luminosa, diverse o in aggiunta rispetto a quelle precedentemente descritte.

#### ***2.4 Impianto elettrico del generatore***

Il generatore elettrico è un asincrono con statore connesso direttamente con la rete. Tra il rotore e lo statore è collegato un convertitore tramite il quale viene variata la frequenza delle grandezze rotoriche in modo da realizzare il funzionamento a velocità variabile. Il convertitore permette inoltre di compensare totalmente la domanda di reattivo del generatore in modo tale da mantenere il fattore di potenza al valore desiderato. La trasmissione della potenza dall'albero lento al generatore elettrico è realizzata con un moltiplicatore. La strategia di controllo aerodinamico utilizzata è il Pitch-Control che consente di ottimizzare la potenza erogata diminuendo o aumentando l'efficienza aerodinamica delle pale a seconda delle condizioni di ventosità. Il generatore è protetto da una capsula che lo riveste completamente ed ha una classe di protezione IP54. Il calore prodotto viene disperso nell'atmosfera mediante uno scambiatore aria-aria che fa uso di canali fonoassorbenti. Il convertitore è controllato attraverso circuiti di elettronica di potenza da un microprocessore a modulazione di ampiezza d'impulso

(PWM). La fornitura di corrente è quasi completamente priva di flicker, infatti la possibilità di regolare la potenza reattiva, la presenza di una bassa distorsione, ed il minimo contenuto di armoniche consentono una fornitura di energia eolica di alta qualità. Va sottolineata inoltre, la bassa potenza di cortocircuito che permette una migliore utilizzazione della capacità di rete evitando, in alcuni casi, la necessità di un potenziamento.

### ***2.5 Sistema di imbardata***

La migliore condizione di funzionamento di un aerogeneratore si verifica quando il rotore risulta perfettamente allineato alla direzione del vento principale. In questa posizione si evitano infatti carichi aggiuntivi, che gravano sulla macchina, e si sfruttano al massimo grado le capacità produttive ottenendo la migliore produzione attesa. Per assumere la posizione ideale in ogni condizione, l'aerogeneratore è dotato di due banderuole che, attraverso un sensore, rilevano lo scostamento dell'asse dell'aerogeneratore rispetto alla direzione del vento, e azionano un motore che riallinea la navicella. Il basamento del sistema è ancorato alla torre attraverso una ralla a quattro contatti con una dentatura esterna. Il sistema di imbardata della navicella è regolato da un sistema di motoriduttori. Con questo meccanismo, tra un movimento di imbardata e l'altro, gli spostamenti della navicella vengono regolati dal freno d'imbardata, evitando che i sistemi di regolazione di direzione siano sottoposti a forti pressioni causate dal vento. Durante l'imbardata la dentatura potrebbe subire un'inversione di direzione, per evitare ciò e per proteggere il meccanismo, la pressione del freno viene ridotta. La regolazione dei freni di imbardatura avviene attraverso una centralina oleodinamica così come avviene per il freno di sicurezza del sistema di trasmissione. Per garantire il funzionamento del sistema frenante in ogni condizione, l'impianto idraulico è dotato di accumulatori che consentono di regolare la pressione dei freni anche nel caso in cui venisse a mancare l'alimentazione.

### ***2.6 Sistema di trasmissione***

I carichi del rotore, rappresentati dal peso proprio e dalle azioni esterne che su di esso agiscono, vengono trasferiti alla torre attraverso tre punti collocati sulla flangia superiore della torre.

La forma compatta del rotore, la posizione perpendicolare del suo asse rispetto a quello della torre ed il tipo di collegamento ad essa, definiscono un sistema regolare di carichi. Ciò permette di utilizzare materiali comuni per la costruzione di aerogeneratori anziché ricorrere a materiali dalle prestazioni meccaniche eccezionali. Tutti i carichi del rotore vengono trasferiti al basamento, e quindi alla torre, attraverso un cuscinetto fisso, un cuscinetto mobile e le sospensioni elastiche. Il cuscinetto fisso, a rulli oscillanti, è posizionato dal lato rotore, direttamente sul basamento; quello mobile invece è collegato all'albero di trasmissione attraverso un disco calettato a caldo ed è integrato nella scatola ingranaggi. Le sospensioni



elastiche, realizzate in gomma, hanno la funzione di trasferire al basamento i carichi che si ripartiscono sulla scatola degli ingranaggi. Il cuscinetto a rulli oscillanti dal lato rotore è inserito, insieme al dispositivo di blocco del rotore, in una sede realizzata in ghisa sferoidale GGG 40.3; viene protetto dalle azioni degli agenti esterni da tenute a labirinto e V-rings e lubrificato con grasso. La posizione in prossimità del rotore consente, durante le fasi di manutenzione, di fissare il rotore bullonandolo. Sull'albero del rotore è forgiata una flangia realizzata in acciaio inossidabile di tipo 30CrNiMo8, e l'estremità dell'albero, in corrispondenza del rotore, è inserita direttamente nell'ingranaggio epicicloidale e fissata alla scatola ingranaggi con disco calettato a caldo. La scatola degli ingranaggi è costituita da due ruote dentate cilindriche e una ruota epicicloidale; la loro dentatura è stata ottimizzata per ridurre al meglio le emissioni acustiche. Sul basamento della scatola degli ingranaggi sono inseriti elementi di sospensione e sono integrate delle bussole elastiche, realizzate con materiali che assicurino una lunga durata. Il sistema di sospensione elastica consente di avere un supporto mobile che, interposto tra il basamento e la scatola ingranaggi, riduce la frequenza delle vibrazioni e quindi la rumorosità. Nell'accoppiamento elastico tra la scatola ingranaggi e il generatore è stato integrato un freno a disco, con due pinze ad alta resistenza termica, che viene azionato in caso di frenata di emergenza. L'accoppiamento compensa ogni spostamento che si verifichi tra la scatola ingranaggi ed il generatore, causato dalla sospensione elastica della scatola stessa. Infine, l'accoppiamento è dotato di una frizione di sicurezza che, in caso di cortocircuito, protegge la scatola ingranaggi prevenendo il trasferimento di momenti torcenti su di essa. Il freno a disco meccanico viene attivato da molle ed un azionamento idraulico, ed ha in realtà la funzione di sistema di sicurezza aggiuntiva. Esso viene attivato solo nel caso di grave malfunzionamento, ad esempio un'avaria dei meccanismi di regolazione delle pale, e quindi crea un ulteriore livello di sicurezza oltre ai sistemi indipendenti di regolazione del passo.

## **2.7 Sistema di controllo**

Ogni funzione dell'aerogeneratore viene monitorata e controllata attraverso un sistema a microprocessori connesso, in tempo reale, ad un'architettura multiprocessore. I segnali originati dagli aerogeneratori vengono trasmessi attraverso i sensori di cavi a fibre ottiche. In questo modo il sistema risulta maggiormente protetto contro le correnti vaganti ed i fulmini ed è ottimizzata la velocità di trasferimento del segnale. I dati raccolti dalle macchine vengono registrati e analizzati attraverso un computer, collegato al sistema, da cui è possibile anche regolare i valori di velocità del rotore e del passo delle pale. Questo sistema garantisce quindi anche la supervisione dell'impianto elettrico e del meccanismo di regolazione del passo ubicato nel mozzo. Restituisce tutte le informazioni relative alla velocità del rotore e del generatore, alla tensione di rete, alla frequenza, alla fase, alla pressione dell'olio, alle vibrazioni, alle

temperature di funzionamento, allo stato dei freni, ai cavi e perfino alle condizioni meteorologiche. Le apparecchiature e i meccanismi più sensibili vengono monitorati continuamente e, in caso di emergenza, è possibile arrestarne il funzionamento attraverso un circuito cablato, anche senza l'uso di un computer e di un'alimentazione esterna. Con questo tipo di sistema di controllo, è possibile monitorare tutte le componenti l'impianto anche a distanza, attraverso un computer collegato mediante una linea telefonica. In questo modo possono essere attivate in tempo reale le operazioni di manutenzione e si può garantire la continuità di funzionamento dell'impianto. Il sistema di controllo è inoltre strutturato a vari livelli, ognuno protetto da password, che permettono in alcuni casi anche il telecomando dell'aerogeneratore.

### **2.8 Caratteristiche tecniche**

Il modello di aerogeneratore previsto dal progetto è del tipo VESTAS V-162 da 7.2 MW o similare .

Di seguito vengono elencate le caratteristiche tecniche, certificate dal costruttore.

Gli aerogeneratori sono stati progettati per operare in condizioni di umidità relativa del 100%, a temperature variabili tra  $-20^{\circ}\text{C}$  e  $+40^{\circ}\text{C}$  e sono dotati di una protezione contro la corrosione nel rispetto della norma ISO 12944-2.

**Tabella 1 – Scheda tecnica dell'aerogeneratore**

ROTORE	Diametro	162 m
	Area spazzata	20.612 mq
	Numero di pale	3
	Materiale	GRP (CRP) materiale plastico rinforzato con fibra di vetro o similare
	Velocità nominale	12.1 giri/min.
	Senso di rotazione	orario
	Posizione rotore	Sopra vento
TRASMISSIONE	Potenza nominale	7.200 kW
SISTEMA ELETTRICO	Tipo generatore	Asincrono a 4/6 poli,
	Classe di protezione	IP 54
	Frequenza	50/60 Hz
TORRE IN ACCIAIO	Altezza al mozzo	105 m
	Numero segmenti	6
SISTEMA DI CONTROLLO	Tipo	Microprocessore
	Trasmissione segnale	Fibra ottica
	Controllo remoto	PC-modem, interfaccia grafica

## **2.9 Impianto elettrico aerogeneratore**

Tale specifica racchiude le caratteristiche necessarie al dimensionamento dell'impianto all'interno dell'aerogeneratore comprensivo di:

- Dati tecnici sistema di conversione (trasformatore);
- Dati tecnici del quadro MT;
- Scomparto arrivo/partenza cavi MT di collegamento aerogeneratori;
- Dati tecnici del dispositivo di generatore in BT.

### **a) Trasformatore**

Il trasformatore utilizzato sarà del tipo trifase ed utilizzerà un liquido isolante con punto di infiammabilità maggiore di 300 °C. In caso di guasto del trasformatore questo può essere facilmente smontato e riparato all'interno della torre.

### **b) Quadro MT**

Per ogni aerogeneratore si prevede l'installazione di Quadro MT a bordo macchina per la connessione elettrica alla linea di raccolta interna al parco eolico, nella configurazione a singolo o doppio ingresso, secondo quanto previsto nello schema elettrico unifilare di progetto. Ogni aerogeneratore è dotato di uno o più quadri per l'arrivo/partenza di una o più linee di connessione secondo lo schema elettrico unifilare al fine di minimizzare la lunghezza della linea MT e di migliorare la continuità di servizio.

### **c) Scomparto arrivo/partenza cavi MT (collegamento aerogeneratori)**

Ogni aerogeneratore è dotato di uno o più quadri per l'arrivo/partenza di una o più linee di connessione secondo lo schema elettrico unifilare al fine di minimizzare la lunghezza della linea MT e di migliorare la continuità di servizio.

### **d) Dispositivo di generatore BT**

Per dispositivo di generatore si intende quel dispositivo in grado di escludere ciascun gruppo di generazione ed è posto solitamente a monte del generatore asincrono. Tale dispositivo rientra tra i dispositivi riconosciuti come "metal enclosed" in accordo alle norme di riferimento dei costruttori: DIN EN 60439.

### **e) Sistema di ventilazione**

All'interno della torre sono evidenziabili 3 piattaforme posizionate a quote diverse in funzione delle apparecchiature montate e connesse tra loro da un sistema di ventilazione forzato;

Sono riconoscibili:

- Piattaforma "bassa" (posizionamento trasformatore)
- Piattaforma "intermedia" (quadri media tensione)

- Piattaforma "alta" (sistema di conversione)

La parete della torre in corrispondenza della piattaforma intermedia presenta una cavità per l'areazione del sistema di ventilazione proveniente dal vano trasformatore. Quest'ultimo è dotato di 3 "fan coil" in corrispondenza delle tre colonne che vengono azionati da un sistema di controllo per la dissipazione del calore, mediante misurazione della differenza di temperatura tra la camera del trasformatore e gli avvolgimenti dotati di 3 termosonde PT100. Per quanto riguarda il sistema di conversione, è previsto all'interno del convertitore un sistema di estrazione e ventilazione dell'aria che viene azionato in relazione allo stato di funzionamento del dispositivo.

### **3. SEZIONE II - STRADE DI ACCESSO AL PARCO EOLICO E DI COLLEGAMENTO TRA GLI AEROGENERATORI.**

#### **3.1 Strade di accesso e viabilità 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 sedi 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.

#### **3.1.1 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.

Inoltre, le livellette seguono quasi fedelmente le pendenze attuali del terreno per ridurre scavi e riporti ed il tracciato ha un raggio di curvatura minimo di 30 m.

In questa fase la sezione stradale avrà larghezza variabile, rispetto a quella standard pari a 5,00 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.

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 potranno raggiungere anche i 60 m di lunghezza e le 70 t. di massa complessiva.

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 devono 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 per uno spessore medio di 20 cm, il carico, trasporto a rifiuto o reimpiego del materiale; comprende lo sradicamento delle ceppaie e la selezione e l'accantonamento in situ del cotico erboso per il successivo reimpiego in fase di rinaturalizzazione delle aree di cantiere; In ogni tratto stradale bisognerà prestare particolare attenzione alle alberature

agli arbusti esistenti, che dovranno essere salvaguardati anche per la natura stessa delle aree di intervento.

- **Realizzazione dello strato di fondazione:** Il corpo stradale sarà realizzato secondo le seguenti modalità:
  - a) Polverizzazione (frantumazione e sminuzzamento di eventuali zolle), se necessario, della terra in sito ottenibile mediante passate successive di idonea attrezzatura
  - b) Determinazione in più punti e a varie profondità dell'umidità della terra in sito, procedendo con metodi speditivi.
  - c) Spandimento della calce.
  - d) Polverizzazione e miscelazione della terra e della calce mediante un numero adeguato di passate di pulvimixer in modo da ottenere una miscela continua ed uniforme.
  - e) Spandimento e miscelazione della terra a calce.
  - f) Compattazione della miscela Terra-Calce mediante rulli vibranti a bassa frequenza e rulli gommati di adeguato peso fino ad ottenere i risultati richiesti.
- **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 in misto granulare stabilizzato per uno spessore finito di circa 10 cm.

### 3.1.2 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 di 5,00 ml, mentre tutti i cigli dovranno essere conformati e realizzati secondo le indicazioni della direzione lavori, e comunque 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.

### 3.2 Oneri, e prescrizioni esecutive alla realizzazione della viabilità.

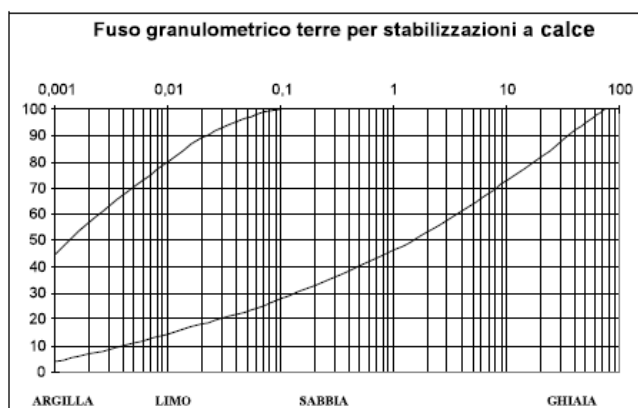
Consolidamento delle Terre con Calce – Caratteristiche dei Materiali da Impiegare:

#### Terre

La terra utilizzabile per la formazione del corpo del rilevato stradale, dei sottofondi o dei cassonetti in trincea, per la stabilizzazione a calce (ossido di calcio CaO), deve essere costituita da materiali provenienti da cave autorizzate o presenti in sito con contenuto di materiale organico inferiore al 2% per la frazione di terra passante al crivello da 20 mm (non superiore al 2% della specie SO<sub>3</sub> e determinabile mediante il procedimento descritto dalla UNI EN 1744-1:1999) e classificabili, secondo la normativa CNR-UNI 10006:2002 come appartenenti alle seguenti categorie:

- A6 e A7 (indice di plasticità normalmente  $\geq 10$ );
- A2/6 e A2/7 con una frazione passante al setaccio 0.425 UNI non inferiore al 35%.

Le terre dovranno rientrare normalmente nel fuso riportato in Figura 1; sono ammesse anche granulometrie diverse se dallo studio di laboratorio delle miscele terra-calce risulta l'idoneità della terra ad essere stabilizzata.



**Figura 1 - Fuso granulometrico di riferimento (CNR-UNI 10006:2002).**

## Calce

La calce da impiegare nella stabilizzazione deve essere calce aerea preferibilmente del tipo viva macinata, sfusa o in sacchi. È ammesso anche l'utilizzo di calce idrata in polvere, sfusa o in sacchi, solamente qualora le condizioni di umidità del terreno naturale siano sensibilmente inferiori a w<sub>opt</sub>, (Umidità Ottimale Prova AASHO Standard) oppure qualora vi siano problemi relativi alla sicurezza di persone o possibilità di danneggiare beni. Entrambi i tipi dovranno rispondere ai requisiti di accettazione indicati nel R.D. 2231 del 16 novembre 1939. Qualora venga impiegata calce idrata invece che calce viva la percentuale di calce viva definita dalle prove di laboratorio ed accettata dalla Direzione Lavori dovrà essere maggiorata di 1/5. Nel caso di approvvigionamento di calce in sacchi, questi dovranno riportare il marchio di fabbrica del produttore; nel caso di calce sfusa l'indicazione dovrà risultare dai documenti di viaggio.

La calce dovrà risultare del tipo indicato in Tabella 1, (valori percentuali in peso).

**Tabella 1 – Requisiti chimici della calce.**

Requisito	Calce Viva	Calce Idrata
CO <sub>2</sub>	≤ 4%	-
(CaO + MgO) Totali	≥ 90%	-
MgO	≤ 10%	≤ 10%
SO <sub>3</sub>	≤ 2%	≤ 2%
Titoli in idrati	-	≥ 90%
SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + SO <sub>3</sub>	≤ 5%	≤ 5%

I valori sopra riportati per la calce viva corrispondono alla condizione di prodotto alla consegna, mentre per la calce idrata tali valori corrispondono ad una condizione di prodotto con contenuto in umidità 2%. Si dovranno inoltre ottenere da un'analisi granulometrica i parametri di Tabella 2.

Requisito	Calce Viva	Calce Idrata
Pezzatura	≤ 2 mm	-
Passante al setaccio con luce netta da:	200 μm ≥ 95%	90 μm ≥ 85%

**Tabella 2 – Requisiti fisici della calce.**

### Acqua

L'acqua eventualmente utilizzata per conferire agli impasti terra-calce il tenore di umidità ottima di costipamento e per mantenere questo tenore durante l'eventuale periodo di maturazione degli strati compattati deve essere dolce, limpida ed esente da impurità dannose (oli, acidi, alcali, cloruri, solfati e materie organiche) (UNI 8981/7 -UNI 9858).

### Macchinari

La scarificazione, la polverizzazione e la miscelazione della terra con la calce e l'acqua dovranno essere fatte con idonei macchinari atti a lavorare uniformemente il materiale (es. Pulvimixer). La potenza delle macchine dovrà essere adeguata agli spessori degli strati da trattare e compatibile con la produzione giornaliera prevista. I motolivellatori dovranno essere semoventi. Gli spargitori di calce dovranno assicurare una precisione di dosaggio, meglio se equipaggiati con sistemi elettronici di controllo della stessa. Le attrezzature costipanti (rulli a piastre, rulli lisci, rulli gommati) dovranno dare garanzie del raggiungimento dei valori di densità in sito richiesti. I distributori d'acqua dovranno essere forniti di valvole a rapido disinnesto per la sospensione dell'erogazione e dovranno garantire una distribuzione uniforme e controllabile.

### Progetto delle Miscele

#### Analisi preliminare delle terre

La D.L., preliminarmente all'inizio delle lavorazioni, dovrà definire il programma di indagini di laboratorio, da eseguirsi presso laboratori certificati, al fine di determinare la miscela più idonea per il trattamento del materiale. Le analisi da eseguirsi vengono di seguito descritte.



## **Classificazione della terra**

### Analisi granulometrica

Si dovrà eseguire, dopo avere misurato il tenore di umidità naturale, secondo la norma CBR-UNI 10008:1963, l'analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione (B.U. CNR 23/71).

### Determinazione del valore di blu di metilene VB

Con tale prova si determina la quantità di blu di metilene adsorbita selettivamente dalle superfici dei minerali d'argilla contenuti nella terra; tale quantità è proporzionale alla superficie specifica delle particelle argillose e pertanto misura globalmente la quantità e l'attività della frazione argillosa della terra. Perché una terra sia accettabile deve presentare un valore di blu VB > 200 cm<sup>3</sup> di soluzione (10 g/l) di blu di metilene per 100 grammi della frazione di terra passante al setaccio 0.25 mm UNI 2332, determinato in conformità alla Norma UNI EN 933-9.

### Determinazione del contenuto di sostanze organiche

Il tenore in materie organiche del terreno deve essere inferiore al 2% in massa, determinato mediante il metodo descritto nella UNI-EN 1744-1/15:1999, tale valore può arrivare al 4% ma è obbligatorio studiare una miscela di riferimento.

### Determinazione della capacità stabilizzante della calce

Tale prova viene anche definita come consumo iniziale di calce (CIC) e rappresenta la quantità di calce necessaria per soddisfare le reazioni immediate terra-calce, in relazione alla capacità di scambio cationico dei minerali d'argilla. Il valore di CIC, determinato secondo norma ASTM D6276-99a, deve essere maggiore dell'1.5%.

### Determinazione del contenuto di solfati

La reazione con la calce dei solfati provoca un consumo supplementare e possono nel tempo originarsi composti espansivi. La presenza percentuale dei solfati (SO<sub>3</sub>), determinati secondo la UNI-EN 1744-1/12:1999, deve essere non superiore a 1% in peso. Nel caso di utilizzo di gesso per accelerare l'indurimento della miscela TCA occorre che il quantitativo di quest'ultimo sia inferiore a valori dell'1% del peso secco del terreno.

### Determinazione dell'umidità ottimale e della densità secca massima

Determinazione della curva di costipamento con energia Proctor modificata (UNI EN 13286-2:2005) con almeno 5 punti di umidità comprendenti il valore dell'umidità naturale della terra in sito.

## **Studio della miscela di progetto**

### Limiti di consistenza

Il comportamento della terra in sito e della miscela all'acqua dovrà essere indagato attraverso la determinazione dei limiti di Atterberg (limite liquido wL e limite plastico wP) effettuata secondo la Norma CNR-UNI 10014:1963 sul materiale passante al setaccio 0.425 UNI. Si riterrà idonea una terra che, dopo stabilizzazione, presenti un abbattimento dell'indice di plasticità non inferiore al 25%.

#### Determinazione del valore dell'indice di portanza CBR

Si deve determinare il valore dell'indice CBR su provini confezionati secondo la normativa CNR-UNI 10009:1964 punto 3.2.1. , compattati secondo la prova Proctor AASHO ST T 180 Mod. e tenuti a maturare 7 giorni in aria a  $20 \pm 1$  °C e U.R. > 95% (presaturazione) e poi saturati 4 giorni in acqua a  $20 \pm 1$  °C (post saturazione), lo studio dovrà prevedere l'impiego di due provini per ogni valore di umidità della miscela ed inoltre dovranno essere analizzate almeno due miscele con tenori di calce crescenti a partire dal valore minimo del CIC aumentato di 1.0 %. Si riterranno idonee le miscele che presentano le seguenti caratteristiche:

***Piani di posa dei rilevati C.B.R. > 30 Rigonfiamento Lineare (RL) < 1.0%***

***Rilevati C.B.R. > 50 Rigonfiamento Lineare (RL) < 1.0%***

***In sommità al rilevato, ultimo strato C.B.R. > 60 Rigonfiamento Lineare (RL) < 0.5%***

#### Determinazione dell'indice di portanza immediato IPI

Si deve determinare il valore dell'indice IPI su provini di terra compattati secondo AASHO ST T99, punzonatura dopo 2 ore dalla miscelazione. Si riterranno idonee le miscele che presentano un IPI > 10.

#### Determinazione della resistenza a compressione ad espansione laterale libera

La determinazione della Resistenza a Compressione ad Espansione Laterale Libera (Rc), viene eseguita secondo la UNI EN 13286-41:2006 su provini realizzati secondo la UNI EN 13286-50:2005, avvolti in pellicola di polietilene e tenuti a maturare 7 giorni in aria a  $20 \pm 1$  °C e U.R. > 95%. Si riterranno idonee all'impiego le miscele che presentano le seguenti resistenze a compressione:

Piani di posa dei rilevati RC > 1.00 MPa

Rilevati RC > 1.20 MPa POSA IN OPERA

#### **Trattamento a calce**

Le lavorazioni dovranno svolgersi nel seguente modo:

a) Scortico del terreno vegetale prima di spargere la calce, lo strato di materiale dovrà essere conformato secondo le sagome definitive, trasversali e longitudinali di progetto;

b) la calce dovrà essere distribuita uniformemente, mediante spandicalce nelle quantità richieste;

c) qualora dovesse risultare necessaria l'impiego di acqua, essa dovrà essere aggiunta nella quantità necessaria con barre spruzzatrici a pressione e uniformemente incorporate nella miscela nelle quantità richieste per ottenere l'umidità ottima ottenuta dalle prove di laboratorio con provini terra e calce costipati secondo AASHO Md 180;

d) la fresatura con apposito macchinario (pulvimixer) dovrà miscelare massimo 50 cm di terreno in sito con il legante steso in precedenza, con diverse passate, fino a quando la componente limo-argillosa passi interamente attraverso crivelli a maglia quadrata da 25 mm. e) ad avvenuta uniforme miscelazione della terra-acqua-calce, l'impasto dovrà essere immediatamente costipato fino al raggiungimento del 90% della densità Proctor secca massima ottenuta dalle prove di laboratorio con provini costipati secondo AASHO Md 180;

f) la miscela dovrà essere mantenuta umida con l'aggiunta di acqua nella quantità necessaria a sopperire le perdite verificatesi durante la lavorazione, ed infine lo strato sarà rifinito secondo le norme che di volta in volta verranno impartite dalla Direzione dei lavori;

g) dopo che il piano di posa sarà ultimato, dovrà essere immediatamente ricoperto con lo strato di terreno successivo, onde evitare perdite di contenuto di umidità nella miscela.

### **Modalità di esecuzione**

Le fasi operative per la stabilizzazione a calce sono quelle di seguito elencate:

- Polverizzazione (frantumazione e sminuzzamento di eventuali zolle), se necessaria, della terra in sito ottenibile mediante passate successive di idonea attrezzatura (pulvimixer).
- Determinazione in più punti e a varie profondità dell'umidità della terra in sito, procedendo con metodi speditivi.
- Spandimento della calce.
- Polverizzazione e miscelazione della terra e della calce mediante un numero adeguato di passate di pulvimixer in modo da ottenere una miscela continua ed uniforme. Spandimento e miscelazione della terra a cemento come descritto nel punto e secondo le modalità valide per la calce. La stessa e miscelazione del cemento dovrà essere obbligatoriamente eseguita almeno 12 ore dopo la miscelazione con calce e comunque non oltre 2gg.
- Compattazione della miscela Terra-Calce mediante rulli vibranti a bassa frequenza e rulli gommati di adeguato peso fino ad ottenere i risultati richiesti.

Si riterranno idonei i seguenti valori:

- Densità in sito CNR BU 22/72: non inferiore al 90% della densità Proctor ottenuta in laboratorio con provini costipati secondo AASHTO ST T 180 Mod. e confezionati con la stessa miscela prelevata in sito.
- Valori di Md ottenuti mediante prova di carico con piastra da 300 mm di diametro (CNR BU 146/92) a 10 gg di maturazione:
  - Sul piano di posa del rilevato e per gli strati costituenti il corpo del rilevato con esclusione degli ultimi 30 cm:  $M_d > 20$  MPa nell'intervallo di carico compreso tra 0.05 MPa e 0.15 MPa – primo ciclo di carico;
  - Per l'ultimo strato del corpo del rilevato:  $M_d > 50$  MPa sia nell'intervallo di carico compreso tra 0.05 MPa e 0.15 MPa che in quello compreso tra 0.15 MPa e 0.25 MPa – primo ciclo di carico (rapporto tra i moduli non inferiore a 0,45 salvo diversa disposizione della D.L.);
  - Per strati di base (fondazione) della sovrastruttura stradale:  $M_d > 100$  MPa sia nell'intervallo di carico compreso tra 0.05 MPa e 0.15 MPa che in quello compreso tra 0.15 MPa e 0.25 MPa – primo ciclo di carico (rapporto tra i moduli non inferiore a 0,48 salvo diversa disposizione della D.L.);

Per le prove dell'indice CBR, prove di rigonfiamento e prove di rottura a compressione su provini prelevati in sito costituiti da materiale già compattato si potranno accettare valori non inferiori al 90% di quelli ottenuti in laboratorio sulla miscela di progetto a parità di maturazione. Finitura superficiale degli strati, che dovrà avvenire con l'impiego di macchine livellatrici (graeder) e non con l'apporto di nuovo materiale.

Realizzazione di uno strato protettivo da mettere in opera prima della realizzazione della sovrastruttura stradale, costituito da uno strato di adeguato spessore, di materiale misto litoide di frantoio granulometricamente stabilizzato, in alternativa un velo di emulsione bituminosa al 70% a lenta rottura del tipo EL 55 (B.U. CNR n°3) in ragione di 1.5 kg/mq. oppure uno strato di 3-4 cm di sabbia bagnata (da asportare alla fine del periodo di maturazione).

Al fine di effettuare controlli di qualità e di umidità e densità in sito in fase di lavorazione, CGS Consolidamenti ha l'onere di approntare un laboratorio mobile sempre presente in cantiere, dotato delle seguenti attrezzature:

- bilancia di precisione al centesimo di grammo;
- strumentazione per la determinazione immediata dell'umidità (speedy);
- forno a microonde;
- volumometro a sabbia.
- setacci costituiti da: staccio 4 UNI (apertura di 4.76 mm) staccio 2 UNI 2332

### 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 possenga, 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.

### Strato di Fondazione

Lo strato di fondazione, in misto granulare, 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 breccie 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 deve essere impiegato 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. 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. 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.

#### **4. SEZIONE III- PIAZZOLE DI MONTAGGIO DEI COMPONENTI DEGLI AEROGENERATORI**

##### ***4.1 Piazzole di montaggio***

Per consentire il montaggio degli aerogeneratori dovranno essere previste una piazzola per ogni aerogeneratore della superficie di circa 4500 mq ciascuna.

A montaggio ultimato, solamente l'area attorno alle macchine della superficie di circa mq 1500 (piazzola aerogeneratore) sarà mantenuta, 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.

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 sarà realizzata con le stesse modalità per l'esecuzione delle strade ed esattamente mediante:

- a) Scotico del terreno vegetale;
- b) Polverizzazione (frantumazione e sminuzzamento di eventuali zolle), se necessaria, della terra in sito ottenibile mediante passate successive di idonea attrezzatura
- c) Determinazione in più punti e a varie profondità dell'umidità della terra in sito, procedendo con metodi speditivi.
- d) Spandimento della calce.
- e) Polverizzazione e miscelazione della terra e della calce mediante un numero adeguato di passate di pulvimixer in modo da ottenere una miscela continua ed uniforme.
- f) Spandimento e miscelazione della terra a calce.
- g) Compattazione della miscela Terra-Calce mediante rulli vibranti a bassa frequenza e rulli gommati di adeguato peso fino ad ottenere i risultati richiesti.

La sovrastruttura sarà realizzata in misto stabilizzato di spessore minimo di 10 cm.

Le piazzole dovranno comunque essere capaci di resistere alle sollecitazioni minime di 250 kN/mq, 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'aggottamento 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, qualora l'area di sedime del plinto non coincida con la piazzola definitiva. 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.

#### ***4.2 Oneri, prescrizioni esecutive per particolari tipi di opere connesse alla realizzazione delle piazzole***

Per quanto riguarda la realizzazione delle piazzole, vale tutto quanto richiamato nel paragrafo 3.1.1 della SEZIONE II, che raccoglie le prescrizioni tecniche specifiche relative alle Strade di accesso al parco eolico e di collegamento tra gli aerogeneratori.



## 5. SEZIONE IV- LAVORI DI SCAVO DEI PLINTI DI FONDAZIONE DEGLI AEROGENERATORI

### 5.1 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 (le specifiche tecniche saranno meglio descritte nella SEZIONE V) 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 1500 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 circolare, interessa un'area alla base di circa mq 650, e un'altezza media pari a circa 3,0 ml, misurata alla base della zattera di fondazione. Il volume di terreno da scavare per ciascun aerogeneratore risulta quindi pari a circa 2400 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 degli stessi ad opera della DD.LL., 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:

- 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, la Direzione Lavori potrà disporre, previa autorizzazione dell'Ispettorato Forestale, il taglio delle piante, l'estirpazione delle ceppaie, radici ed arbusti ed al loro trasporto fuori dall'area di cantiere;
- la seconda fase prevede l'asportazione dello strato inferiore di terreno fino al raggiungimento della quota del piano di posa delle fondazioni secondo le indicazioni della DD.LL. e/o del geologo designato dalla committenza; questa massa di terreno in parte

verrà riutilizzata per il rinterro del plinto di fondazione una volta realizzato, mentre la restante parte, nelle quantità e nei modi stabiliti dalla DD.LL. potrà essere riutilizzata in qualunque altra attività del cantiere stesso; qualora ciò non fosse possibile il terreno dovrà essere conferito a discarica autorizzata o comunque smaltito secondo legge.

## ***5.2 Oneri, prescrizioni esecutive per particolari tipi di opere connesse alla realizzazione degli scavi***

### **5.2.1 Scavi di sbancamento a sezione ampia**

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

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 m<sup>2</sup>, 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.

### **5.2.2 Prescrizioni esecutive**

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

### **5.2.2.1 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 rinterro, 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.

#### **5.2.2.2 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:

- 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;
- trasporto e scarico totale o parziale del materiale scavato, asciutto o bagnato, dal luogo di scavo fino al luogo o ai luoghi di scarico, all'interno dell'area di cantiere, scelti dalla Direzione Lavori entro un raggio di 1000 m.
- livellamento del fondo degli scavi, regolarizzazione delle pareti e/o delle scarpate e formazione di eventuali gradoni;

- eventuali opere provvisorie a sostegno delle pareti degli scavi, costituite da semplici sbadacchiature in legno e/o in ferro, puntellamenti, armature di qualsiasi materiale, tute 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, tute, 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/o da un piano comunque raggiungibile con i mezzi meccanici di trasporto; 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;

- formazione di rampe di accesso al piano di sbancamento ed eventuale successivo ripristino dell'area;
- 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. In questo caso l'Appaltatore ha diritto ad essere compensato per la fornitura, il carico, il trasporto e lo scarico, con esclusione della posa e sistemazione in opera del nuovo materiale, essendo queste ultime operazioni già comprese nel prezzo dello scavo. Il volume contabilizzato per il rinterro delle singole opere è inteso come differenza tra il volume contabilizzato per lo scavo ed il volume dell'opera stessa entro i limiti dello scavo;
- demolizioni/asportazioni di trovanti di volume non superiore a 0,25 m<sup>3</sup>.

## **6. SEZIONE V- REALIZZAZIONE DEI PLINTI DI FONDAZIONE DELLE TORRI**

### **6.1 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 (vedi sezione III);
- 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 del concio di fondazione dell'aerogeneratore, compreso l'esatto posizionamento nonché il controllo e la verifica della sua perfetta orizzontalità;
- la posa in opera dei ferri di armatura del plinto di fondazione; per quest'opera;
- la casseratura, il getto di cls e il susseguente disarmo delle casseforme (che possono essere previste anche del tipo auto-vibrante e compattante).

### **6.2 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 ammarato un basamento in acciaio cilindrico, fornito dal 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, geo stuoie ...), 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:

- n. 2 pompe (1 di riserva);
- n. 5 vibratori (1 di riserva);
- n. 5 persone per i vibratori;
- un telo verde per la copertura del plinto a fine getto.

### **6.3 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:

- mediante infissione di rivestimento tubolare provvisorio in acciaio;
- 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 paria 2 pollici) in 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 né 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.

#### **6.4 Disposizioni valevoli per ogni palificazione portante.**

##### ***Controlli non distruttivi.***

I pali saranno sottoposti a prove non distruttive quali 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 dalle NTC 2018(D.M. 17/01/2018).

Oltre alle prove di resistenza dei calcestruzzi e sugli acciai impiegati, previsti dalle vigenti norme per le opere in conglomerato cementizio armato, la direzione dei lavori richiederà prove secondo il metodo dell'eco o carotaggi sonici in modo da individuare gli eventuali difetti e



controllare la continuità strutturale trasversale e longitudinale per ogni singolo palo. Le suddette prove saranno effettuate da un laboratorio ufficiale.

### ***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.

## **6.5 Strutture di cemento armato normale**

### ***Descrizione delle lavorazioni***

Nell'esecuzione delle opere di cemento armato normale l'Appaltatore dovrà attenersi alle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018:

- 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.
- 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.
- 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 dal D.M. 17 gennaio 2018. Per barre di acciaio inossidabile a freddo le piegature non possono essere effettuate a caldo.
- La superficie dell'armatura resistente deve distare dalle facce esterne del conglomerato di almeno 0,8 cm nel caso di solette, setti e pareti e di almeno 2 cm nel caso di travi e pilastri. Tali misure devono essere aumentate, e al massimo rispettivamente portate a 2 cm per le solette ed a 4 per le travi ed i pilastri, in presenza di salsedine marina, ed altri agenti aggressivi. Copri ferri maggiori richiedono opportuni provvedimenti intesi ad

evitare il distacco (per esempio reti). Le superfici delle barre devono essere mutuamente distanziate in ogni direzione di almeno una volta il diametro delle barre medesime e, in ogni caso, non meno di 2 cm. Si potrà derogare a quanto sopra raggruppando le barre a coppie ed aumentando la mutua distanza minima tra le coppie ad almeno 4 cm. Per le barre di sezione non circolare si deve considerare il diametro del cerchio circoscritto.

- 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.

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.

### ***Specificazione delle prescrizioni tecniche***

#### **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-super fluidificanti.

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. 17 gennaio 2018.

### **Impasti di conglomerato cementizio**

Gli impasti di conglomerato cementizio dovranno essere eseguiti in conformità di quanto previsto nell'allegato apposito del D.M. 17 gennaio 2018.

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.

### **Armature per calcestruzzo**

Gli acciai per l'armatura del calcestruzzo normale devono rispondere alle prescrizioni contenute nel vigente D.M. 17 gennaio 2018.

È fatto divieto di impiegare acciai non qualificati all'origine.

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

Per i controlli sul conglomerato e la sua resistenza caratteristica a compressione ci si atterrà a quanto previsto dal D.M. 17 gennaio 2018.

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.

## 7. SEZIONE VII - OPERE ELETTRICHE

### Esecuzioni degli scavi

Per i cavi interrati la Norma CEI 11-17 prescrive che le minime profondità di posa fra il piano di appoggio del cavo e la superficie del suolo sono rispettivamente di:

- 1,10 m per le linee MT;
- 1,50 m per i cavi AT .

In caso di attraversamenti sia longitudinali che trasversali di strade pubbliche con occupazione della carreggiata devono essere applicata in generale le prescrizioni dell'art. 66 del Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della Strada (DPR 16/12/92, n. 945) e, se emanate, le disposizioni dell'Ente proprietario della strada. In base alle precedenti considerazioni, si giustificano le sezioni adottate per gli scavi, rappresentate nelle Tavole allegate. Le sezioni di scavo includono oltre ai cavi a AT e MT, anche altre tubazioni opzionali per il passaggio di eventuali cavi a BT o di segnale che dovessero rendersi necessarie, su richiesta del Committente, per il monitoraggio ed il controllo del parco eolico e la corda di terra. Canalizzazioni ad altezza ridotta su strada pubblica sono ammesse soltanto previo accordo con l'Ente proprietario della strada ed a seguito di comprovate necessità di eseguire incroci e/o parallelismi con altri servizi che non possano essere realizzati aumentando la profondità di posa dei cavi.

### Opere di elettrificazione

Tutti i materiali impiegati nella realizzazione dei lavori dovranno essere conformi alle prescrizioni indicate nella presente specifica tecnica, nelle norme CEI, alle dimensioni unificate secondo le tabelle UNEL e provvisti del marchio IMQ (quando ammessi al regime del marchio) e marchio CE.

Essi dovranno essere nuovi di costruzione e dovranno inoltre essere scelti per qualità e provenienza di primarie case costruttrici e fra quanto di meglio il mercato sia in grado di fornire. Particolare attenzione dovrà essere posta nella scelta delle apparecchiature in considerazione anche della continuità del servizio e della facilità di manutenzione.

### **Elettrodotti AT**

#### **Cavi**

I cavi AT posati in trincea saranno con disposizione a "trifoglio", ad una profondità 1,5 m (quota piano di posa) su di un letto di sabbia dello spessore di 10 cm circa. I cavi saranno ricoperti sempre di sabbia per uno strato di 70 cm, sopra il quale sarà posata una lastra in cemento armato avente funzione di protezione meccanica dei cavi (salvo diversa prescrizione dell'Ente Proprietario della strada).

Essi sono costituiti con conduttori di alluminio rivestito da un primo strato di semiconduttore, da un isolante primario in polietilene reticolato (XLPE), da un successivo strato di semiconduttore, da uno schermo a fili di rame e da una guaina esterna protettiva in PVC rosso. Sia il semiconduttore (che ha la funzione di uniformare il campo elettrico) che l'isolante primario sono di tipo estruso. Il semiconduttore è asportabile a freddo. Il cavo suddetto è definito a campo radiale in quanto, essendo ciascuna anima rivestita da uno schermo metallico, le linee di forza elettriche risultano perpendicolari agli strati dell'isolante. La scelta delle sezioni dei cavi è stata fatta considerando le correnti di impiego e le portate dei cavi per la tipologia di posa considerando anche che devono essere minimizzate le perdite.

I cavi AT 36 kV collegano tra loro i singoli aerogeneratori, con entra-esca a formare sottocampi i quali saranno collegati con la Cabina utente. Il dimensionamento dei cavi di AT è stato condotto verificando le portate nelle condizioni di posa reali e verificando che la caduta percentuale totale fosse inferiore al 4% a pieno carico.

#### **Parallelismi e incroci fra cavi elettrici**

I cavi aventi la stessa tensione nominale, possono essere posati alla stessa profondità utilizzando tubazioni distinte, a una distanza di circa 3 volte il loro diametro. Tali prescrizioni valgono anche per incroci di cavi aventi uguale o diversa tensione nominale.

#### **Parallelismi e incroci fra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione**

Nei parallelismi con cavi di telecomunicazione, i cavi di energia devono, di norma, essere posati alla maggiore possibile distanza, e quando vengono posati lungo la stessa strada si devono dislocare possibilmente ai lati opposti di questa. Ove, per giustificate esigenze tecniche, non sia possibile attuare quanto sopra, è ammesso posare i cavi in vicinanza, purché sia mantenuta fra i due cavi una distanza minima non inferiore a 0,30 m.

Qualora detta distanza non possa essere rispettata, è necessario applicare sui cavi uno dei seguenti dispositivi di protezione:

- cassetta metallica zincata a caldo;
- tubazione in acciaio zincato a caldo;
- tubazione in materiale plastico conforme alle norme CEI.

I predetti dispositivi possono essere omessi sul cavo posato alla profondità maggiore quando la differenza di quota tra i due cavi è uguale o superiore a 0,15 m. Le prescrizioni di cui sopra non si applicano quando almeno uno dei due cavi è posato, per tutta la parte interessata, in appositi manufatti (tubazione, cunicoli ecc.) che proteggono il cavo stesso e ne rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza la necessità di effettuare scavi. Nel caso che i cavi siano posati nello stesso manufatto, non è prescritta nessuna distanza minima da rispettare, purché sia evitata la possibilità di contatti meccanici diretti e siano dislocati in tubazioni diverse.

## **Incroci**

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

Ove, per giustificate esigenze tecniche, non possa essere rispettato il distanziamento minimo di cui sopra, anche sul cavo sottostante deve essere applicata una protezione analoga a quella prescritta per il cavo situato superiormente.

Non è necessario osservare le prescrizioni sopraindicate quando almeno uno dei due cavi è posto dentro appositi manufatti (tubazioni, cunicoli, ecc.) che proteggono il cavo stesso e ne rendono possibile la posa e la successiva manutenzione, senza necessità di effettuare scavi.

### **Parallelismi ed incroci fra cavi elettrici e tubazioni o strutture metalliche interrate**

La distanza in proiezione orizzontale fra i cavi di energia e le tubazioni metalliche interrate, adibite al trasporto e alla distribuzione di fluidi (acquedotti, oleodotti e simili), posate parallelamente ai cavi medesimi non deve essere inferiore a 0,30 metri.

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

- a) la differenza di quota fra le superfici esterne delle strutture interessate è superiore a 0,50 metri;
- b) tale differenza è compresa fra 0,30 e 0,50 metri, ma si interpongono fra le due strutture elementi separatori non metallici nei tratti in cui la tubazione non è contenuta in un manufatto di protezione non metallico.

Non devono mai essere disposti nello stesso manufatto di protezione cavi di energia e tubazioni convoglianti fluidi infiammabili; per le tubazioni adibite ad altro uso tale tipo di posa è invece consentito, previo accordo fra i soggetti interessati, purché il cavo di energia e la tubazione non siano posti a diretto contatto fra loro. Le superfici esterne di cavi di energia interrati non devono distare meno di 1 m dalle superfici esterne di serbatoi contenenti liquidi o gas infiammabili. L'incrocio fra cavi di energia e tubazioni metalliche interrate non deve essere effettuato sulla proiezione verticale di giunti non saldati delle tubazioni stesse. Non si devono effettuare giunti sui cavi a distanza inferiore ad 1 m dal punto di incrocio. Nessuna prescrizione è data nel caso in cui la distanza minima, misurata fra le superfici esterne di cavi di energia e di tubazioni metalliche o fra quelle di eventuali manufatti di protezione, è superiore a 0,50 m. Tale distanza può essere ridotta fino a un minimo di 0,30 metri, quando una delle strutture di incrocio è contenuta in manufatto di protezione non metallico, prolungato per almeno 0,30 metri per parte rispetto all'ingombro in pianta dell'altra struttura oppure quando fra le strutture che si incrociano venga interposto un elemento separatore non metallico (a esempio, lastre di calcestruzzo o di materiale isolante rigido); questo elemento deve poter coprire, oltre alla

superficie di sovrapposizione in pianta delle strutture che si incrociano, quella di una striscia di circa 0,30 metri di larghezza ad essa periferica. Le distanze sopraindicate possono essere ulteriormente ridotte, previo accordo fra i soggetti interessati, se entrambe le strutture sono contenute in manufatto di protezione non metallico. Prescrizioni analoghe devono essere osservate nel caso in cui non risulti possibile tenere l'incrocio a distanza uguale o superiore a 1 m dal giunto di un cavo oppure nei tratti che precedono o seguono immediatamente incroci eseguiti sotto angoli inferiori a 60° e per i quali non risulti possibile osservare prescrizioni sul distanziamento.

### **Giunzioni e terminazioni AT**

Per le giunzioni elettriche si devono utilizzare connettori di tipo a compressione diritti in alluminio adatti alla giunzione di cavi in alluminio ad isolamento estruso con ripristino dell'isolamento con giunti diritti adatti al tipo di cavo in materiale retraibile. Per la terminazione dei cavi scelti e per l'attestazione sui quadri in cabina si devono applicare terminali unipolari per interno con isolatore in materiale retraibile e capicorda di sezione idonea.

L'esecuzione delle giunzioni e delle terminazioni su cavi deve avvenire con la massima accuratezza, seguendo le indicazioni contenute in ciascuna confezione. In particolare, occorre:

- prima di tagliare i cavi controllare l'integrità della chiusura e l'eventuale presenza di umidità;
- non interrompere mai il montaggio del giunto o terminale;
- utilizzare esclusivamente i materiali contenuti nella confezione.

### **Esecuzione di pozzetti e camerette ed esecuzione delle giunzioni e delle terminazioni**

Per la costruzione ed il dimensionamento di pozzetti e camerette occorre tenere presente che:

- si devono potere introdurre ed estrarre i cavi senza recare danneggiamenti alle guaine;
- il percorso dei cavi all'interno deve potersi svolgere ordinatamente rispettando i raggi di curvatura.

L'esecuzione delle giunzioni e delle terminazioni su cavi deve avvenire con la massima accuratezza, seguendo le indicazioni contenute in ciascuna confezione. In particolare, occorre:

- prima di tagliare i cavi controllare l'integrità della chiusura e l'eventuale presenza di umidità;
- non interrompere mai il montaggio del giunto o terminale;
- utilizzare esclusivamente i materiali contenuti nella confezione.

### **Messa a terra dei rivestimenti metallici**

Lo schermo dei cavi a AT deve essere messo a terra ad entrambe le estremità della linea. È vietato usare lo schermo dei cavi come conduttore di terra per altre parti dell'impianto. Per i cavidotti di collegamento dal parco alla Sottostazione saranno previsti giunti speciali per atterramento e/o separazione dello schermo.

## **Tubazioni**

In casi particolari e secondo la necessità la protezione meccanica potrà essere realizzata mediante tubazioni di materiale plastico (PVC), flessibili, di colore rosso, di diametro nominale 160 mm o 200 mm, a doppia parete con parete interna liscia, rispondenti alle norme CEI EN 50086-1 e CEI EN 50086-2-4 e classificati come normali nei confronti della resistenza all'urto.

## **Cabina Utente**

La cabina utente è il punto di raccolta dei cavi provenienti dal parco eolico per consentire il trasporto dell'energia prodotta fino al punto di consegna alla rete di trasmissione nazionale e riceve l'energia prodotta dagli aerogeneratori attraverso la rete di raccolta a 36 kV.

All'interno dell'area recintata della cabina utente sarà ubicato un fabbricato suddiviso in vari locali che a seconda dell'utilizzo ospiteranno i quadri AT, gli impianti BT e di controllo, gli apparecchi di misura, i servizi igienici, ecc. Inoltre sarà installata una reattanza shunt per permettere l'eventuale rifasamento delle correnti reattive.

L'impianto di terra sarà costituito, conformemente alle prescrizioni della Norma CEI EN 50522 ed alle prescrizioni della Guida CEI 99-5, da una maglia di terra realizzata con conduttori nudi in rame elettrolitico di sezione pari a 120 mm<sup>2</sup>, interrati ad una profondità di almeno 0,7 m. Per le connessioni agli armadi verranno impiegati conduttori di sezione pari a 70 mm<sup>2</sup>. La scelta finale deriverà dai calcoli effettuati in fase di progettazione esecutiva.

La RTU sarà comandabile in locale dalla sottostazione tramite un quadro sinottico che riporterà lo stato degli organi di manovra di tutta la rete AT, i comandi, gli allarmi, le misure delle grandezze elettriche.